

LEILSON ANTÔNIO DE FARIA JÚNIOR

**RESPOSTA DE CULTIVARES DE ARROZ DE
TERRAS ALTAS (*Oryza sativa* L.) AO SILÍCIO**

2007

LEILSON ANTÔNIO DE FARIA JÚNIOR

**RESPOSTA DE CULTIVARES DE ARROZ DE TERRAS ALTAS
(*Oryza sativa* L.) AO SILÍCIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora:

Profa. Dra. Janice Guedes de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL

2007

LEILSON ANTÔNIO DE FARIA JÚNIOR

**RESPOSTA DE CULTIVARES DE ARROZ DE TERRAS ALTAS
(*Oryza sativa* L.) AO SILÍCIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de “Mestre”.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2007.

Prof. Dr. Antônio Alves Soares

DAG/UFLA

Prof. Dr. Ruy Carvalho

DQI/UFLA

Profª. Janice Guedes de Carvalho
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Faria Júnior, Leilson Antônio de

Resposta de cultivares de arroz de terras altas (*Oryza sativa*
L.) ao silício / Leilson Antônio de Faria Júnior. -- Lavras : UFLA,
2007.

52 p. : il.

Orientadora: Janice Guedes de Carvalho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Desenvolvimento. 2. Produtividade. 3. Teor. 4. Acúmulo. 5.
Nutrição mineral. 6. BRSMG Conai. 7. BRSMG Curinga. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.18891

Aos meus pais Leilson e Maria Cecília, pelo amor, orientação, incentivo e pelo exemplo de vida.

A meus irmãos, LÍlian e Gabriel pelo afeto que nos une; ao meu sogro Anésio e minha sogra Nilma; ao meu tio Onésio e minha tia Altair pelo carinho e apoio que sempre me deram.

Ofereço

A minha esposa Karine, pelo amor, apoio, carinho, estímulo e presença constante em todos os momentos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre ao meu lado, conceder-me a dádiva do presente e compreensão da vida.

Aos meus pais, pelos ensinamentos éticos.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Departamento de Ciência do Solo e Nutrição de Plantas (DCS)-UFLA pelo apoio no desenvolvimento dos trabalhos.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa.

À professora Janice Guedes de Carvalho pela orientação, compreensão e amizade. Exemplo de sabedoria, minha eterna admiração e gratidão.

Ao pesquisador Maximilian de Souza Gomes, pela sua orientação na iniciação científica, pelo apoio ao meu ingresso no mestrado e pelo exemplo de profissional e de pessoa que é.

Ao professor Wellington Willian Rocha pela disposição e apoio ao meu ingresso ao curso de mestrado.

A todos os professores, desde o jardim de infância até o presente, em especial, aos do DCS- UFLA, pelos conhecimentos transmitidos durante o curso.

A doutora e amiga Ana Rosa Ribeiro Bastos pelo profissionalismo, ensinamentos, sugestões e críticas, sempre construtivas.

Aos colegas do DCS (graduandos, mestrandos e doutorandos), em especial, aos do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas: Silvia, Natália, Rodrigo, Henrique, Guilherme, Léo Shigueto, Paulo, Eric, Jussara e Núbia, pela amizade e desenvolvimento constante de trabalho em equipe, contribuindo para minha formação.

Ao Adalberto, amigo e conselheiro, pela constante ajuda. Aos demais funcionários do DCS: ao Pezão, Sr. Antônio, Eliane, Leninha, Rita, Márcia, Roberta, Maria Alice, Daniela, Cristina, Bosco, Vitor, Humberto, Gilson, Roberto, Luís e Emerson pela amizade e disposição em ajudar sempre que solicitados.

A todos os colegas de pós-graduação do DCS-UFLA, pela amizade.

Aos amigos: Bruno, Cezar, Rita, Francisco, Leônidas, Fabiano, Paulo, Renata, Ana, Núbia, Adalberto, Jussara, Eric, Leo, Guilherme, Rodrigo e Henrique pelas conversas e pelos bons momentos juntos.

Aos meus tios Onésio e Altair, pelo constante apoio e incentivo, sem os quais nada disso seria possível.

A todos aqueles, que contribuíram, direta ou indiretamente, por esta conquista, meu muito obrigado.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1	1
1 Introdução Geral.....	1
2 Referencial Teórico.....	3
2.1 O Silício.....	3
2.2 Silício no solo.....	3
2.3 Silício nas plantas.....	7
2.3.1 Essencialidade.....	7
2.3.2 Absorção, transporte e redistribuição do Si nas plantas.....	8
2.4 Silício em arroz.....	9
3 Referências bibliográficas.....	12
CAPÍTULO 2: Efeito do silício nos componentes de crescimento e produção de cultivares de arroz	18
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
1 Introdução.....	20
2 Material e Métodos.....	21
3 Resultados e Discussão.....	26
4 Conclusões.....	29
5 Referências Bibliográficas.....	30
CAPÍTULO 3: Efeito da adubação silicatada nos teores e acúmulos de Si em cultivares de arroz	33
RESUMO.....	33
ABSTRACT.....	34
1 Introdução.....	35
2 Material e Métodos.....	36
3 Resultados e Discussão.....	41
4 Conclusões.....	49
5 Referências Bibliográficas.....	50

RESUMO GERAL

FARIA JÚNIOR, Leilson Antônio. **Resposta de cultivares de arroz de terras altas (*Oryza sativa* L.) ao silício**. 2007. 52 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG¹.

Vários fatores contribuem para a baixa produtividade da cultura do arroz, entre os quais podem ser citados aspectos relacionados à nutrição mineral. O Silício (Si), embora ainda não seja considerado como essencial do ponto de vista fisiológico, sua absorção traz inúmeros benefícios para a cultura do arroz, mostrando, assim, sua “essencialidade agrônômica” para o aumento e/ou produção sustentável. Simultaneamente, ainda se faz necessário o estudo de respostas de cultivares a doses de Si, para obterem-se maiores produtividades para essa cultura. Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito do Si no desenvolvimento e produção de grãos, teor e acúmulo de Si em cultivares de arroz de terras altas, sob condição de casa de vegetação, em um Neossolo Quartzarênico órtico (RQo). O trabalho foi conduzido no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (Lavras, MG), no período de setembro de 2005 a fevereiro de 2006. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 2 com quatro repetições. Os tratamentos foram cinco doses de Si (0; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,6 g dm⁻³) e dois cultivares de arroz (BRSMG Conai e BRSMG Curinga). A aplicação de Si não afetou o desenvolvimento e a produtividade, onde houve diferença apenas entre as cultivares. O acúmulo e os teores de Si variaram entre as cultivares, os quais responderam de forma linear ao aumento das doses de Si. Já para o acúmulo de Si na parte aérea não houve diferenças significativas para interação, havendo significância apenas para doses e cultivares isoladamente.

¹ Orientadora: Janice Guedes de Carvalho - UFLA

GENERAL ABSTRACT

FARIA JÚNIOR, Leilson Antônio. **Upland rice (*Oryza sativa* L.) cultivars response to silicon**. 2007. 52 p. Dissertation (Master in Soils and Plants Nutrition) – Federal University of Lavras, Lavras, MG¹.

Many factors contribute for rice culture low yield, some of them related to mineral nutrition. Eventhough silicon (Si) has not been considered essential physiological yet, its uptable brings a host of beneficts to rice culture, thus showing its “agronomic essenciality” for sustenable production and improved yield. Simultaneously, its necessary to study cultivars response to doses for better rice yield results. The objective of this study was to evaluate the effect of Si in plant growth and grain yield, content and accumulation of Si in upland rice cultivars under greenhouse condition in ortic Quartzarenic Neosol (RQo). This research was carried out in the Deartment of Soil Science of the Federal University of Lavras (Lavras, MG), from September 2005 to February 2006. The experimental desing was completely randomized in 5x2 factorial scheme with four replications. Treatments consisted of five Si doses (0; 0,15; 0,30; 0,45 and 0,6 g dm⁻³) and two cultivars (BRSMG Conai and BRSMG Curinga). Si application did not affect plant growth nor grain yield, wich differed only between cultivars. Si content and accumulation varied between cultivars, witch responded linearl to doses increase. As for Si shoot accumulation, there was significant difference for doses and cultivars separately, but not for the interaction between them.

¹ Adviser: Janice Guedes de Carvalho - Federal University of Lavras

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, o arroz possui grande importância econômica e social, por ser um produto básico da alimentação da população e ser cultivado em todas as unidades da federação (FAO, 2002). O consumo *per capita* anual está em torno de 70 quilos (base casca) por habitante, sendo que a produção brasileira é de aproximadamente 11,5 milhões de toneladas colhidas em 3,0 milhões de hectares, na safra 2005/06, com uma produtividade média de 3,9 t ha⁻¹ (IBGE, 2006).

Existe a necessidade de aumentar a produtividade dessa cultura, com o objetivo de atender à crescente demanda decorrente do aumento populacional. Uma alternativa em curto e médio prazos seria a combinação de fatores tecnológicos e sócio-econômicos. Dentre estes, um dos fatores tecnológicos capaz de contribuir para a elevação da produtividade orizícola nacional é a utilização dos fertilizantes químicos e orgânicos, os quais, quando não forem usados de maneira adequada, podem levar ao baixo retorno econômico e resultar em sérios problemas ao meio ambiente (Fornasieri & Fornasieri Filho, 1993). Portanto, a aplicação de fertilizantes deve ser modulada pelo potencial de extração e/ou exportação dos nutrientes pelas culturas. Além da preocupação em se fornecer todos os nutrientes de forma equilibrada, é preciso definir quantidades ótimas de cada nutriente, em função da sua disponibilidade no solo e dos requerimentos nutricionais da espécie a ser cultivada (Furtini Neto et al., 2001).

Vários fatores, como clima, solo, planta e suas interações, afetam a absorção e a utilização de nutrientes pelas plantas. Para uma máxima eficiência nutricional, esses fatores devem estar no nível ótimo, durante o desenvolvimento

da cultura e a literatura mostra que existe grande potencial a ser utilizado para aumentar essa eficiência, pelo manejo adequado dos componentes do sistema de produção (Fageria, 1998).

Atualmente, o silício (Si) é considerado pela legislação como micronutriente benéfico (Brasil, 2004). Embora ainda não seja considerado como essencial do ponto de vista fisiológico, sua absorção traz inúmeros benefícios para a cultura do arroz, mostrando assim, sua “essencialidade agrônômica” contribuindo de forma indireta, para o aumento e/ou produção sustentável (Barbosa Filho et al., 2000).

Segundo Mengelle (1999), a ação benéfica do Si tem sido associada a diversos efeitos indiretos, dentre os quais se destacam: aumento na eficiência de aproveitamento e uso da energia solar e, conseqüentemente, aumento da capacidade fotossintética; redução da transpiração; aumento da resistência mecânica das células; aumento da resistência das plantas a certos insetos e doenças; redução da acumulação tóxica de Mn, Fe, Al e outros metais pesados; aumento da absorção de outros elementos, tais como o P; produção de plantas mais eretas e aumento do metabolismo do P.

Simultaneamente, ainda se faz necessário o estudo de respostas de cultivares à doses adequadas de Si, para que se obtenham maiores produtividades para essa cultura.

Diante da necessidade de esclarecimentos científicos, em relação às diferenças genotípicas quanto à utilização do Si, este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento, a produtividade, o teor e acúmulo de Si em duas cultivares de arroz de terras altas, sob doses de Si em um Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo), sob condição de casa de vegetação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Silício (Si)

O Si, o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, tem demonstrado seus efeitos benéficos contribuindo para o crescimento e a produção de diversas maneiras: melhorando condições físicas, físico-químicas e químicas desfavoráveis do solo; contribuindo diretamente para a nutrição; aumentando a resistência a pragas e moléstias em um grande número de plantas (Malavolta, 2006; Epstein & Bloom, 2005).

O registro da utilização do Si como fertilizante se deu há algum tempo e, curiosamente um dos primeiros experimentos contendo Si ainda está sendo conduzido, depois de 100 anos de avaliação na estação de Rothamsted (Inglaterra). Os efeitos são observados até hoje, em que, as maiores produtividades e disponibilidade de P, para as plantas são encontradas nas parcelas fertilizadas, anualmente, com 450 kg ha⁻¹ de silicato de sódio (Russel, 1976).

O Si provavelmente diminui a atividade dos íons Al³⁺ na solução do solo, fazendo com que haja um melhor desenvolvimento das raízes, aumentando a velocidade de difusão dos nutrientes da solução do solo e, conseqüentemente, provocando uma maior absorção de nutrientes pelas raízes. Este mecanismo poderia minorar a fitotoxidez por alumínio e a carência de água e nutrientes nos solos originalmente tropicais e subtropicais e, em conseqüência, induzir um aumento de produtividade por área cultivada (Malavolta et al., 1997)

2.2 Silício no solo

No processo de formação dos solos, o Si se apresenta como um dos principais elementos constituinte dos argilo-minerais e pode afetar de forma significativa à nutrição das plantas. Em geral, os solos possuem de 5 a 40% de Si na sua composição. Essa grande variação percentual deve-se ao grande

intemperismo dos solos. Os mais intemperizados, como os latossolos, possuem baixos teores, enquanto solos mais jovens como os cambissolos concentram maiores teores do elemento (Tisdale et al., 1985), sendo que as principais formas de Si presentes no solo são:

1) Si solúvel – facilmente aproveitável pelas plantas, forma essa constituída, primordialmente, do ácido monossilícico ou, também, ortossilícico (Si(OH)_4 ou H_4SiO_4) presente numa faixa de pH de 4 a 9;

2) Si polimerizado – forma dificilmente aproveitada pelas plantas, porque precipitada;

3) Si adsorvido – formas adsorvidas a óxidos de ferro (Fe), alumínio (Al) e manganês (Mn) (McKeague & Cline, 1963), além dos minerais silicatados (cristalinos ou amorfos), praticamente não disponíveis.

O Si, sendo abundante na crosta terrestre (Tisdale et al., 1993; Exley, 1998), está presente em minerais primários, como feldspato, augita, quartzo e mica, e em secundários, como a caulinita, montmorilonita, illita e clorita (Raij, 1991; Exley, 1998), sendo o quartzo reconhecido como a forma mais estável de SiO_2 mineral em condições normais de temperatura e pressão.

A principal forma de Si na solução do solo é o ácido silícico ou monossilícico (H_4SiO_4) (Tisdale et al., 1993). A solubilidade dos minerais silicatados no solo é variável e influenciada por temperatura, pH, tamanho de partícula, composição química e pela adsorção do Si nas superfícies de minerais (McKeague & Cline, 1963; Savant et al., 1997). Com relação ao pH a solubilidade do Si em água não é afetada por valores de 2 a 9 (Tisdale et al., 1993), mas ela é bastante influenciada pela concentração: acima de 120 mg dm^{-3} de SiO_2 , o H_4SiO_4 polimeriza-se e, em seguida, precipita no solo (Marschner, 1995). O ácido silícico é a única forma disponível de Si para as plantas, porém diversos fatores podem influenciar o seu teor no solo. As principais fontes que aumentam a sua disponibilidade são: adição de fertilizantes silicatados, água de

irrigação, dissolução de ácido silícico polimérico, liberação de Si dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, dissolução de minerais cristalinos e não cristalinos e decomposição de resíduos vegetais. Os principais drenos são: absorção pelas plantas, formação de polímeros de Si, lixiviação, formação de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio e formação de minerais cristalinos (Figura 1.1) (Savant et al., 1997).

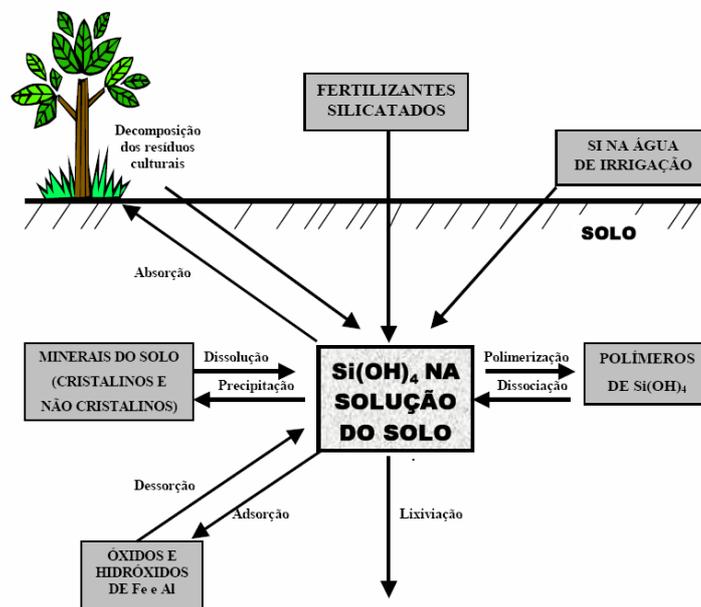


FIGURA 1.1 Dinâmica do Si no solo apresentando as principais transformações e processos responsáveis por influenciar a concentração de Si na solução do solo (Adaptado de Savant et al., 1997).

Solos tropicais e subtropicais sujeitos ao intemperismo e à lixiviação com sucessivos cultivos, tendem a apresentar baixas concentrações de Si

trocável, devido à dessilicificação. Esses solos, normalmente, apresentam baixo pH, alto teor de Al, baixa saturação por bases e alta capacidade de fixação de fósforo (P), além de reduzida atividade microbiana (Lima Filho et al., 1999).

Savant et al. (1997) ressaltam a necessidade da realização de levantamentos da presença de nutrientes nos solos e nas culturas, em diferentes ecossistemas, objetivando desenvolver manejo nutricional integrado, específico em cada região, incluindo a adubação silicatada.

No mercado, existem diversas fontes comerciais ricas em Si e passíveis de utilização na adubação. No entanto, algumas características importantes devem ser avaliadas na escolha do produto, entre elas: a) solubilidade, deve ser a mais alta possível; b) disponibilidade do produto; c) propriedades físicas, como partículas menores e uniformes visando facilitar aplicação, via foliar ou via solo; d) presença de contaminantes, principalmente no caso de escórias de siderurgia; e e) custo relativamente baixo (Gascho, 2001).

Entre as fontes passíveis de utilização no Brasil têm-se a wollastonita que é o silicato de cálcio puro (CaSiO_3), muito utilizado em pesquisas por ser livre de contaminantes como Fe e P (Rodrigues, 2000). Outra fonte de Si é o silicato de potássio (K_2SiO_3), utilizado tanto em solução nutritiva quanto em pulverizações para controle de patógenos, como *Pythium* e *Sphaerotheca fuliginea* em pepino e *Uncinula necator* em videira (Chérif et al., 1992a,b; Samuels et al., 1994; Bowen et al., 1992). O silicato de sódio (Na_2SiO_3) é eficaz para aplicação tanto via pulverização foliar (McAvoy & Bible, 1996) quanto via solo. No entanto, no último caso, o sódio que acompanha o silicato pode ser tóxico às plantas. Entre as fontes comerciais, o CaSiO_3 ou escória, originário de siderurgias, possui custo relativamente baixo. No entanto, pode apresentar como inconveniente à presença de metais pesados (Gascho, 2001). O cimento também é citado como fonte alternativa de Si, contendo de 9% a 23% do elemento em sua composição. (Savant et al., 1999; Korndörfer et al., 2000). Todavia, é

inviável devido ao alto custo.

Fontes de CaSiO_3 provenientes de siderurgia, wollastonita, silicato de magnésio e termofosfato, foram avaliadas por Korndörfer & Gascho (1999), em quatro tipos de solo. Todas aumentaram o pH do solo em relação à testemunha. As plantas tratadas com Si apresentaram sintomas de deficiência de ferro. Provavelmente, porque em doses elevadas de Si, o elemento polimeriza-se e precipita. Esse fenômeno provavelmente arrasta também o Fe, complexado aos polímeros de Si. A deficiência foi mais acentuada no Neossolo Quartzarênico (RQ), que possuía baixo teor de Fe livre, no qual o Si permaneceu mais disponível para as plantas. O Si foi mais fortemente adsorvido ou "fixado" no Latossolo Vermelho Ferrico (LV_f), Latossolo Vermelho (LV) e Vermelho Amarelo (LVA).

2.3 Silício nas plantas

2.3.1 Essencialidade

O Si não é considerado elemento essencial às plantas (Jones & Handreck, 1967) porque não atende aos critérios diretos e indiretos de essencialidade. De acordo com o critério direto, um elemento é essencial quando faz parte de um composto ou quando participa de uma reação sem a qual a vida da planta é impossível. No critério indireto, um elemento é essencial quando: a) na sua ausência a planta não completa seu ciclo de vida; b) não pode ser substituído por nenhum outro; c) tem efeito direto na vida da planta; e d) não exerce apenas papel de neutralizar efeitos físicos, químicos ou biológicos desfavoráveis para o vegetal (Malavolta, 1980). No entanto, Epstein (2001) cita efeitos benéficos relatados em culturas adubadas com Si como resistência às doenças e pragas, resistência à toxidez provocada por metais, menor evapotranspiração, promoção de nodulação em leguminosas, nodulação da atividade de enzimas, efeitos na composição mineral, dentre outros. Por isso, o

Si é classificado como elemento benéfico ou útil (Malavolta, 1980; Tisdale et al., 1993; Marschner, 1995). Membros da família Equisetaceae ("cavalinha" ou *Equisetum arvense* "rabo de cavalo") são as únicas espécies de plantas conhecidas nas quais o Si é inquestionavelmente essencial. Essa espécie possui 50% de Si na forma de SiO₂ e a maior concentração ocorre na epiderme, onde é arranjada em pequenas massas brilhantes visíveis a olho nu (Epstein, 1994).

Os efeitos benéficos do Si conferidos às plantas são devidos a sua contribuição na estruturação da parede celular de raízes e folhas. Portanto, este elemento não tem papel metabólico definido nas plantas acumuladoras e sua ação, segundo Malavolta (1997) e Baldeon (1995) provoca efeitos indiretos, os quais, em conjunto contribuem para uma maior produtividade.

Uma forma pela qual o Si pode afetar a nutrição mineral de plantas de arroz diz respeito à sua capacidade de aumentar o tamanho e a estabilidade dos aerênquimas, proporcionando uma maior capacidade de oxidação das raízes. Dessa forma, o Fe e Mn são oxidados na superfície das raízes, conseqüentemente ocorrerá uma menor absorção destes nutrientes (Ma & Takahashi, 1990b).

2.3.2 Absorção, transporte e redistribuição do Silício nas plantas

A absorção de Si pelas plantas, da solução do solo, dá-se de forma passiva, com o elemento acompanhando o fluxo de massa da água, que penetra nas raízes das plantas (Malavolta et al., 1997).

Posteriormente, outros conceitos foram anexados, sendo definidas como acumuladoras as plantas com teor de Si na matéria seca superior a 1 % e com relação molar Si/Ca maior que 1. Gramíneas, como arroz e trigo, são exemplos deste grupo. Plantas como a soja e as cucurbitáceas, com 0,5% a 1% de Si na matéria seca, porém, com relação molar Si/Ca inferior a 1, são classificadas como de exigência intermediária. Já plantas não acumuladoras apresentam como característica concentração de Si na matéria seca inferior a 0,5% (Ma et al., 2001). O transporte de Si a longa distância em plantas é limitado ao xilema (Balastra et al., 1989). O Si está presente na parede desse vaso, na qual tem a função de aumentar a sua resistência à compressão durante a tensão respiratória (Raven, 1983). O Si é depositado, principalmente, na forma de $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ amorfa ou opala. Uma vez depositado nessa forma, o Si fica imóvel e não é redistribuído (Parry & Smithson, 1964; Raven 1983). A baixa redistribuição do Si está relacionada com a sua precipitação como SiO_2 (Jones & Handreck, 1967; Raven, 1983). A deposição de Si é encontrada tanto na parte aérea das plantas quanto nas raízes (Sangster & Parry, 1976; Sangster, 1978; Hodson & Sangster, 1988).

2.4 Silício em arroz

Trabalhos realizados por Rodrigues (2004) mostraram que o silício propicia ao arroz proteção contra a brusone (*Magnaporthe grisea*) pela interação ou estimulação de compostos orgânicos de defesa chamados fitoalexinas.

Cientistas japoneses têm demonstrado, por muito tempo os efeitos benéficos da fertilização de arroz com silício para aumento da resistência às doenças e a toxicidades por metais (Ma & Takahashi, 2002). A diminuição de silício em solos irrigados, onde o arroz é intensivamente cultivado é tão pronunciada que foi considerada a causa do declínio da produção de arroz (Savant, et al., 1997).

Plantas de arroz tratadas com Si cultivadas em Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo) evidenciaram a interação entre o íon Fe com as fontes solúveis de Si. Após a fase de crescimento, três semanas depois da inundação, as plantas tratadas ficaram amareladas, cloróticas, com sintoma típico de deficiência de Fe. Doses elevadas de CaSiO_3 , wollastonita e termofosfato induziram deficiência de Fe, a qual não pôde ser corrigida por inundação e nem por sete aplicações foliares desse nutriente. A deficiência de Fe provavelmente não aparecerá se a doses de Si empregada não for elevada. Ou seja, não ultrapassar 120 mg dm^{-3} em SiO_2 . Acima dessa dose o Si polimeriza-se e precipita arrastando o Fe que já estava comprometido pelo aumento do pH. Como resultado desta deficiência, as fontes de Si mais solúveis resultaram em maiores teores de Si no solo, mas também em menores pesos da matéria seca e em menores quantidades absorvidas pelas plantas, em função da deficiência de Fe. Entretanto, em casos de excessos de Fe e de Mn, que são comuns em arroz, à adubação silicatada ameniza a toxidez por esses elementos (Korndörfer & Gascho, 1999).

A adubação com Si tem demonstrado eficiência no controle ou redução de incidência de várias doenças importantes no arroz. Pesquisas realizadas em solos orgânicos (Histosolos) no sul da Florida demonstraram que a fertilização com Si reduziu a incidência com brusone em 17% a 31% e helmintosporiose de 15% a 32% em relação ao tratamento que não recebeu Si (Datnoff et al., 1991). A adubação com Si pode eliminar ou reduzir o número de aplicações de fungicidas durante o ciclo da cultura. Uma boa colheita de arroz chega a extrair 1,5 toneladas de $\text{SiO}_2 \text{ ha}^{-1}$ (Malavolta, 1981).

No arroz, o Si da epiderme polimeriza-se e acumula-se nas paredes celulares. Testes conduzidos com silício radioativo (Si^{31}) têm mostrado que o Si é translocado ao caule em poucas horas, após ter sido absorvido pelas raízes. Assim, a translocação do Si é regulada pela taxa de transpiração. Nos órgãos de transpiração, a acumulação específica do Si forma uma dupla camada entre

cutículas, que controlam a eficiência da transpiração, fazendo com que a exigência de água pelas plantas seja menor. Isso pode ser de extrema importância, principalmente em se tratando de solos em áreas de cerrado, nas quais o período de estiagem é longo e severo (De Paula, 2000).

Aplicações de 93,5 mg de Si dm⁻³ na forma de metassilicato de sódio, em um solo intemperizado da África, duplicaram a concentração de Si na planta de arroz e reduziram significativamente a severidade da escaldadura das folhas, da brusone e da mancha-dos-grãos (Winslow, 1992).

A elevação no teor de Si na matéria seca de arroz, de 1 a 35g kg⁻¹ é acompanhada de acentuada diminuição no teor de Fe e na toxidez por este provocada (Malavolta et al., 1997).

De modo geral, para uma produção de grãos de arroz de 5000 kg ha⁻¹ é estimado que ocorra uma remoção de 230 a 470 kg de Si ha⁻¹, dependendo do solo e de fatores da planta, como variedade cultivada (Amarasiri & Pereira, 1975).

Diante desses fatos, surge a necessidade de se estudar o comportamento de diferentes cultivares de arroz de terras altas quanto à aplicação do Si, avaliando-se a produtividade, desenvolvimento e nutrição mineral, o que até então, é uma incógnita, uma vez que não se têm trabalhos que respondam a estas questões.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARASIRI, S. L.; PEREIRA, W. K. Nutrient removal by crops in the ry zone of Sri Lank. **Topical Agriculturist**, Colombo, v. 131, n. 1, p. 61-70, Jan./Mar. 1975.

BALASTRA, M. L. F. C.; PEREZ, C. M.; JULIANO, B. O.; VILLAREAL, C. P. Effects of silica level on some properties of *Oryza sativa* straw and hull. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 67, n. 8, p. 2356-2363, Aug. 1989.

BALDEON, J. R. M. **Efeito da ação alcalinizante e da competição entre silicato e fosfato na eficiência do termofosfato magnésiano em solos ácidos**. 1995. 88 p. Tese (Doutorado) – Escala Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; PREBHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; KORNDORFER, G. H. Importância do silício para a cultura do arroz: uma revisão de literatura. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 8, p. 1-9, mar 2000. Encarte técnico.

BRASIL. Decreto nº 2954. Aprova o regulamento da lei nº 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e da outras providências. **Normas jurídicas (texto integral)** - DEC004954, 14 jan. 2004. 27 p.

BOWEN, P.; MENZIES, J.; EHRET, D. Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 6, p. 906-912, Nov. 1992.

CHÉRIF, M.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 41, n. 6, p. 411-425, Dec. 1992a.

CHÉRIF, M.; MENZIES, J. G.; BENHAMOU, N.; BÉLANGER, R. R. Studies of silicon distribution in wounded and *Pythium ultimum* infected cucumber plants. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 41, n. 5, p. 371-385, Nov. 1992b.

DATNOFF, L. E.; RAID, R. N.; SNYDER, G. H.; JONES, D. B. Effect of calcium silicate on blast and Brown spot intensives and yields of rice. **Plant Diseases**, St. Paul, v. 75, n. 7, p. 729-732, July 1991.

DE PAULA, L. M. A. **Opala biogênica em solo sob cerrado do triângulo mineiro e suas relações com silício assimilável**. 2000. 32 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 50, p. 641-664, 1999.

EPSTEIN, E. Silicon in plants: Facts vs. Concepts. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖFER, G. H. (Ed.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science B. V. , 2001. p. 1-15.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of the National Academy of Sciences United State of América**, Washington, v. 91, n. 1, p. 11-17, Jan. 1994.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2. ed. Sunderland, Massachussets: Sinauer Associats Publishers, 2005. 400 p.

EXLEY, C. Silicon in life: a bioinorganic solution to bioorganic essenciality. **Journal of Inorganic Biochemistry**, New York, v. 69, n. 3, p. 139-144, Feb. 1998.

FAO. **Faostat agriculture**. 2002. Disponível em: <<http://apps.fao.org/page/collections?subst=agriculture>>. Acesso em: 17 jan. 2002.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, jan./abr. 1998.

FORNASIERI, J. L.; FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: UNESP, 1993. 221 p.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.

GASCHO, G. J. Silicon sources for agriculture. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. (Ed.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science B. V. , 2001. p. 197-208.

HODSON, M. J.; SANGSTERN A. G. Observations on the distribution of mineral elements in the leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.) with particular reference to silicon. **Annals of Botany**, London, v. 62, n. 5, p. 463-471, Nov. 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/pesquisa/pesquisa.php?palavras=Produ%E7%E3o+nacional+de+arroz+2006&pagina_atual=1&tema=0>. Acesso em: 12 dez. 2006.

JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. Silicon in soils, plantas and animals. **Advances in Agronomy**, London, v. 19, n. 5, p. 107-149, Nov. 1967.

KORNDÖFER, G. H.; BENEDINI, M.; PAULA, F. B.; CHAGAS, R. C. S. Cimento como fonte de Silício para cana de açúcar. **STAB**, Piracicaba, v. 19, n. 2, p. 30-33, out./dez. 2000.

KORNDÖFER, G. H.; GASCHO, G. J. Avaliação de fontes de silício para o arroz. In: CONGRESSO NACIONAL DE ARROZ IRRIGADO, 1., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 1999. p. 313-316.

LIMA FILHO, O. F. de; LIMA, M. T. G. de; TSAI, S. M. O silício na agricultura. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 87, p. 1-7, jun. 1999.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Ed.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science B. V., 2001. p. 17-39

MA, J. F.; TAKAHASHI, E. **Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan**. Amsterdam: Elsevier, 2002. v. 1.

MA, J. F.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on growth and phosphorus uptake of rice. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 126, n. 1, p. 115-119, Aug. 1990b.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, C. G.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants** 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

McAVOY, R. J.; BIBLE, B. B. Silica spray reduce the incidence and severity of bract necrosis in poinsettia. **HortScience**, Alexandria, v. 37, n. 7, p. 146-149, Dec. 1996.

McKEAGUE, J. A.; CLINE, M. G. Silica in soil solution. II The adsorption of monosilic acid by soil by other substances. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 43, n. 1, p. 83-95, Mar. 1963.

PARRY, D. W.; SMITHSON, F. Types of opaline silica depositions in the leaves of British grasses. **Annals of Botany**, London, v. 28, n. 109, p. 169-185, 1964.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 373 p.

RAVEN, J. A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Review**, Cambridge, v. 58, n. 2, p. 179-207, 1983.

RODRIGUES, F. A. de. **Fertilização silicatada na severidade da queima-das-bainhas (*Rhizoctonia solani* Kuhn) do arroz**. 2000. 100 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RODRIGUES, F. A.; McNALLY, D. J.; DATNOFF, L. E.; JONES, J. B.; LABBÉ, C.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Silicon enhances the accumulation of diterpenoid phytoalexins in rice: A potential mechanism for blast resistance. **Phytopathology**, St. Paul, v. 94, n. 1, p. 177-183, Jan. 2004.

RUSSEL, E. W. **Soil conditions and planta growth**. 10. ed. London: Longman, 1976. 849 p.

SAMUELS, A. L.; GLASS, A. D. M.; MENZIES, J. G.; EHRET, D. L. Silicon in cell walls and papillae of *Cucumis sativus* during infection by *Sphaerotheca fuliginea*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 44, n. 4, p. 237-242, Apr. 1994.

SANGSTER, A. G. Silicon in the roots of higher plants. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 65, n. 9, p. 929-935, Sept. 1978.

SANGSTER, A. G.; PARRY, D. M. Endodermal silication in mature, nodal roots of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Annals of Botany**, London, v. 40, n. 116, p. 373-379, 1976.

SAVANT, N. K.; KORNDORFER, G. H.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. Silicon nutrition and sugarcane production: A Review. **Journal of plant Nutrition**, New York, v. 22, n. 12, p. 1853-1903, 1997.

SAVANT, N. K.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. Depletion of plant-available silicon in soils: A possible cause of delining rice yields. **Communications in Soils Sciences and Plant Analysis**, New York, v. 28, n. 13/14, p. 1245-1252, 1999.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil Fertility and Fertilizers**. New York: Mcmillan Publishing Company, 1985. 754 p.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D.; HAVLIN, J. L. **Soil Fertility and Fertilizers**. 5. ed. New York: Macmillan, 1993. 634 p.

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, Sept./Oct. 1992.

CAPÍTULO 2

EFEITO DO SILÍCIO NO DESENVOLVIMENTO E NA PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE ARROZ.

RESUMO

FARIA JÚNIOR, Leilson Antônio. **Efeito do Silício no desenvolvimento e na produtividade de cultivares de arroz**. 2007. Cap. 2, 18-32 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG³.

O efeito da aplicação de silício (Si), no crescimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas foi avaliado, em condições de casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras - UFLA, no período de setembro de 2005 a fevereiro de 2006, em um Neossolo Quartzarênico órtico (RQo). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 2 com quatro repetições. Os tratamentos foram cinco doses de Si (0; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,6 g dm⁻³) e duas cultivares de arroz (BRSMG Conai e BRSMG Curinga). A aplicação de doses crescentes de Si não afetou o desenvolvimento e a produtividade das cultivares estudadas, havendo diferença apenas entre as cultivares.

³ Orientadora: Janice Guedes de Carvalho - UFLA

ABSTRACT

FARIA JÚNIOR, Leilson Antônio. **Effect of Silicon application on rice cultivars growth and yield**. 2007. Chap. 2, 18-32 p. Dissertation (Master in Soils and Plant Nutrition) – Federal University of Lavras, Lavras, MG⁴

This work was carried out in the Department of Soil Science of the Federal University of Lavras (Lavras, MG), from September 2005 to february 2006, in ortic Quartzarenic Neosol, under greenhouse conditions. The experimental design was a completely randomized in a 5 x 2 factorial scheme with 4 replications. The treatments consisted of combination 5 doses of silicon (0; 0.15; 0.30; 0.45 and 0,6 g dm⁻³) and 2 rice cultivars (Conai and Curinga). The Si application did not affect plant growth nor grain yiled.

⁴ Adviser: Janice Guedes de Carvalho - Federal University of Lavras

1 INTRODUÇÃO

Vários fatores contribuem para a baixa produtividade da cultura do arroz, entre os quais podem-se citar aspectos relacionados à nutrição mineral. O fornecimento adequado de nutrientes deve ser modulado pelo potencial de extração e/ou exportação dos mesmos pelas culturas, sendo de fundamental importância, para a melhoria da produtividade e redução de custos de produção (Furtini Neto et al., 2001).

O Si pode aumentar a produtividade de algumas espécies cultivadas, promovendo vários processos fisiológicos desejáveis para as plantas e, em numerosos casos, têm sido demonstrado o efeito benéfico de sua aplicação no aumento da produção de diversas culturas (Korndörfer & Datnoff, 1995)

Trabalhos em países como Japão, Coréia, Taiwan e Estados Unidos têm verificado a importância do silício para a cultura do arroz. Mesmo não sendo essencial do ponto de vista fisiológico para o crescimento e desenvolvimento das plantas, a sua absorção traz inúmeros benefícios para a cultura, demonstrando a sua “essencialidade agrônômica” para um aumento e/ou produção sustentável (Barbosa Filho et al. 2000).

No Brasil, alguns trabalhos relatam que muitas gramíneas, dentre elas o arroz, têm apresentado aumentos de produtividade mediante ao fornecimento de silício (Korndorfer & Datnoff, 1995). Contudo existem divergências quanto a resposta à aplicação, uma vez que são escassas informações a respeito de diferenças genotípicas na eficiência de utilização do elemento (Barbosa Filho et al. 1998; Barbosa Filho et al., 2001).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas sob doses de Si.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em casa de vegetação da área experimental do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras (Lavras-MG), definida geograficamente pelas coordenadas de 21° 14' latitude sul e 45° 00' de longitude Oeste, com altitude de 918 m, sendo conduzido no período de setembro de 2005 a fevereiro de 2006.

O solo utilizado como substrato foi classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo) (Embrapa, 1999), textura muito arenosa, proveniente da região de Itutinga (MG). Esse foi coletado na camada superficial (0-20 cm), sendo destorroado, seco ao ar e passado em peneira com malha de 5 mm de abertura. Foi tomada uma sub-amostra, a qual foi passada em peneira de 2 mm de abertura, constituindo a terra fina seca ao ar (TFSA), para caracterização química e textural. Na Tabela 2.1 encontram-se as análises químicas e físicas do solo utilizado.

TABELA 2.1 Análises químicas e físicas do solo utilizado no ensaio. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Determinação	
pH em água (1:2,5)	5,2
P (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	3,0
K (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	14,0
Ca (cmol _c dm ⁻³) ⁽¹⁾	0,3
Mg (cmol _c dm ⁻³) ⁽¹⁾	0,1
Al (cmol _c dm ⁻³) ⁽¹⁾	0,8
H+Al (cmol _c dm ⁻³) ⁽¹⁾	3,2
SB (cmol _c dm ⁻³)	0,4
t (cmol _c dm ⁻³)	1,2
T (cmol _c dm ⁻³)	3,6
m (%)	64,6
V (%)	12,1
Matéria orgânica - MO (%) ⁽¹⁾	2,0
S-Sulfato (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	7,8
Zn (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	0,6
Fe (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	140,0
Mn (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	9,0
Cu (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	0,8
Si (mg dm ⁻³) ⁽²⁾	0,8
B (mg dm ⁻³) ⁽³⁾	0,2
Areia (g kg ⁻¹) ⁽¹⁾	92,0
Silte (g kg ⁻¹) ⁽¹⁾	1,0
Argila (g kg ⁻¹) ⁽¹⁾	7,0

pH em água (relação 1:2,5); P; Cu, K, Ca, Fe, Mn e Zn (extrator Mehlich-1); Ca; Mg e Al (extrator KCl 1 mol L⁻¹); H+Al (extrator SMP); B (extrator água quente); S (extrator fosfato monocálcico em ácido acético); MO (oxidação Na₂Cr₂O₇ 0,67 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 5 mol L⁻¹).⁽¹⁾ Conforme EMBRAPA (1997).⁽²⁾ Conforme Mc Keague & Cline (1963).⁽³⁾ Conforme Johnson & Ulrich (1969).

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, compondo um fatorial 5 x 2, sendo os fatores cinco doses de Si (0; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,6 g dm⁻³ de Si) e dois cultivares (BRSMG Conai e BRSMG Curinga). Na Tabela 2.2, seguem as características das cultivares avaliadas.

TABELA 2.2 Descrição das características das cultivares utilizadas no experimento. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Cultivares	BRSMG Conai	BRSMG Curinga
Características		
Ciclo de maturação	Super-precoce	Semi-precoce
Floração média 50 % (dias)	76	83
Altura de plantas (cm)	87	98
Acamamento	Resistente	Resistente
Produtividade (kg ha ⁻¹)	4145	4465
Comprimento do grão descascado (mm)	7,42	7,20
Classe de grãos	Longo fino	Longo Fino
Peso de 1000 grãos (g)	29,0	26,8
Rendimento de grãos inteiros	54%	54,9%
Resistência a doenças		
• Brusone na folha	Moderadamente resistente	Resistência
• Brusone na panícula	Moderadamente resistente	Resistente
• Mancha de grãos	Moderadamente susceptível	Moderadamente susceptível
• Mancha parda	Moderadamente susceptível	Moderadamente susceptível
• Escaldadura da folha	Moderadamente susceptível	Moderadamente susceptível

Fonte: Emprapa (2007); Morais et al. (2005)

Como fonte de Si, foi utilizado silicato de cálcio p.a., onde a dose máxima forneceu CaO suficiente para elevação teórica da saturação de bases para 50%, conforme CFSEMG (1999). As demais doses foram complementadas com carbonato de cálcio p.a., para equivalência do Ca. Cada parcela experimental foi constituída por um vaso com 4,4 dm³ de solo e três plantas de arroz.

Antes do plantio efetuou-se a aplicação do carbonato e do silicato de cálcio conforme os tratamentos. Os vasos permaneceram incubados por 15 dias, com a umidade do solo em torno de 60% do volume total de poros (VTP) (Freire et al., 1980). A seguir, foi realizada a adubação básica para vasos constituída por N- 500, P- 200, K- 500, Mg- 45, S- 56, Cu- 1,5, B- 0,5; Mn- 10, Zn- 5,0, Fe- 5 e Mo- 0,2 mg dm⁻³) na forma de reagentes p.a., sendo as doses de N e K parceladas em três aplicações (plantio, 25 e 55 dias após a emergência das plantas) (Malavolta, 1980). As fontes utilizadas foram, respectivamente: NH₄H₂PO₄, (NH₂)₂CO, KCl, CaSiO₃, CaCO₃, MgSO₄.7H₂O, H₃BO₃, MnSO₄.H₂O, ZnSO₄.7H₂O, CuSO₄.5H₂O, (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O e FeSO₄.7H₂O. Os nutrientes foram aplicados em forma de solução e misturados ao solo para maior uniformização.

As sementes foram tratadas com solução de hipoclorito de sódio a 1% e semeadas na quantidade de dez sementes por vaso. Após a germinação, foram desbastadas, ficando três plantas por vaso. A umidade do solo foi mantida entre 60 e 70% do volume total de poros, usando-se água desmineralizada, sendo controlada por meio de pesagens dos vasos.

Durante o ciclo da cultura foram avaliados a altura de plantas em cm, onde se mediu a planta do nível do solo até a extremidade da panícula e o número de perfilhos planta⁻¹. Posteriormente foram avaliadas as componentes de produção (número de panículas planta⁻¹, número de grãos panícula⁻¹ planta⁻¹, porcentagem de grãos cheios planta⁻¹ e peso de 100 grãos). No final do ciclo da

cultura as plantas foram colhidas e separadas em grãos, palha e raiz. Todo material vegetal foi seco em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65-70°C por 72 h. O material vegetal foi pesado, obtendo-se assim o rendimento em massa seca (g vaso^{-1}), sendo este valor dividido por três, para se obter o rendimento em g planta^{-1} . O efeito dos tratamentos foi avaliado pela análise de variância, onde foi realizado teste de médias (Teste de F) para cultivares. As análises foram realizadas com o auxílio do programa computacional Sisvar (Ferreira, 2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância para massa seca de grãos em g planta⁻¹ (MSGr); massa seca de palha em g planta⁻¹ (MSPA); massa seca de raiz em g planta⁻¹ (MSR); número de perfilhos planta⁻¹ (PERF); altura de plantas em cm (ALT); número de panículas planta⁻¹ (PAN); número de grãos panícula⁻¹ (GrPAN); porcentagem de grãos cheios (PGrC) e peso de 100 grãos (PCGr) em função de doses de Si, cultivares e interação entre doses e cultivares é mostrado na Tabela 2.3.

TABELA 2.3 Resumo da análise de variância para doses de Si, cultivares e interação doses x cultivares. UFLA, Lavras, MG - 2007.

VARIÁVEIS ¹	CV (%)	Quadrado médio das fontes de variação		
		Cultivares (C)	Doses de Si (D)	Interação (Cx D)
MSGr	11,0	38,81**	3,65 ^{NS}	1,23 ^{NS}
MSPA	6,24	209,31**	1,55 ^{NS}	0,76 ^{NS}
MSR	15,5	182,76**	2,02 ^{NS}	3,04 ^{NS}
PERF	9,95	5,63*	0,16 ^{NS}	0,31 ^{NS}
ALT	6,24	4752,00**	6,19 ^{NS}	31,84 ^{NS}
PAN	9,27	10,00**	1,00 ^{NS}	0,75 ^{NS}
GrPAN	8,94	462,40*	109,50 ^{NS}	100,15 ^{NS}
PGrC	8,46	3859,26**	63,57 ^{NS}	29,43 ^{NS}
PCGr	6,39	0,81**	0,04 ^{NS}	0,01 ^{NS}

** , * , NS – Significativo a 1%, a 5% e não significativo respectivamente.

¹MSGr (Massa Seca de Grãos), MSPA (Massa Seca de Palha), MSR (Massa Seca de Raiz), PERF (Número de Perfilhos), ALT (Altura de Plantas), PAN (Número de Panículas), GrPAN (Número de Grãos Panícula⁻¹), PGrC (Porcentagem de Grãos Cheios) e PCGr (Peso de 100 Grãos).

A análise de variância para MSGr, MSPA, MSR, PERF, ALT, PAN, GrPAN, PGrC e PCGr mostrou que as cultivares influenciaram significativamente todas as características avaliadas. Como observado não houve resposta para doses e para a interação entre doses e cultivares, mostrando a falta de resposta à aplicação de Si nas características citadas.

Observa-se na Tabela 2.4, que a cultivar BRSMG Curinga apresentou maiores valores que a cultivar BRSMG Conai para MSGr, MSPA, MSR, PERF, PAN e PGrC. O inverso ocorreu para ALT, GrPAN e PCGr.

TABELA 2.4 Médias das cultivares BRSMG Conai e BRSMG Curinga para produção de massa seca de grãos (MSGr), massa seca de palha (MSPA), massa seca de raiz (MSR), em g planta⁻¹, número de perfilhos planta⁻¹ (PERF), altura de plantas em cm (ALT), número de panícula planta⁻¹ (PAN), número de grãos panícula⁻¹ planta⁻¹(GrPAN), porcentagem de grãos cheios panícula⁻¹ (PGrC) e peso de 100 grãos (PCGr). UFLA, Lavras, MG, 2007.

Variáveis	Cultivar	
	BRSMG Conai	BRSMG Curinga
MSGr	16,96 b	18,93 ^a
MSPA	20,22 b	24,79 ^a
MSR	8,08 b	12,35 ^a
PERF	9,6 b	10,3 ^a
ALT	107,7a	85,9 b
PAN	9,3 b	10,3 ^a
GrPAN	98,9a	92,1 b
PGrC	69,4 b	89,1 ^a
PCGr	2,5a	2,2 b

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de F ao nível de 5 % de probabilidade.

As diferenças encontradas entre as cultivares são decorrentes das características genéticas de cada uma, sobretudo por terem ciclos diferentes.

Quando comparado à aplicação de silicato com o carbonato, pode se verificar que ambos tiveram o mesmo comportamento, uma vez que as plantas não apresentaram diferenças nas produções de massa seca. Resultados semelhantes foram obtidos em milho (Piau, 1995) e cana-de-açúcar (Prado, 2000), avaliando doses equivalentes de carbonato e silicato de cálcio, concluíram que ambos foram semelhantes em termos de produção de massa seca.

Assis et al. (2000), trabalhando com arroz, também não verificaram aumentos significativos no número de perfilhos, quando o Si foi adicionado. Esses resultados estão de acordo com Fageria (1984), o qual afirma que os nutrientes necessários, para um ativo perfilhamento são N, P e S. A falta de resposta quanto aplicação de Si está de acordo com os resultados obtidos por Ma et al. (1989), Deren et al. (1994), Carvalho (2000) e Benedito (2004), que não evidenciaram aumentos significativos nos componentes de crescimento e produção para cultivares de arroz.

Esses resultados demonstram a diferença genotípica das cultivares, que independente das doses de Si, apresentaram resultados diferentes para as características mencionadas.

Segundo Korndörfer et al. (1999), o efeito do Si é mais expressivo sobre o controle de doenças, pragas, resistência a estresse hídrico, aumento da resistência mecânica das células e aumento da capacidade fotossintética e nem sempre, seu efeito benéfico está diretamente ligado à produtividade de grãos.

4 CONCLUSÕES

O silício não influencia a altura de plantas, a produção de grãos, o perfilhamento e a massa seca da palha, dos grãos e das raízes.

As cultivares BRSMG Conai e BRSMG Curinga diferem entre si, para todas as características avaliadas, ou seja: massa seca de grãos, de palha e raízes, número de perfilhos, altura de plantas, número de panículas, número de grãos panículas⁻¹, porcentagem de grãos cheios e peso de 100 grãos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 87-95, jan./mar. 2000.

BARBOSA FILHO, M.P.; SNYDER, G.H.; ELLIOTT, C.L.; DATNOFF, L.E.; PRABHU, A. S.; SILVA, O. F.; KORNDÖRFER, G. H. Resposta do arroz de sequeiro à aplicação de silício. In: FERTBIO 1998, Caxambu. **Anais...** Lavras, Universidade Federal de Lavras/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1998. p. 57.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; PREBHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; KORNDORFER, G. H. Importância do silício para a cultura do arroz: uma revisão de literatura. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v.8, p. 1-9, mar 2000. Encarte técnico.

BENEDITO, D. S. **Interação boro x silício na nutrição, crescimento e produção do arroz**. 2004. 62 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CARVALHO, J. C. **Análise de crescimento e produção de grãos da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de escórias de siderurgia como fonte de silício**. 2000. 119 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

DEREN, C. W.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; MARTIN, F. G. Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 3, p. 733-737, May/June 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2007.
Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/arroz/conai.htm>>. Acesso em: 28 fev. 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: **Produção de Informação**, 1999. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1997. 212 p.

FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz**. Goiânia: Campus, 1984. 341 p.

FERREIRA, D. F. SISVAR software: versão 4.6. Lavras: DEX/UFLA, 2003. Software.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.

FREIRE, J. C.; RIBEIRO, M. A. V.; BAHIA, V. G.; LOPES, A. S.; AQUINO, L. H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 5-8, jan./abr. 1980.

JOHNSON, C. M.; ULRICH, A. **Analytical methods for use in plant analysis**. California: California Agricultural Experimental Station, 1969. p. 27-33.

KORNDÖFER, G. A.; ARANTE, 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 sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n.3, p. 635-641, jul/set. 1999

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

MA, J.; NISHIMURA, K.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of rice plant at different growth stages. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v.35, n. 3, p.347-356, Sept. 1989.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

McKEAQUE, J. A.; CLINE, M. G. Silica in soil solutions. I. The form and concentration of dissolved silica in aqueous extracts of some soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 43, n. 1, p. 70-82, Mar. 1963.

PIAU, W. C. **Efeito de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1995. 124 p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura – USP, Piracicaba.

PRADO, R. M. **Resposta da cultura da cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez do solo**. 2000. 97 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

CAPÍTULO 3

EFEITO DA ADUBAÇÃO SILICATADA NOS TEORES E ACÚMULOS DE Si EM CULTIVARES DE ARROZ.

RESUMO

FARIA JÚNIOR, Leilson Antônio. **Efeito da adubação silicatada nos teores e acúmulos de Si em cultivares de arroz.** 2007. Cap. 3, 33-52 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG⁵.

O efeito da aplicação de silício (Si) nos teores e acúmulos de Si na palha (folha + colmo) e nos grãos (casca + fruto) de cultivares de arroz de terras altas foi avaliado, em condições de casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras - UFLA, no período de setembro de 2005 a fevereiro de 2006, em um Neossolo Quartzarênico órtico (RQo). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 2 com quatro repetições. Os tratamentos foram cinco doses de Si (0; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,6g dm⁻³) e duas cultivares de arroz (BRSMG Conai e BRSMG Curinga). A aplicação de doses crescentes de Si afetou os teores e acúmulos do elemento na palha, nos grãos e na parte aérea das cultivares. Houve um acréscimo no teor e acúmulo de Si na palha de forma linear com o aumento das doses de Si, onde a cultivar BRSMG Curinga apresentou maior teor que a cultivar a BRSMG Conai. Mesmo comportamento foi observado para o teor de Si nos grãos, porém com a cultivar BRSMG Conai apresentado maior teor que a cultivar BRSMG Curinga. Para o acúmulo de Si nos grãos e acúmulo na parte aérea houve resposta para doses e cultivares isoladamente, respondendo de forma linear ao aumento das doses onde, para o acúmulo nos grãos a cultivar BRSMG Conai apresentou maior acúmulo que a cultivar BRSMG Curinga, o inverso ocorrendo para o acúmulo de Si na parte aérea. A aplicação de Si afeta os teores do elemento nos grãos e na palha e os acúmulos do referido elemento nos grãos, na palha e na parte aérea das cultivares BRSMG Conai e BRSMG Curinga.

⁵ Orientadora: Janice Guedes de Carvalho - UFLA

ABSTRACT

FARIA JÚNIOR, Leilson Antônio. 2007. Chap. 3, 33-52 p. **Silicon fertilization effect on Si content and accumulation of rice cultivars.** Dissertation (Master in Soils and Plant Nutrition) – Federal University of Lavras, Lavras, MG⁶.

This work was carried out in the Department of Soil Science of the Federal University of Lavras (Lavras, MG), from September 2005 to February 2006, in a orthic Quartzarenic Neosol, under greenhouse conditions. The objective was to evaluate the effect of silicon (Si) application on straw (leaf + stem) and grains (rind + supreme) Si content and accumulation upland rice cultivars. The experimental design was completely randomized in a 5 x 2 factorial scheme with four replications. The treatments consisted of 5 Si doses (0; 0,15; 0,30; 0,45 and 0,6 g dm⁻³) and 2 rice cultivars (Conai and Curinga). Increasing Si doses application affected cultivars straws and grains Si content and accumulation. There was a linear relation between Si content and accumulation increase on straws and Si doses increase. Curinga cultivar showed higher content than Conai cultivar. The same behavior was observed for Si content in grain, but Conai cultivar showed higher content than Curinga cultivar. Si accumulation in grains and straw responded linearly to doses increase and cultivars separately. In this case, Si accumulation in grains was higher in Conai cultivar, while Curinga cultivar showed superior Si accumulation in straw. Si application affects Si content in grains and straw, and Si accumulation in grains, straw and shoot of Conai and Curinga cultivars.

⁶ Adviser: Janice Guedes de Carvalho - Federal University of Lavras

1 INTRODUÇÃO

Apesar de considerado não essencial, alguns estudos apontam para a essencialidade do silício (Si), principalmente quando a espécie é acumuladora deste elemento, como o arroz. O Si pode aumentar o rendimento de algumas espécies cultivadas, promovendo vários processos fisiológicos e bioquímicos desejáveis para as plantas (Miyake & Takahashi, 1978; Korndörfer & Datnoff, 1995).

Segundo Korndörfer et al. (2000), os baixos teores de Si na palha do arroz estão associados às baixas produtividades. São considerados baixos teores de Si, na matéria seca da palha, valores entre 0 e 17 g kg⁻¹, médios entre 17 e 34 g kg⁻¹ e altos, valores acima de 34 g kg⁻¹.

Em brachiaria, aplicações crescentes de Si promoveram aumento do acúmulo deste elemento nas plantas e, conseqüente, aumento na produção de matéria seca destas até a dose de 2000 kg ha⁻¹ de Si (Junqueira Neto, 2000). Em milho, a utilização de fontes de Si orgânica e mineral promoveram aumentos da concentração do elemento na planta, porém não houve incremento da produção de matéria seca (Rodrigues, 2000).

Ma & Takahashi (2002) analisaram o teor de Si em materiais vegetais de numerosas espécies e nessas avaliações observaram que o menor teor de Si foi obtido em *Sanseveria trifasciata* (Agavaceae), de 0,1% na matéria seca, e o maior teor encontrado foi de 6,3% na matéria seca de folhas de arroz.

A absorção e a utilização do silício pelas plantas diferem bastante entre genótipos de uma mesma espécie e até mesmo entre órgãos na mesma planta (Lanning, 1960; Nable et al., 1990; Barbosa Filho et al., 2001).

Nesse sentido, objetivou-se neste trabalho avaliar a influência do Si nos teores e acúmulos de Si na palha, nos grãos e na parte aérea (palha + grãos) de duas cultivares de arroz de terras altas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em casa de vegetação da área experimental do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras (Lavras-MG), definida geograficamente pelas coordenadas de 21° 14' latitude sul e 45° 00' de longitude Oeste, com altitude de 918 m, sendo conduzido no período de setembro de 2005 a fevereiro de 2006.

O solo utilizado como substrato foi classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo) (Embrapa, 1999), textura muito arenosa, proveniente da região de Itutinga (MG). Esse foi coletado na camada superficial (0-20 cm), sendo destorroado, seco ao ar e passado em peneira com malha de 5 mm de abertura. Foi tomada uma sub-amostra, a qual foi passada em peneira de 2 mm de abertura, constituindo a terra fina seca ao ar (TFSA), para caracterização química e textural. Na Tabela 3.1 encontram-se as análises químicas e físicas do solo utilizado.

TABELA 3.1 Análises químicas e físicas do solo utilizado no ensaio. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Determinação	
pH em água (1:2,5)	5,2
P (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	3,0
K (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	14,0
Ca (cmol _c dm ⁻³) ⁽¹⁾	0,3
Mg (cmol _c dm ⁻³) ⁽¹⁾	0,1
Al (cmol _c dm ⁻³) ⁽¹⁾	0,8
H+Al (cmol _c dm ⁻³) ⁽¹⁾	3,2
SB (cmol _c dm ⁻³)	0,4
t (cmol _c dm ⁻³)	1,2
T (cmol _c dm ⁻³)	3,6
m (%)	64,6
V (%)	12,1
Matéria orgânica - MO (%) ⁽¹⁾	2,0
S-Sulfato (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	7,8
Zn (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	0,6
Fe (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	140,0
Mn (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	9,0
Cu (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾	0,8
Si (mg dm ⁻³) ⁽²⁾	0,8
B (mg dm ⁻³) ⁽³⁾	0,2
Areia (g kg ⁻¹) ⁽¹⁾	92,0
Silte (g kg ⁻¹) ⁽¹⁾	1,0
Argila (g kg ⁻¹) ⁽¹⁾	7,0

pH em água (relação 1:2,5); P; Cu, K, Ca, Fe, Mn e Zn (extrator Mehlich-1); Ca; Mg e Al (extrator KCl 1 mol L⁻¹); H+Al (extrator SMP); B (extrator água quente); S (extrator fosfato monocálcico em ácido acético); MO (oxidação Na₂Cr₂O₇ 0,67 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 5 mol L⁻¹). ⁽¹⁾ Conforme EMBRAPA (1997). ⁽²⁾ Conforme Mc Keague & Cline (1963). ⁽³⁾ Conforme Johnson & Ulrich (1969).

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, compondo um fatorial 5 x 2, sendo os fatores cinco doses de Si (0; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,6 g dm⁻³ de Si) e dois cultivares (BRSMG Conai e BRSMG Curinga). Na Tabela 3.2 seguem as características das cultivares avaliadas.

TABELA 3.2. Descrição das cultivares utilizadas no experimento. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Cultivares	BRSMG Conai	BRSMG Curinga
Características		
Ciclo de maturação	Super-precoce	Semi-precoce
Floração média 50 % (dias)	76	83
Altura de plantas (cm)	87	98
Acamamento	Resistente	Resistente
Produtividade (kg ha ⁻¹)	4145	4465
Comprimento do grão descascado (mm)	7,42	7,20
Classe de grãos	Longo fino	Longo Fino
Peso de 1000 grãos (g)	29,0	26,8
Rendimento de grãos inteiros	54%	54,9%
Resistência a doenças		
• Brusone na folha	Moderadamente resistente	Resistência
• Brusone na panícula	Moderadamente resistente	Resistente
• Mancha de grãos	Moderadamente susceptível	Moderadamente susceptível
• Mancha parda	Moderadamente susceptível	Moderadamente susceptível
• Escaldadura da folha	Moderadamente susceptível	Moderadamente susceptível

Fonte: Emprapa (2007); Morais et al. (2005)

Como fonte de Si, foi utilizado silicato de cálcio p.a., onde a dose máxima forneceu CaO suficiente para elevação teórica da saturação de bases para 50%, conforme CSFEMG (1999). As demais doses foram complementadas com carbonato de cálcio p.a., para equivalência do Ca. Cada parcela experimental foi constituída por um vaso com 4,4 dm³ de solo e três plantas de arroz.

Antes do plantio efetuou-se a aplicação do carbonato e do silicato de cálcio conforme os tratamentos. Os vasos permaneceram incubados por 15 dias, com a umidade do solo em torno de 60% do volume total de poros (VTP) (Freire et al., 1980). A seguir, foi realizada a adubação básica para vasos constituída por N- 500, P- 200, K- 500, Mg- 45, S- 56, Cu- 1,5, B- 0,5; Mn- 10, Zn- 5,0, Fe- 5 e Mo- 0,2 mg dm⁻³) na forma de reagentes p.a., sendo as doses de N e K parceladas em três aplicações (plantio, 25 e 55 dias após a emergência das plantas) (Malavolta, 1980). As fontes utilizadas foram, respectivamente: NH₄H₂PO₄, (NH₂)₂CO, KCl, CaSiO₃, CaCO₃, MgSO₄.7H₂O, H₃BO₃, MnSO₄.H₂O, ZnSO₄.7H₂O, CuSO₄.5H₂O, (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O e FeSO₄.7H₂O. Os nutrientes foram aplicados em forma de solução e misturados ao solo para maior uniformização.

As sementes foram tratadas com solução de hipoclorito de sódio a 1% e semeadas na quantidade de dez sementes por vaso. Após a germinação, foram desbastadas, ficando três plantas por vaso. A umidade do solo foi mantida entre 60 e 70% do volume total de poros, usando-se água desmineralizada, sendo controlada por meio de pesagens dos vasos.

No final do ciclo da cultura as plantas foram colhidas e separadas em grãos, palha e raiz. Todo material vegetal foi seco em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65-70°C por 72 h. Posteriormente, o material palha e grãos, foi moído separadamente e submetidos à análise química, para

avaliação dos teores de Si, segundo metodologia descrita por Gallo & Furlani (1978).

Com base nas concentrações e produções de massa seca, calculou-se a quantidade acumulada do elemento na palha (folhas + colmo), nos grãos (casca + fruto) e na parte aérea (palha + grãos) pela seguinte equação:

$$QA = \frac{C \times MS}{1000}$$

Onde: QA = Quantidade acumulada em $mg\ planta^{-1}$ ou $kg\ planta^{-1}$;

C = Concentração na planta em $mg\ kg^{-1}$ ou $g\ kg^{-1}$;

MS = Massa seca produzida por planta em g

O efeito dos tratamentos foi avaliado pela análise de variância, onde foi realizado teste de médias (Teste de F), para cultivares, estudo de regressão para doses e para a interação entre doses e cultivares. Os modelos de regressão testados foram o linear e o quadrático, sendo a escolha do modelo mais adequado pela comparação do ajustamento dos coeficientes de determinação (R^2). As análises foram realizadas com o auxílio do programa computacional Sisvar (Ferreira, 2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância para o teor de Si na palha (TSiPa), teor de Si no grão (TSiGr) em g kg^{-1} , acúmulo de Si na palha (AcSiPa), acúmulo de Si no grão (AcSiGr) e acúmulo de Si na parte aérea (AcSiPA) em g planta^{-1} são apresentados na Tabela 3.3.

TABELA 3.3 Resumo da análise de variância para doses de Si, cultivares e doses x cultivares, UFLA, Lavras, MG, 2007.

VARIÁVEIS ¹	CV (%)	Quadrado médio das fontes de variação		
		Cultivares (C)	Doses de Si (D)	Interação (Cx D)
TSiPa	7,38	80,5708**	75,3355**	3,4980**
TSiGr	6,22	35,7210**	35,1741**	1,0741*
AcSiPa	9,62	0,1277**	0,0373**	0,0031**
AcSiGr	12,70	0,0036**	0,0141**	0,00034 ^{NS}
AcSiPA	8,88	0,0874**	0,0950**	0,0021 ^{NS}

** , * , NS – Significativo a 1%, a 5% e não significativo, respectivamente.

¹TSiPa (Teor de Si na Palha), TSiGr (Teor de Si nos Grãos), AcSiPa (Acúmulo de Si na Palha), AcSiGr (Acúmulo de Si nos Grãos) e AcSiPA (Acúmulo de Si na Parte Aérea).

Observa-se pela tabela 3.3 que as doses de Si e as cultivares influenciaram significativamente e de modo diferenciado os teores e acúmulos de Si na palha, nos grãos e na parte aérea de arroz, onde a interação (Cx D) foi significativa para o TSiPa, TSiGr, e AcSiGr. Para o AcSiGr e AcSiPA a interação (Cx D) não foi significativa, havendo resposta para doses e cultivares isoladamente.

Os teores de Si na palha, para as cultivares BRSMG Conai e BRSMG Curinga, em função das doses de Si, são mostrados na Figura 3.1.

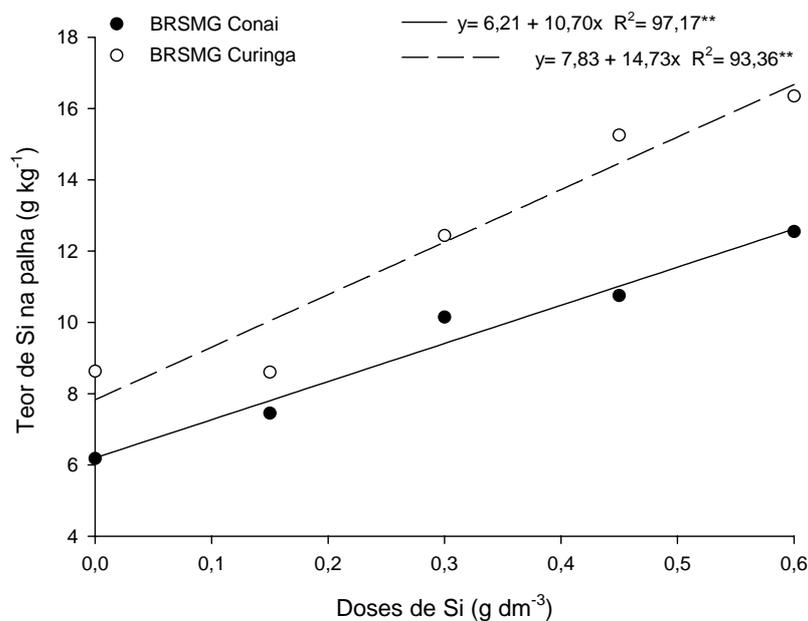


FIGURA 3.1 Teor de Si na palha em g kg⁻¹ para as cultivares BRSMG Conai e BRSMG Curinga em função das doses de Si aplicadas. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Ambas as cultivares responderam de forma linear aos incrementos das doses de Si, sendo os teores superiores para a cultivar BRSMG Curinga quando comparados à cultivar BRSMG Conai. Para a maior dose de Si a BRSMG Curinga apresentou teor de 16,35 g kg⁻¹ de Si, superando em 23,24% a cultivar BRSMG Conai, que apresentou um teor de 12,55 g kg⁻¹ de Si. As concentrações encontradas estão próximas às citadas por Malavolta (2006), de que o teor de Si na palha (folha + colmo) de plantas de arroz de sequeiro situa-se entre 11,6 a 19,6 g kg⁻¹ de Si. Já para Korndörfer et al. (2000), teores na faixa de 0 a 17 g kg⁻¹ de Si na palha são considerados baixos. Comparando-se o incremento dos teores

de Si na palha, entre a dose 0,0 g dm⁻³ e a dose de 0,6 g dm⁻³, observa-se para cultivar BRSMG Curinga um incremento de 94,72% e para a cultivar BRSMG Conai de 101,61%.

Epstein (1999), em extensa revisão sobre elementos minerais, comenta que na literatura são encontrados teores de Si na matéria seca da parte aérea que variam de 0,1 a 10 % (1 a 100 g kg⁻¹), sendo também encontrados, ainda que raramente, valores inferiores ou superiores a esses.

Os teores de Si nos grãos das cultivares BRSMG Conai e BRSMG Curinga em função das doses de Si são mostrados na Figura 3.2.

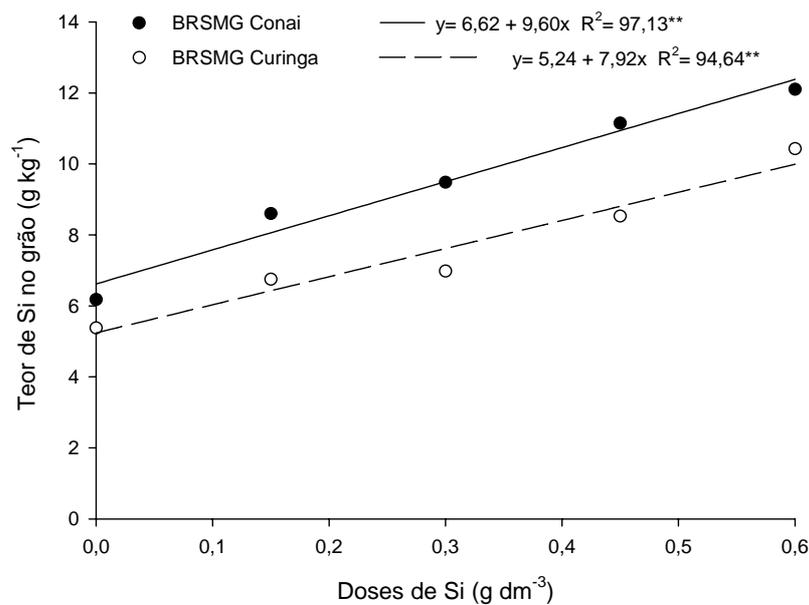


FIGURA 3.2 Teor de Si no grão em g kg⁻¹, para as cultivares BRSMG Conai e BRSMG Curinga, em função das doses de Si aplicadas. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Ambas as cultivares responderam de forma linear ao incremento das doses de Si, sendo que a cultivar BRSMG Conai foi superior à cultivar BRSMG

Curinga para o teor Si no grão. Para a maior dose de Si, a cultivar BRSMG Conai apresentou teor de $12,1 \text{ g kg}^{-1}$ de Si e a cultivar BRSMG Curinga, $10,4 \text{ g kg}^{-1}$ de Si, correspondendo a um valor dos teores de Si de 14,03% maiores na cultivar BRSMG Conai em relação a cultivar BRSMG Curinga . Esses valores estão dentro dos citados por Malavolta et al. (2006), porém o autor separa a casca do grão, no referido trabalho, os valores são para casca + grãos. Os valores citados pelo autor são em torno de $10,9 - 42,9 \text{ g kg}^{-1}$ para a casca e de $0,8 \text{ g kg}^{-1}$ para o grão. Comparando-se o incremento dos teores de Si na palha entre a dose $0,0 \text{ g dm}^{-3}$ e a dose de $0,6 \text{ g dm}^{-3}$, observa-se para cultivar BRSMG Curinga um incremento de 96,93% e para a cultivar BRSMG Conai de 97,90%, o que reflete um comportamento semelhante entre elas.

Os acúmulos de Si na palha das cultivares BRSMG Conai e BRSMG Curinga em função das doses de Si são mostrados na Figura 3.3.

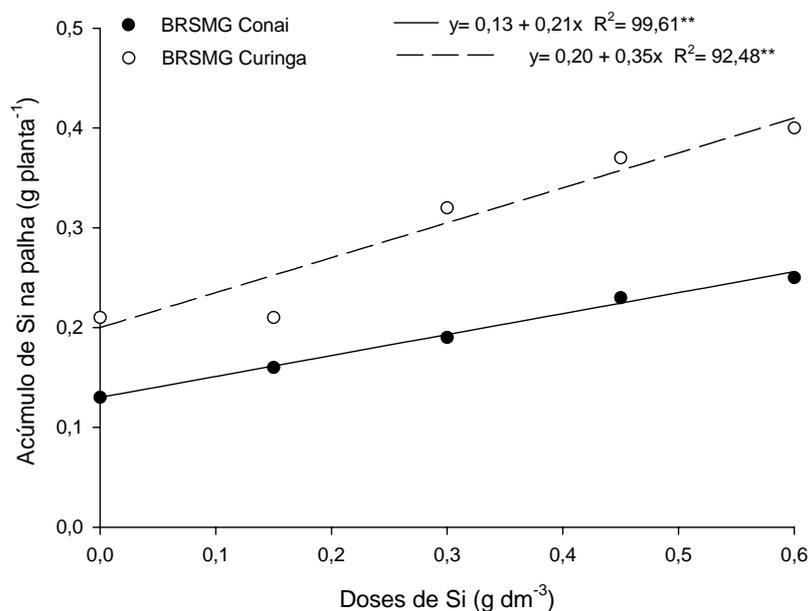


FIGURA 3.3 Acúmulo de Si na palha em g planta^{-1} , para as cultivares BRSMG Conai e BRSMG Curinga, em função das doses de Si aplicadas, UFLA, Lavras, MG, 2007.

Para o acúmulo de Si na palha, as cultivares BRSMG Conai e BRSMG Curinga responderam de forma linear ao incremento das doses de Si, sendo que a cultivar BRSMG Curinga acumulou mais Si que a cultivar BRSMG Conai. Para a maior dose de Si, a cultivar BRSMG Curinga apresentou acúmulo de $0,4 \text{ g planta}^{-1}$ de Si e a cultivar BRSMG Conai, $0,25 \text{ g planta}^{-1}$ de Si, correspondendo à diferença no acúmulo de Si de 37,50%. Comparando-se o aumento do acúmulo de Si na palha entre a testemunha e o tratamento de maior dose, observa-se para cultivar BRSMG Curinga um incremento de 95,24% e para a cultivar BRSMG Conai de 96,15%. Estes aumentos foram devidos, principalmente, aos teores de Si encontrados na palha. Vale ressaltar que mesmo com os aumentos dos teores de Si na palha, não houve aumento na produção de massa seca pelas plantas.

Os acúmulos de Si nos grãos e na parte aérea, para as doses de Si, são mostrados nas Figuras 3.4 e 3.5 respectivamente.

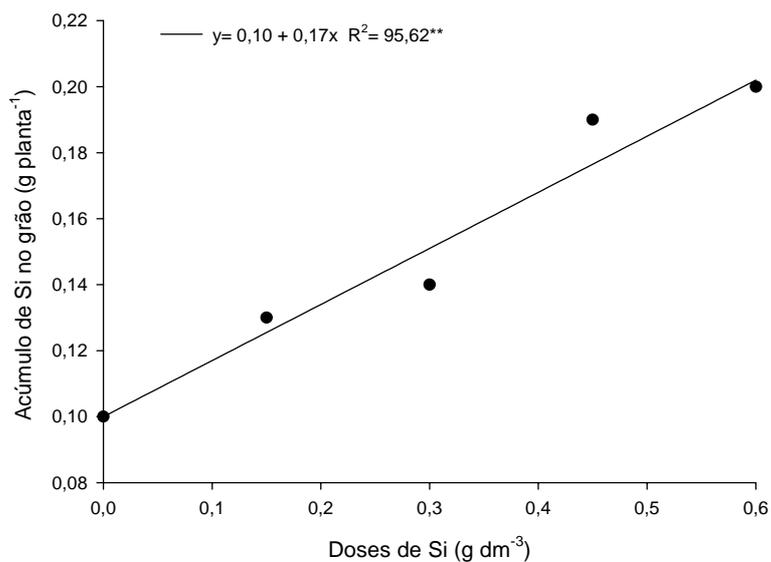


FIGURA 3.4 Acúmulo de Si no grão em g planta⁻¹ para as doses de Si aplicadas, UFLA, Lavras, MG, 2007.

Em relação ao acúmulo de Si no grão, houve resposta para doses, respondendo de forma linear as doses de Si. Esse incremento entre a testemunha e a maior dose de Si foi de 101%.

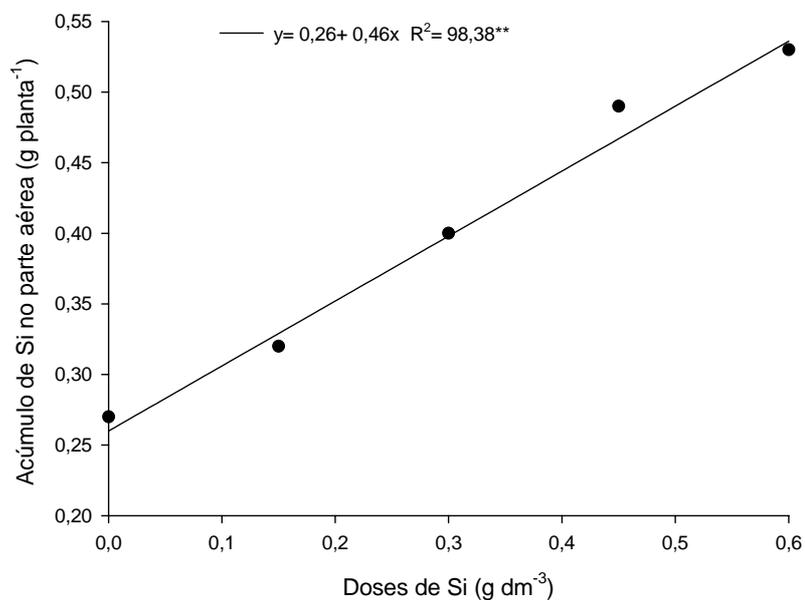


FIGURA 3.5 Acúmulo de Si na parte aérea em g planta⁻¹ para as doses de Si aplicadas, UFLA, Lavras, MG, 2007.

Quanto ao acúmulo de Si na parte aérea, houve resposta para doses , respondendo de forma linear aos incrementos das doses de Si. Esse incremento entre a testemunha e a maior dose de Si foi de 97,46%.

Já o acúmulo de Si no grão e na parte aérea, houve resposta para cultivares, sendo o acúmulo no grão na cultivar BRSMG Conai 11,66% maior que na cultivar BRSMG Curinga e para o acúmulo na parte aérea a cultivar BRSMG Curinga apresentou-se maior em 22,22% que a cultivar BRSMG Conai (Tabela 3.4).

TABELA 3.4 Médias das para as cultivares BRSMG Conai e BRSMG Curinga para acúmulo de Si nos grãos (AcSiGr) e acúmulo de Si na parte aérea (AcSiPA) em g planta⁻¹. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Cultivar	Variável	
	AcSiGr	AcSiPA
BRSMG Conai	0,163a	0,35 b
BRSMG Curinga	0,144 b	0,45 ^a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de F ao nível de 5 % de probabilidade.

O maior acúmulo de Si na parte aérea (AcSiPA) pela cultivar BRSMG Curinga, pode explicar o fato de a cultivar ser mais resistente ao acamamento e a brusone, que apesar de não terem sido feitas estas avaliações, são mencionadas como características inerentes à cultivar.

Esses resultados corroboram com a grande capacidade acumuladora de Si pela cultura do arroz tal como apontado por Mengel & Kirkby (1982) e Barbosa Filho et al. (2000), pois, mesmo utilizando doses relativamente altas, não se conseguiu atingir o ponto máximo de acúmulo do elemento nas cultivares em questão.

4 CONCLUSÕES

A aplicação de Si afeta os teores do elemento nos grãos e na palha e os acúmulos do referido nutriente nos grãos, na palha e na parte aérea das cultivares BRSMG Conai e BRSMG Curinga.

A dose máxima de Si ($0,6 \text{ g dm}^{-3}$) não possibilitou atingir o ponto máximo de acúmulo do elemento, para as cultivares BRSMG Conai e BRSMG Curinga, comprovando a grande capacidade da planta de arroz em acumular Si.

As cultivares BRSMG Conai e BRSMG Curinga responderam, de modo diferenciado, as doses de Si, tanto no teor como no acúmulo na planta. O maior acúmulo de Si no grão foi observado na cultivar Conai e não foi observado na cultivar BRSMG Curinga, enquanto a cultivar BRSMG Curinga mostrou acúmulo desse elemento na palha o que pode explicar a maior resistência dessa cultivar à brusone e ao acamamento.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA FILHO, M. P.; SBYDER, G. H.; FAGERIA, N. K.; DATNOFF, L. E.; SILVA, O. F. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 325-330, mar./abr. 2001.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; PREBHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; KORNDORFER, G. H. Importância do silício para a cultura do arroz: uma revisão de literatura. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 8, p. 1-9, mar 2000. Encarte técnico.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

EMBRAPA, 2007. Disponível em:
<<http://www.cnpaf.embrapa.br/arroz/conai.htm>>. Acesso em: 28 fev. 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1999. 412 p.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Pant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 50, p. 641-664, 1999.

FERREIRA, D. F. SISVAR software: versão 4.6. Lavras: DEX/UFLA, 2003. **Software**.

FREIRE, J. C.; RIBEIRO, M. A. V.; BAHIA, V. G.; LOPES, A. S.; AQUINO, L. H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em

solos da região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 5-8, jan./abr.1980.

GALLO, J. R.; FURLANI, P. R.. Determinação de silício em material vegetal pelo método colorimétrico do azul de molibdênio. **Bragantia**, Campinas, v. 37, n. 2, p. 5-11, jan. 1978.

JOHNSON, C. M.; ULRICH, A. **Analytical methods for use in plant analysis**. California: California Agricultural Experimental Station, 1969. p. 27-33.

JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. Silica in soils, plants and animals. **Advances in Agronomy**, London, v. 19, p. 107-149, 1967.

JUNQUEIRA NETO, A. V. **Efeito do silicato de cálcio na correção do solo e produção de Brachiaria decumbens**.2000. 34p. Monografia de Graduação Agronomia. Universidade Federal de Uberlândia.UFU, Uberlândia-MG, 2000.

KORNDÖFER, G. H.; BENEDINI, M.; PAULA, F. B.; CHAGAS, R. C. S. Cimento como fonte de Silício para cana de açúcar. **STAB**, Piracicaba, v. 19, n. 2, p. 30-33, out./dez. 2000.

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

LANNING, F. C. Nature and distribution of silica in strawberry plants. **Proceeding of American Society of Horticultural Science**, Maryland, v. 76, p. 349-358, Dec. 1960.

MA, J.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on growth and phosphorus uptake of rice. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 126, n. 1, p. 115-119, Aug. 1990.

MA, J. F.; TAKAHASHI, E. **Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan**. Amsterdam: Elsevier, 2002. v. 1.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

McKEAQUE, J. A.; CLINE, M. G. Silica in soil solutions. I. The form and concentration of dissolved silica in aqueous extracts of some soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 43, n. 1, p. 70-82, Mar. 1963.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of Plant Nutrition**. 3^a Ed. International Potash Institute: Worblaufen, 1982. 655 p.

MORAIS, O. P.; CASTRO, E. M.; SOARES, A. A.; GUIMARÃES, E. P.; CHATEL, M.; OSPINA, Y.; LOPES, A. M.; PEREIRA, J. A.; UTUMI, M. M.; CENTENO, A. C.; FONSECA, J. R.; BRESEGHELLO, F.; GUIMARÃES, C.M.; BASSINELLO, P. Z.; PRABHU, A. S.; FERREIRA, E.; SOUZA, N. R. G.; SOUZA, M. A.; REIS, M. S.; SANTOS, P. G. **BRSMG Curinga: Cultivar de arroz de terras altas de ampla adaptação para o Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Emprapa Arroz Feijão, 2005. 8 p. (Comunicado Técnico)

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon deficiency of tomato plant. **Soil Science and Plant Nutrition**. Tokyo, v. 24, n. 2, p. 175-189, Feb. 1978.

NABLE, R. O.; LANCE, R. C. M.; CARTWRIGHT, B. Uptake of boron and silicon barley genotypes with differing susceptibilities to boron toxicity. **Annals of Botany**, London, v. 66, n. 1, p. 83-90, July. 1990.

RODRIGUES, C.R.. **Efeitos de fontes de Si orgânico e mineral na redução do Al trocável do solo e de sua absorção pelas plantas**. 2000. 39p. Monografia de Graduação Agronomia. Universidade Federal de Uberlândia. UFU, Uberlândia-MG, 2000.