

PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, TEOR E ACÚMULO DE SILÍCIO EM CULTIVARES DE ARROZ SOB DOSES DE SILÍCIO

Dry matter production, content and accumulation of silicon in cultivars of rice (*Oryza sativa* L.) under levels of silicon

Leilson Antônio de Faria Júnior¹, Janice Guedes de Carvalho²,
Paulo Jorge de Pinho³, Ana Rosa Ribeiro Bastos⁴, Eric Victor Oliveira Ferreira⁵

RESUMO

O efeito do silício (Si) na produção de matéria seca de arroz, teor e acúmulo de Si foi avaliado sob condições de casa-de-vegetação. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 2 com 4 repetições. Os tratamentos foram 5 doses de Si (0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 g dm⁻³) e 2 cultivares de arroz (Conai e Curinga). A aplicação de Si não afetou os componentes de crescimento e produção, com exceção da matéria seca de raiz. Houve um acréscimo da matéria seca de raiz sob aplicação de Si com uma produção máxima de 33,57 g vaso⁻¹ na dose ajustada de 0,38 g dm⁻³ de Si. O acúmulo e os teores de Si variaram entre os 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 entre cultivares.

Termos para indexação: Componentes de produção, silicato de cálcio, adubação, *Oryza sativa* L.

ABSTRACT

The effect of silicon (Si) application on dry matter production of rice, as well as on the content and accumulation of silicon was evaluated under greenhouse conditions. The experimental design was a completely randomized design arranged in a 5 x 2 factorial structure with four replicates. The treatments consisted of a combination of five Si levels (0, 0.25, 0.50, 0.75, and 1.00 g dm⁻³) and two rice cultivars (Conai and Curinga). The Si application did not affect the growth and production components except the root dry matter. There was an increase in the root dry matter under Si application with a maximum production of 33.57 g pot⁻¹ in the dose of 0.38 g dm⁻³ Si. The content and accumulation of Si varied between the cultivars, increasing linearly with the Si levels, except for Si accumulated in the shoot, where no significant differences were observed between the cultivars.

Index terms: Yield components, calcium silicate, fertilizer, *Oryza sativa*.

(Recebido em 5 de setembro de 2006 e aprovado em 13 de maio de 2008)

INTRODUÇÃO

Vários fatores contribuem para a baixa produtividade da cultura do arroz, entre os quais podem-se citar aspectos relacionados à nutrição mineral, quando 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 silício (Si), o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, apesar de ser considerado essencial somente para membros da família Equitaceae (“cavalinha” ou *Equisetum arvense* L. “rabo de cavalo”) tem

demonstrado seus efeitos benéficos ou úteis, como maior tolerância ao déficit hídrico, maior resistência à metais pesados, menor intensidade de doenças (MALAVOLTA, 1980) e ataque de pragas (COSTA, et al., 2009; GOMES et al., 2009; COSTA et al., 2007) em plantas adubadas com o mesmo.

Vários trabalhos em países como Japão, Coréia, Taiwan e Estados Unidos têm constatado a importância do Si 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).

¹Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciência do Solo – Departamento de Ciência do Solo/DCS – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – leilson.junior@gmail.com – bolsista CNPq

²Engenheira Agrônoma, Doutora, Professora Titular – Departamento de Ciência do Solo/DCS – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – janicegc@ufla.br – bolsista CNPq.

³Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo – Departamento de Ciência do Solo/DCS – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – pinhopj@yahoo.com.br – bolsista FAPEMIG.

⁴Engenheira Agrônoma, Doutora em Solos e Nutrição Mineral de Plantas – Departamento de Ciência do Solo/DCS – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – arosa@ufla.br – PNP/DCS

⁵Engenheiro Agrônomo, Mestre em Solos – Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS – Cx. P. 7712 – 91501-970 – Porto Alegre, RS – ericsolos@yahoo.com.br

No Brasil, alguns trabalhos relatam que muitas gramíneas, dentre elas o arroz, têm apresentado aumentos de produtividade mediante ao fornecimento de Si para as plantas (KORNDÖRFER & DATNOFF, 1995). Contudo, existem divergências quanto à reposta a aplicação, uma vez que são escassas as informações a respeito de diferenças genotípicas na eficiência de utilização do elemento (BARBOSA FILHO et al., 1998).

Do exposto, neste trabalho, objetivou-se avaliar a produção de matéria seca, os componentes de produção, o teor e o acúmulo de Si em cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) sob doses de Si.

MATERIALE MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa-de-vegetação da área experimental do Departamento de Ciência 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 910 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), coletado na camada superficial (0-20 cm), sendo destorroado, seco ao ar e peneirado em peneira com malha de 5 mm de abertura. Foi tomada uma sub-amostra, a qual foi peneirada em peneira de 2 mm de abertura, constituindo a terra fina seca ao ar (TFSA), para caracterização química e textural.

Os resultados das análises químicas e físicas antes da implantação do experimento foram: características físicas: 92% de areia, 1% de silte e 7% de argila (DAY, 1965). Características químicas: pH em água = 5,2; P extraível = 3,0 mg dm⁻³; K⁺ = 14 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 0,3 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,1 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,8 cmol_c dm⁻³, conforme metodologia descrita por Vettori (1969), com modificações da Embrapa (1979). Os micronutrientes foram determinados segundo metodologia descrita por Vettori (1969) sendo: Zn = 0,6 mg dm⁻³; Fe = 140,0 mg dm⁻³; Mn = 9,0 mg dm⁻³; B = 0,2 mg dm⁻³ e Cu = 0,8 mg dm⁻³. O Si solúvel = 0,8 mg dm⁻³, foi determinado segundo metodologia descrita por McKeague & Cline (1963). As demais características químicas como: H + Al = 3,2 cmol_c dm⁻³; CTC = 3,6 cmol_c dm⁻³ e V = 11,8% foram determinadas segundo metodologias descritas por Raij et al. (1987).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 repetições, compondo um fatorial 5 x 2

sendo os fatores 5 doses de Si (0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 g dm⁻³) e 2 cultivares (Conai e Curinga), sendo os cultivares indicados para o sistema de cultivo de sequeiro. Como fonte de Si, foi utilizado silicato de cálcio (CaSiO₃) p.a., onde a dose máxima forneceu CaO suficiente para elevação teórica de saturação de bases para 50%, sendo as demais doses complementadas com carbonato de cálcio (CaCO₃) 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 da semeadura, efetuou-se a aplicação do carbonato e do silicato de cálcio conforme os tratamentos. Os vasos permaneceram incubados por 15 dias com 60% do volume total de poros (VTP) ocupado por água (FREIRE et al., 1980). A seguir foram adicionadas ao solo quantidades suficientes de macronutrientes (N – 500, P – 200, K – 500, Mg – 45 e S – 56 mg dm⁻³) e micronutrientes (B – 0,5; Cu – 1,5; Fe – 5; Mn – 10,0; Mo – 0,2 e Zn – 5,0 mg dm⁻³), na forma de reagentes p.a., sendo as doses de N e K parceladas em três aplicações (semeadura, 25 e 45 dias após emergência) (MALAVOLTA, 1980). Os nutrientes foram aplicados em forma de solução e misturados ao solo para maior uniformização. As sementes foram desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio a 1% por 5 minutos e, depois de lavadas com água destilada, foram semeadas 10 sementes por vaso. Após a germinação, foram desbastadas restando apenas três plantas por vaso. A umidade do solo foi mantida entre 60 e 70% do VTP preenchidos por água, usando-se água desmineralizada, sendo controlada por meio de pesagem dos vasos.

Durante o ciclo da cultura, foram avaliados a altura de plantas e o número de perfilhos. No final do ciclo da cultura as plantas foram colhidas e divididas em casca + grãos, folhas + colmo e raiz. Todo o material vegetal foi seco em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65-70°C até atingir peso constante. O material foi então pesado, obtendo-se assim o rendimento em matéria seca. Posteriormente foram avaliados os componentes de produção (número de panículas vaso⁻¹, número de grãos panículas⁻¹ vaso⁻¹, porcentagem de grãos cheios vaso⁻¹ e peso de cem grãos). A seguir o material vegetal (Casca + grãos e folha + colmo, separadamente) foi moído em moinho tipo Willey e submetido à análise química para determinação dos teores de Si, segundo método proposto por Gallo & Furlani (1978). Posteriormente, foi feito o cálculo para obtenção de acúmulo de Si nos grãos (casca + grãos), na palha (folhas + colmo) e na parte aérea.

O efeito dos tratamentos foi avaliado por meio da análise de variância, onde foi realizado teste de médias

(teste de Tukey) para cultivares e estudos 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 dos coeficientes de determinação (R^2). As análises foram realizadas com o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo resumo da análise de variância (Tabela 1), detectou-se efeito significativo da interação doses de Si x cultivares para as variáveis teor de Si nos grãos (TSiGr), teor de Si na palha (TSiP), acúmulo de Si na palha (ASiP) e acúmulo de Si na parte aérea (ASiPA). As demais variáveis foram influenciadas pelos fatores doses de Si e cultivares, porém de forma isolada.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância (quadrado médio e significância) para as variáveis matéria seca de grãos (MSGR), matéria seca de palha (MSPA), matéria seca de raiz (MSR), número de perfilhos (PERF), altura de plantas (ALT), número de panículas (PAN), número de grãos panícula⁻¹ (GRPAN), porcentagem de grãos cheios (PGrC), peso de cem grãos (PCGr), teor de Si nos grãos (TSiGr), teor de Si na palha (TSiP), acúmulo de Si no grão (ASiGr), acúmulo de Si na palha (ASiP) e acúmulo de Si na parte aérea (ASiPA).

Variáveis	CV (%)	Quadrado médio das fontes de variação		
		Cultivares	Doses de Si	Doses * Cultivares
MSGR	11,25	349,87**	37,37 ^{NS}	14,38 ^{NS}
MSPA	6,24	1894,75**	6,47 ^{NS}	23,80 ^{NS}
MSR	15,53	1653,80**	86,98*	15,82 ^{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}
TSiGr	6,53	0,37**	0,37**	0,01*
TSiP	7,07	0,78**	0,77**	0,04**
ASiGr	10,83	0,04**	0,13**	0,00 ^{NS}
ASiP	10,73	0,03*	0,08**	0,04**
ASiPA	8,17	0,00 ^{NS}	0,40**	0,07**

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

A interação entre os fatores doses de Si x cultivares mostrou que a cultivar Conai apresentou superioridade em relação a Curinga para o teor de Si em grãos (Figura 1). Comportamento inverso ocorreu para o teor de Si e acúmulo de Si na palha (Figuras 2 e 3). Para o acúmulo de Si na parte aérea a cultivar Conai respondeu de forma linear ao incremento das doses de Si e a cultivar Curinga de forma quadrática (Figura 4).

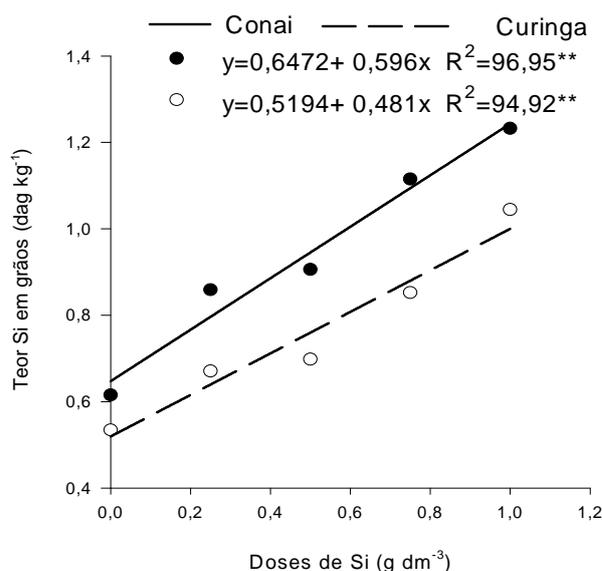


Figura 1 – Teor de Si em grãos (casca + grãos) de arroz em função das doses aplicadas.

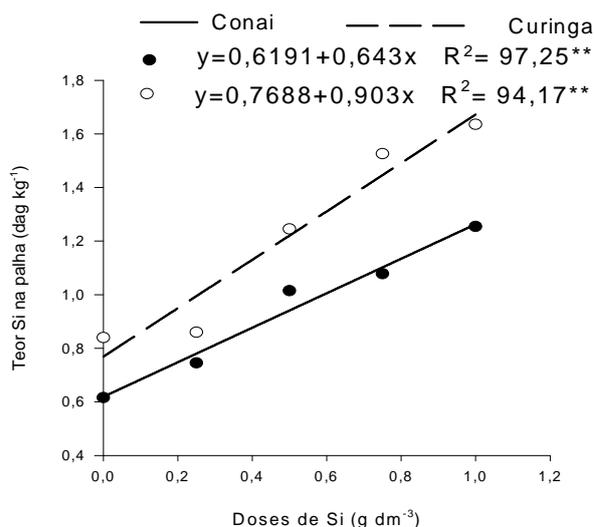


Figura 2 – Teor de Si na palha (folha + colmo) de arroz em função das doses aplicadas.

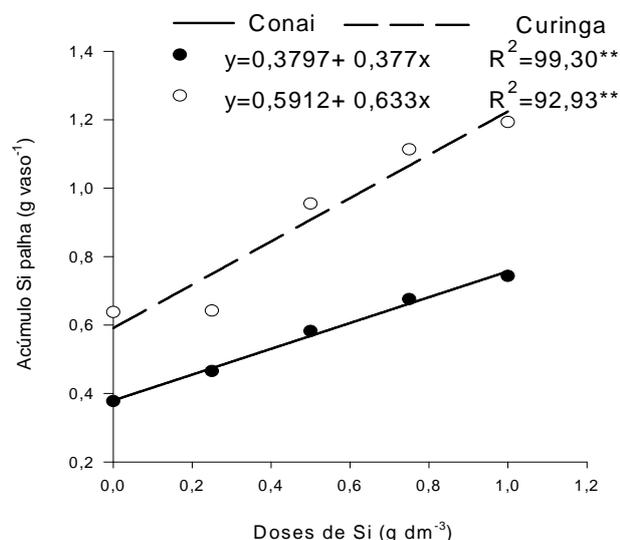


Figura 3 – Acúmulo de Si na palha (folha + colmo) de arroz em função das doses aplicadas.

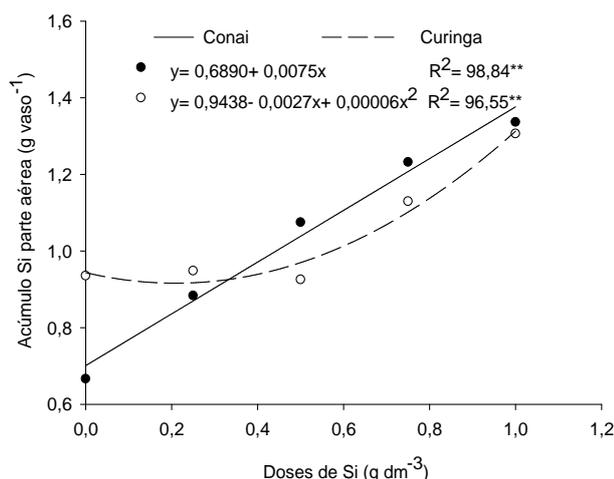


Figura 4 – Acúmulo de Si na parte aérea (grão + palha) de arroz em função das doses aplicadas.

As concentrações de Si na palha e nos grãos encontradas estão próximas às citadas por Malavolta (1980), ressaltando-se que os valores citados pelo autor separam a casca do grão. Infere-se, pois, que as diferenças encontradas entre cultivares na resposta ao Si podem ser atribuídas a mecanismos fisiológicos como diferentes taxas de absorção, translocação e diferenças morfológicas no sistema radicular, tal como apontado por Barbosa Filho et al. (1998).

Epstein (1999), em extensa revisão sobre elementos minerais, comenta que na literatura são encontrados teores

de Si na matéria seca de parte aérea que variam de 0,1 a 10%, sendo também encontrados valores inferiores ou superiores a esses. Quando comparado aos níveis de outros elementos, como cálcio (0,1 a 0,6%) e enxofre (0,1 a 1,5%), o autor menciona que o Si está presente, em tecidos vegetais, em quantidades equivalentes às encontradas para macronutrientes ou mesmo em níveis superiores.

De forma geral, as quantidades de Si acumuladas nas plantas aumentaram com as doses de Si aplicadas ao solo. Os incrementos nas quantidades acumuladas foram devidos, principalmente, aos aumentos verificados no teor de Si na palha e em grãos. Vale ressaltar que mesmo com os aumentos dos teores de Si na palha e no grão, não houve aumento na produção de matéria seca para estas variáveis.

Este maior acúmulo do elemento nas plantas pode ser explicado, possivelmente, pela utilização do Neossolo Quatzarenico Órtico como substrato, em razão de seus menores teores de silte, o que propicia menor impedimento físico à penetração do sistema radicular no vaso de cultivo, permitindo maior crescimento de plantas, acompanhado de uma maior absorção de Si e conseqüentemente maiores teores e acúmulos.

O teor de Si nas plantas varia grandemente entre genótipos. Essas diferenças, excepcionalmente grandes, podem ocorrer inclusive entre genótipos da mesma espécie de plantas, conforme demonstrado para ecótipos de arroz por Deren et al. (1992) e Winslow (1997).

Observa-se na Tabela 2, que o cultivar Conai mostrou-se superior à Curinga nas variáveis acúmulo de Si no grão, altura de plantas, número de grãos panícula⁻¹ vaso⁻¹ e peso de cem grãos vaso⁻¹. O inverso ocorreu para as variáveis matéria seca de grãos, matéria seca de palha, matéria seca de raiz, número de perfilhos, número de panículas vaso⁻¹ e porcentagem de grãos cheios vaso⁻¹.

Esses resultados refletem a diferença genotípica dos cultivares que, independente das doses de Si, apresentaram resultados diferentes para as características mencionadas. A falta de resposta quanto à aplicação de Si está de acordo com os resultados obtidos por Carvalho (2000), Deren et al. (1994) e Ma et al. (1989), que não evidenciaram aumentos significativos nos componentes de crescimento e produção para cultivares de arroz, ressaltando-se ainda que o Si influencia na produção quando há estresses, o que não ocorreu em casa-de-vegetação.

A aplicação de Si influenciou de forma distinta a matéria seca de raiz, a qual respondeu de forma quadrática negativa ao incremento das doses do elemento, indicando haver ponto de máximo na dose de 0,38 g dm⁻³ de Si com uma produção de 33,57 g vaso⁻¹ (Figura 5). Infere-se que

Tabela 2 – Médias dos cultivares para produção de matéria seca de grãos (MSGr), acúmulo de Si no grão (ASiGr), matéria seca de palha (MSPA), matéria seca de raiz (MSR), número de perfilhos (PERF), altura de plantas (ALT), número de panículas vaso⁻¹ (PAN), número de grãos panícula⁻¹ vaso⁻¹ (GrPAN), porcentagem de grãos cheios vaso⁻¹ (PGrC) e peso de cem grãos vaso⁻¹ (PCGr).

Cultivar	Variáveis									
	MSGR	ASiGr	MSPA	MSR	PERF	ALT	PAN	GRPAN	PGrC	PCGr
CONAI	50,9 b	0,49a	60,6 b	24,20 b	9,6 b	107,7a	9,3 b	98,9a	69,4 b	2,5a
CURINGA	56,8a	0,43 b	74,4a	37,06a	10,3a	85,9 b	10,3a	92,1 b	89,1a	2,2 b

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

acima desta dose o elemento possa ter causado toxidez nas raízes, diminuindo a produção de matéria seca e ainda por diminuir a transpiração das plantas, diminuindo o tamanho de seu sistema radicular. Porém, estes resultados não foram refletidos nas demais variáveis. Esse fato pode estar relacionado ao ambiente de cultivo, que por se tratar de vasos, não foi grande a necessidade de um maior desenvolvimento do sistema radicular para uma maior exploração do solo e conseqüentemente refletir nas demais variáveis.

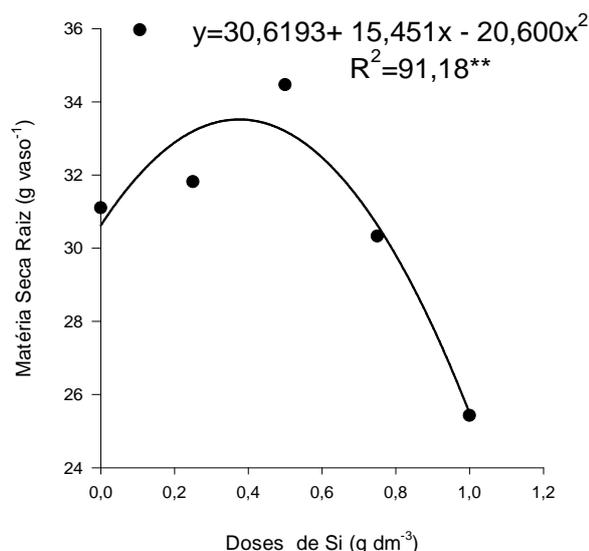


Figura 5 – Matéria seca de raiz de arroz em função das doses de Si aplicadas.

Para o acúmulo de Si no grão, houve resposta linear positiva com o aumento das doses de Si (Figura 6). Esses resultados corroboram a grande capacidade acumuladora de Si pelo arroz tal como apontado por Barbosa Filho et al. (2000) e Mengel & Kirkby (1987), pois, mesmo utilizando doses relativamente altas não se conseguiu atingir um ponto máximo de acúmulo do elemento nos cultivares em questão.

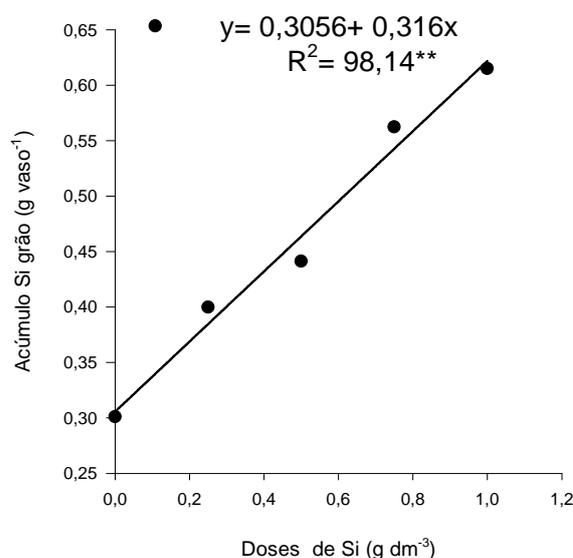


Figura 6 – Acúmulo de Si no grão (casca+grão) de arroz em função das doses aplicadas

CONCLUSÕES

A aplicação de Si afetou os teores do elemento em grãos e na palha e o acúmulo do mesmo na palha e na parte aérea para os cultivares Conai e Curinga.

As doses de Si, não influenciaram os componentes de crescimento e produção, com exceção da matéria seca de raiz, havendo diferença apenas entre os cultivares.

As doses estudadas não permitiram atingir um ponto máximo de acúmulo do elemento para os cultivares em questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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, MG. **Anais...** Lavras: UFLA; 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.
- 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 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; ANTUNES, C. S. Resistência induzida em trigo ao pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) por silício e acibenzolar-s-methyl. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 393-397, mar./abr., 2007.
- COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; COSTA, R. R. Interação silício-imidacloprid no comportamento biológico e alimentar de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 455-460, mar./abr., 2009.
- DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis, physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. cap. 13, p. 545-566.
- DEREN, C. W.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. Variable silicon content of rice cultivars grown on Everglades Histosols. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 15, p. 2363-2368, 1992.
- 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, p. 733-737, 1994.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos e análises de solos**. Rio de Janeiro, RJ, 1979.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 412 p.
- EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 50, p. 641-664, 1999.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR software**. Versão 4.6. Lavras: DEX/UFLA, 2003.
- 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.
- 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.
- GALLO, J. R.; FURLANI, P. R. Determinação de silício em material vegetal pelo método colorimétrico do azul de molibdênio. **Bragantina**, Campinas, v. 37, n. 2, p. 5-11, jan. 1978.
- GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; NERI, D. K. P. Adubação com silício como fator de resistência a insetos-praga e promotor de produtividade em cultura de batata inglesa em sistema orgânico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 18-23, jan./fev., 2009.
- 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**, v. 35, p. 347-356, 1989.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.
- McKEAQUE, J. A.; CLINE, M. G. Sílica 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**. Bern: International Potash Institute, 1987. 593 p.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1969. 24 p. (Boletim técnico, 5).

WINSLOW, M. D.; OKADA, K.; CORREA-VICTORIA, F. Silicon deficiency and the adaptation of tropical rice ecotypes. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 188, n. 2, p. 239-248, Jan. 1997.