

Silício melhora produção e qualidade do girassol ornamental em vaso

Silicon improves ornamental pot sunflower production and quality

Maristela Pereira Carvalho^{I*} Luiz Antônio Zanão Júnior^{II} José Antônio Saraiva Grossi^I
José Geraldo Barbosa^I

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do parcelamento de diferentes doses de silício na produção de girassol ornamental, produzido em vaso, em casa de vegetação. A fonte utilizada foi o silicato de potássio aplicado no substrato. Os tratamentos foram dispostos em um fatorial 5x2, cinco doses de Si (0, 150, 300, 450 e 600mg vaso⁻¹) e duas formas de aplicação (total ou parcelada), no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso n^o 12, com uma planta de girassol híbrido Sunflower F1 Pollenless Sunbright. As variáveis analisadas foram o diâmetro da inflorescência, a altura da planta, o diâmetro do caule, a produção de matéria seca de raízes, folhas e inflorescência e os teores de Si nessas três partes da planta. Não houve interação significativa das doses de Si e de seu parcelamento para nenhuma característica avaliada. A altura das plantas aumentou com o parcelamento do Si. A produção da matéria seca das inflorescências e das raízes e o diâmetro das inflorescências foram incrementados com a aplicação do Si. Os teores desse elemento na planta também aumentaram com as doses de silicato de potássio aplicadas, confirmando que o girassol absorve e acumula Si em seus tecidos.

Palavras-chave: silicato de potássio, nutrição, adubação, *Helianthus annuus*.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of splitting different Si rates in the production of ornamental pot sunflowers, grown under greenhouse. The Si source was potassium silicate, applied at the substrate. The treatments were arranged in a 5x2 factorial experiment, with five Si rates (0, 150, 300, 450 and 600mg pot⁻¹) and two forms of application (whole or split) in a complete randomized design, with four repetitions. Each repetition is a 5 inch potted F1 hybrid Sunflower

Pollenless Sunbright. The inflorescence diameter, plant height, stem diameter, roots dry matter, leaves, inflorescence and the Si content in each plant part were measured. There was no significant interaction of Si rates and its splitting for any evaluated characteristic. The plant height increased with the Si splitting. The flowers and roots dry matter and the flower diameter and shape enhanced with the implementation of Si. The content of Si also increased with the applied Si rates, supporting that the sunflower uptake and accumulates Si in their tissues.

Key words: potassium silicate, nutrition, fertilization, *Helianthus annuus*.

INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma planta anual, com comportamento vegetal conhecido como heliotropismo e pertence à família *Asteraceae*. Originário da América do Norte, atualmente é cultivado em todos os continentes (EMBRAPA, 2002). Nos últimos anos, além da produção de grãos, ganhou destaque como planta ornamental, cultivado para a produção de flores de corte e de vaso (SCHOELLHORN et al., 2003). No início dos anos 90, foi produzido no Japão o primeiro híbrido F1 de girassol que não emitia pólen. Tal fato tornou os girassóis mais atrativos como plantas de vaso e flores de corte, pois a queda de pólen das outras cultivares era uma característica indesejável (SCHOELLHORN et al., 2003; SLOAN & HARKNESS, 2006). Além disso, atualmente existem cultivares com uma diversidade de tonalidades e formas

^IDepartamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa (UFV), 36570-000, Viçosa, MG, Brasil. E-mail: maristelacarvalho@gmail.com. *Autor para correspondência.

^{II}Unidade Regional de Pesquisa do Centro-Sul do Paraná, Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Ponta Grossa, PR, Brasil.

(SCHOELLHORN et al., 2003). Entretanto, o cultivo do girassol, assim como todas as culturas, sofre os efeitos de fatores abióticos e bióticos durante a produção.

Os efeitos do silício (Si) na agricultura têm sido bastante pesquisados, uma vez que esse elemento minimiza vários fatores de estresse sofridos pela planta, tanto bióticos, quanto abióticos. Alguns efeitos benéficos do Si incluem a redução do estresse hídrico, por propiciar menor transpiração; aumento da eficiência na fotossíntese, por manter folhas mais eretas e rígidas e com maior interceptação da luz; aumento da resistência a doenças, a pragas, ao frio, à salinidade, à toxidez provocada pelo excesso de Al, Mn e Fe. Muitos desses benefícios são atribuídos à camada de sílica que se acumula abaixo da cutícula (EPSTEIN, 1999; MA, 2004).

As plantas diferem bastante na capacidade de absorver o Si. Em arroz, trigo e cevada, sua absorção é um processo ativo (RAINS et al., 2006), enquanto no girassol ele é absorvido tanto ativa, quanto passivamente, dependendo da sua concentração externa (LIANG et al. 2006). Os teores foliares de Si variam conforme a espécie. Geralmente as plantas pertencentes às famílias *Poaceae*, *Equisetaceae* e *Cyperaceae* apresentam maiores teores foliares de Si (MA et al., 2001). Segundo esses autores, essa diferença ocorre em razão do mecanismo pelo qual esse elemento é absorvido.

A principal cultura que se beneficia e também a que mais acumula Si em seus tecidos é o arroz (MA et al., 2001). Entretanto, muitas culturas consideradas não acumuladoras de Si se beneficiam da aplicação desse elemento, sendo relatados também efeitos positivos desse elemento em plantas ornamentais e olerícolas. A redução dos efeitos negativos das doenças foi verificada em pepineiro, abóbora e melão (MENZIES et al., 1992) e morango (KANTO et al., 2006). Maior resistência ao estresse hídrico foi verificada em girassol (GUNES et al., 2008). Redução da severidade da necrose das brácteas de poinsettia, que é uma desordem fisiológica causada pela deficiência de Ca, foi observada por MCAVOY et al. (1996). A aplicação de Si também possibilitou flores de melhor qualidade em gérberas e girassol (SAVVAS et al., 2002; KAMENIDOU et al., 2008). Em revisão realizada por VOOGT & SONNEVELD (2001), sobre a aplicação de Si em plantas ornamentais, há relatos da redução da toxidez por Mn em poinsettia e redução da severidade causada por *Oidium saintpauliae* em violetas.

Apesar de o Si ser o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, a maioria das classes de solos, que já passaram por processo de dessilicização,

a exemplo dos Latossolos, apresentam baixos teores solúveis desse elemento. Nessa mesma situação estão os solos orgânicos e os arenosos, como os Neossolos Quartzarênicos (JUNO & SANCHEZ, 1986; SAVANT et al., 1997). Segundo VOOGT & SONNEVELD (2001), a maioria dos cultivos de floricultura em casa de vegetação utilizam substratos que também possuem pouco Si disponível. Desse modo, pode-se esperar resposta positiva à aplicação desse elemento nessas condições.

Portanto, para que haja acúmulo, como todo elemento, o Si deve estar na solução do solo em uma forma passível de absorção pelas plantas, não estando precipitado, adsorvido ou polimerizado. Assim, existe a necessidade de se investigar a dose de Si e as formas de aplicação adequadas ao cultivo do girassol de vaso, visando à absorção mais eficiente do Si. Então, objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito do parcelamento de diferentes doses de Si na produção de um híbrido de girassol ornamental, cultivado em vaso, em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa, entre setembro e novembro de 2007. Os tratamentos foram dispostos em um fatorial 5x2, sendo cinco doses de adubação silicatada (0, 150; 300; 450 e 600mg vaso⁻¹ de Si) e duas formas de parcelamento dessa adubação (total ou parcelada semanalmente). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. A unidade experimental consistiu de um vaso plástico (nº 12), contendo 600g de substrato comercial (Bioplant®), com uma planta cada.

As mudas de girassol foram obtidas a partir de sementes do híbrido Sunflower F1 Pollenless Sunbright (SAKATA Seeds). Após seis dias de emergência, as plântulas com cerca de 8cm de altura e uma folha definitiva totalmente expandida foram transplantadas para os vasos.

Aos 15 dias após o transplântio (DAT), realizou-se a aplicação das doses que não foram parceladas (total). Nessa mesma ocasião também tiveram início as aplicações das doses parceladas, que se estenderam por sete semanas. Em cada semana, foi aplicado o equivalente a 12,5% da respectiva dose total.

A fonte utilizada foi o silicato de potássio (K₂SiO₃), líquido, com 12% Si e 15% de K₂O. A quantidade de K fornecida pelo silicato de potássio às plantas que receberam Si foi balanceada com KCl. Dessa forma, as plantas que não receberam a aplicação do silicato de potássio receberam no mesmo momento de sua aplicação nas outras plantas a mesma quantidade

de K, só que utilizando o KCl como fonte. O K_2SiO_3 é um produto de reação alcalina ($pH > 10,0$). Dessa forma, o pH da solução foi ajustado para 6,0 com adição de $HCl 2mol L^{-1}$.

A irrigação dos vasos foi alternada com a fertirrigação diariamente. A fertirrigação foi realizada com o fertilizante Peters 20-20-20, nas concentrações de $100mg L^{-1}$ e $150mg L^{-1}$ de N, na primeira e na segunda quinzena de condução do experimento, respectivamente, e Peters 15-05-15, na concentração de $200mg L^{-1}$ de N, até o final do experimento.

Em todos os tratamentos, aplicou-se o retardante de crescimento paclobutrazol (PBZ). A aplicação foi semanal, via substrato, e cada vaso recebeu o total de 6,5mg de PBZ durante a condução do experimento. Para o controle do ácaro, foram realizadas duas pulverizações com Abamectina. As brotações laterais foram eliminadas quando as plantas estavam no estágio R5 (começo da floração) da escala de SCHNEITER & MILLER (1981).

Aos 57DAT, as plantas foram colhidas quando o capítulo tinha mais de 50 até 100% das flores abertas, correspondendo ao estágio R5.5 a R5.9 da escala de SCHNEITER & MILLER (1981), e avaliadas quanto ao desenvolvimento de suas inflorescências, determinando-se o diâmetro da inflorescência, com um paquímetro digital (cm).

Como variáveis de crescimento foram, avaliadas a altura da planta, desde a região do coleto até a inserção do capítulo, com uma fita métrica, e o diâmetro do caule, mensurado no quinto nó contado de baixo para cima, com paquímetro digital (cm).

Para obtenção da produção de massa seca da parte aérea ($g planta^{-1}$), cada parte das plantas (folhas, caule e inflorescências) foi lavada com água destilada e seca em estufa de circulação forçada de ar a $65^{\circ}C$, até massa constante e posteriormente pesada e somada.

Após a colheita da parte aérea, procedeu-se à separação e lavagem das raízes em água corrente para a retirada do excesso de substrato com posterior enxague em água deionizada, submetendo-as à secagem e pesagem do mesmo modo que a parte aérea.

As folhas, raízes e inflorescências foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 0,84mm. Os teores de Si foram determinados pelo método da digestão alcalina e dosagem pelo método colorimétrico, descrito por KORNDÖRFER et al. (2004). Foram preparadas amostras compostas de cada um dos tratamentos para avaliação dos teores de macro e micronutrientes. Essas amostras compostas foram mineralizadas pela mistura nítrico-perclórica (3:1 v v⁻¹) para determinação dos teores de K, P, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo TEDESCO et al. (1995).

Os dados foram submetidos à análise de variância. Na ausência de interação significativa entre os fatores, as médias referentes ao parcelamento foram comparadas pelo teste F, a 5% de probabilidade de erro, e os efeitos das doses de Si, por meio de análise de regressão. Calculou-se também a dose de Si que proporcionou a maior produção de massa seca de inflorescências por planta, a qual corresponde ao valor de máxima eficiência física (MEF). Além disso, a dose de Si foi calculada para atingir a máxima eficiência econômica (MEE), considerando-se a MEE igual a 90% da dose de MEF. Esses valores foram determinados substituindo-se o valor da dose que proporcionou a MEE para a produção, nas equações obtidas para produção de massa seca de inflorescências por planta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa das doses de Si e de seu parcelamento para as variáveis avaliadas. Foi verificado efeito do parcelamento do Si apenas para a altura de plantas e para os teores de Si nas raízes (Tabela 1). O Si ficou disponível durante o ciclo da cultura do girassol, que é curto, demonstrando não necessitar parcelamento da aplicação desse elemento.

Não houve diferença nos teores de Si nas folhas e nas inflorescências com o parcelamento das doses de Si (Tabela 1). Foram utilizadas todas as folhas para compor a amostra em que os teores de Si foram determinados. Se fossem utilizadas apenas as folhas mais novas nas determinações dos teores foliares de Si, possivelmente haveria diferença nesses teores entre plantas que receberam adubação silicatada parcelada e as que não receberam, sendo menores nestas. Tal fato explica-se porque o Si, após ser absorvido e depositado, torna-se imóvel (BALASTRA et al., 1989), formando sílica amorfa hidratada ($SiO_2 \cdot nH_2O$), ou sílica biogênica. Os maiores teores de Si são encontrados nos tecidos mais velhos segundo HODSON & SANGSTER (1998). A partir dessas observações, são necessários estudos visando a determinar o padrão de acumulação do Si nos diferentes órgãos do girassol durante todo o seu ciclo.

Quanto ao efeito do Si, a aplicação desse elemento em diferentes doses não influenciou a altura da planta ($\bar{y}=49,78cm$), a produção de matéria seca de folhas ($\bar{y}=4,24g$) e o diâmetro do caule das plantas de girassol ($\bar{y}=0,85cm$). De forma diferente, KAMENIDOU et al. (2008), avaliando a aplicação de fontes e modos de aplicação do Si no girassol ornamental da cultivar 'Ring of Fire', também produzido em vasos em casa de vegetação, verificaram que a aplicação do Si aumentou o diâmetro do caule e da altura da planta.

Tabela 1 - Variáveis avaliadas em girassol cultivado com doses de Si aplicadas de diferentes formas. Viçosa-MG, 2007.

| Variáveis | -----Aplicação do Si----- | | CV% |
|---|---------------------------|-------|-------|
| | Parcelada | Total | |
| Altura da planta, cm | 48,12* | 51,43 | 9,14 |
| Produção de matéria seca de raízes, g planta ⁻¹ | 1,24 ns | 1,25 | 8,82 |
| Produção de matéria seca de folhas, g planta ⁻¹ | 4,08 ns | 4,40 | 16,85 |
| Produção de matéria seca de inflorescências, g planta ⁻¹ | 4,50 ns | 4,31 | 16,69 |
| Produção de matéria seca da parte aérea, g planta ⁻¹ | 11,66 ns | 11,97 | 12,91 |
| Diâmetro do caule, cm | 0,89 ns | 0,81 | 6,40 |
| Diâmetro do capítulo, cm | 9,58 ns | 9,55 | 5,60 |
| Teor de Si nas raízes, g kg ⁻¹ | 3,70 * | 2,20 | 15,43 |
| Teor de Si nas inflorescências, g kg ⁻¹ | 3,90 ns | 3,70 | 15,95 |
| Teor de Si nas folhas, g kg ⁻¹ | 28,20 ns | 27,40 | 11,97 |

* Diferença significativa pelo Teste F, a 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

As doses de Si aplicadas no substrato aumentaram a produção de matéria seca de inflorescências, raízes e da parte aérea (Tabela 2). GUNES et al. (2008) também verificaram aumento de produção de matéria seca da parte aérea e de raízes com o fornecimento de Si em girassol. Na cultura do arroz, isso também foi observado por ZANÃO JÚNIOR et al. (2009). Entretanto, em alguns trabalhos, como os de LIANG et al. (1994) e MAUAD et al. (2003), a aplicação de Si não proporcionou alterações significativas na produção de matéria seca de partes vegetativas do arroz, diferentemente das respostas positivas observadas no presente trabalho, no girassol. Segundo ZANÃO JÚNIOR (2007), a ausência de

resposta ao Si em alguns trabalhos talvez se deva às doses baixas utilizadas ou até mesmo doses muito elevadas, pois, segundo BIRCHALL (1995), pode haver a polimerização e produção de partículas coloidais de sílica hidratada (SiO₂.H₂O). Outro fator também levantado por esse autor que também pode contribuir para a ausência de resposta seria a utilização de fontes de Si com baixa solubilidade e o teor de Si no solo ou substrato estar acima do nível crítico. Assim, fontes de Si com maior solubilidade tornam-se importantes em estudos envolvendo esse elemento. KAMENIDOU et al. (2008) avaliaram três fontes de Si na cultura do girassol ornamental e verificaram que três fontes foram eficientes no fornecimento de Si e no aumento da

Tabela 2 - Valores e equações ajustadas para produção de matéria seca das raízes (PMSR), de inflorescências (PMSI) e da parte aérea (PMSPA) e teores de Si nas raízes (TSiR), nas folhas (TSiF) e nas inflorescências (TSiI) de girassol em função de doses de Si aplicadas no substrato. Viçosa-MG, 2007.

| Dose de Si mg vaso ⁻¹ | PMSR | PMSI | PMSPA | TSiR | TSiF | TSiI |
|-------------------------------------|---|------|-------|-------------------------------|-------|------|
| | -----g planta ⁻¹ ----- | | | -----g kg ⁻¹ ----- | | |
| 0,00 | 0,94 | 3,73 | 10,08 | 2,00 | 18,80 | 3,40 |
| 150,00 | 1,24 | 4,29 | 11,64 | 2,50 | 25,90 | 3,60 |
| 300,00 | 1,30 | 4,85 | 12,73 | 3,20 | 30,20 | 3,80 |
| 450,00 | 1,47 | 4,78 | 12,64 | 3,30 | 31,00 | 4,10 |
| 600,00 | 1,29 | 4,48 | 11,98 | 3,60 | 32,80 | 4,20 |
| | -----Equações ajustadas----- | | | | | |
| PMSR | $\hat{y} = 0,94 + 0,0022x - 0,000004x^2; R^2 = 0,93$ | | | | | |
| PMSI | $\hat{y} = 3,69 + 0,0058x - 0,000007x^2; R^2 = 0,97$ | | | | | |
| PMSPA | $\hat{y} = 10,41 + 0,0023x - 0,000003x^2; R^2 = 0,92$ | | | | | |
| TSiR | $\hat{y} = 2,12 + 0,0027x; R^2 = 0,94$ | | | | | |
| TSiF | $\hat{y} = 21,12 + 0,0221x; R^2 = 0,99$ | | | | | |
| TSiI | $\hat{y} = 3,39 + 0,0014x; R^2 = 0,98$ | | | | | |

*Diferença significativa pelo Teste F, a5% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

qualidade da inflorescência. As fontes de Si utilizadas foram casca de arroz carbonizada (100mg kg⁻¹ de Si), silicato de potássio (140mg kg⁻¹ de Si) aplicado uma única vez incorporado ao substrato e aplicado semanalmente no substrato por meio de uma solução de silicato de potássio (50mg L⁻¹ de Si), porém sem mencionar o volume aplicado por vaso e silicato de sódio(100mg L⁻¹ de Si) aplicado semanalmente via foliar.

Houve aumento do diâmetro médio das inflorescências com o aumento das doses de Si ($\hat{y}=8,92+0,0041x+0,000008x^2$; R²=0,93). Segundo SCHOELLHORN et al. (2003) e SLOAN & HARKNESS (2006), as três características mais importantes que influenciam a comercialização do girassol ornamental como flor de corte são: diâmetro da inflorescência e diâmetro e comprimento do caule. Dessa forma, a utilização do Si na fertilização do girassol em vaso parece ser uma alternativa viável, pois, além de aumentar o diâmetro das inflorescências, também aumentou o peso destas.

Todos os benefícios alcançados com aplicação do Si, como aumento da produção de matéria seca e diâmetro de inflorescências e de raízes, foram possíveis porque o girassol absorveu Si e o acumulou nos tecidos foliares (Tabela 2). Houve aumento das folhas após quase 10g kg⁻¹ de Si nas plantas que receberam adubação silicatada em relação àquelas que não receberam, confirmando que o girassol absorve esse elemento. Utilizando-se o critério de MA et al. (2001), o girassol pode ser classificado como planta acumuladora de Si, pois seus teores foliares alcançados superam o equivalente a 10g kg⁻¹ necessários para uma planta ser considerada acumuladora desse elemento. Assim como os teores foliares de Si, os teores desse elemento nas raízes e inflorescências se ajustaram ao modelo linear em função das doses aplicadas no substrato (Tabela 2). Essa informação de que o girassol acumula Si no capítulo é importante, pois encoraja estudos que avaliem a minimização de estresses sofridos pelas inflorescências e até mesmo a longevidade floral em plantas tratadas com esse elemento.

A análise foliar de macronutrientes mostrou que os teores de N, P, K, Ca, Mg e S, em g kg⁻¹, variaram de 23,0-29,0; 11,0-14,0; 41,9-48,9; 41,0-58,0; 8,0-11,0 e 13,0-18,0, respectivamente. Os teores foliares dos micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn, em mg kg⁻¹, variaram entre 108,3-151,3; 19,6-27,2; 217,6-885,9; 744,7-1382,0 e 142,4-240,2. Não há ainda na literatura informações sobre teores foliares de nutrientes adequados para o girassol ornamental. Os dados deste trabalho foram então comparados com os considerados ideais para o girassol cultivado para a produção de grãos, segundo

MARTINEZ et al. (1999). Assim, os teores foliares dos macronutrientes estão adequados, à exceção dos de N, que estão ligeiramente abaixo da faixa. Quanto aos micronutrientes, Cu está com teores abaixo dos considerados adequados e os demais micronutrientes estão acima. Entretanto, não foram observados sintomas visuais de toxidez causada por algum deles ou de deficiência de cobre.

O Si exerceu efeito significativo na produção de massa seca das inflorescências. A produção de máxima eficiência física (MEF) estimada foi de 4,89g planta⁻¹, obtida com a dose de 414,29mg vaso⁻¹ de Si; a partir dessa dose, começou a haver decréscimo na produção (Tabela 2). A produção de máxima eficiência econômica (MEE) foi de 4,40g planta⁻¹, obtida com a dose de 150mg vaso⁻¹ de Si. O aumento na produção por planta até a dose 414,29mg vaso⁻¹ de Si pode ser associado aos efeitos benéficos que esse elemento exerce na redução da transpiração, maior taxa de fotossíntese e eficiência no uso da água por algumas espécies (EPSTEIN, 1999). O decréscimo na produção por planta, a partir da dose de 414,29mg vaso⁻¹ de Si, deve ser investigado mais profundamente, principalmente em relação à salinidade, que não foi avaliada durante a condução do experimento.

CONCLUSÕES

A aplicação de silício no substrato melhorou a produção e qualidade do girassol cultivado em vasos, em casa de vegetação, independentemente se parcelada ou não parcelada, porém variou com a dose. A altura das plantas aumentou com o parcelamento do Si. A produção da matéria seca das inflorescências e das raízes e o diâmetro das inflorescências foram incrementados com a aplicação do Si. Os teores desse elemento na planta também aumentaram com as doses de silicato de potássio aplicadas, confirmando que o girassol absorve e acumula Si em seus tecidos, podendo ser classificado como planta acumuladora deste elemento.

REFERÊNCIAS

- BALASTRA, M.L.F. et. al. Effects of silica level on some properties of *Oriza sativa* straw and hult. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.67, n.8, p.2356-2363, 1989.
- BIRCHALL, J.D. The essentiality of silicon in biology. **Chemical. Society Reviews**, Cambridge, v.24, n.5, p.351-357, 1995.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Resultado de pesquisa da EMBRAPA Soja - 2001: girassol e trigo**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2002. 21p. (Documento n.199).

- EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.50, n.1, p.641-664, 1999.
- GUNES, A. et al. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.39, n.13-14, p.1885-1903, 2008. Disponível em: <<http://www.informaworld.com/smpp/content~db=all~content=a794665338>>. Acesso em: 23 ago. 2008. doi: 10.1080/00103620802134651.
- HODSON, M.J.; SANGSTER, A.G. The interaction between silicon and aluminum in *Sorghum bicolor* (L.) Moench: Growth analysis and x-ray microanalysis. **Annals of Botany**, Oxford, v.72, n.5, p.389-400, 1998.
- KAMENIDOU, S. et al. Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse-produced ornamental sunflowers. **HortScience**, Alexandria, v.43, n.1, p.236-239, 2008.
- KANTO, T. et al. Suppressive effect of potassium silicate on powdery mildew of strawberry in hydroponics. **Journal of General Plant Pathology**, Tokyo, v.70, n.4, p.207-211, 2004. Disponível em: <<http://springerlink.metapress.com/content/2w9q1pf50vn8ma2j/>>. Acesso em: 30 mar. 2008. doi: 10.1007/s10327-004-0117-8.
- KORNDÖRFER, G.H. et al. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 2004. 34p. (Boletim técnico n.2).
- JUO, A.S.R.; SANCHEZ, P.A. Soil nutritional aspects with a view to characterize upland rice environment. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Upland Rice Research**, Los Banos: IRRI, 1986. p.81-95.
- LIANG, Y. et al. Importance of plant species and external silicon concentration to active silicon uptake and transport. **New Phytologist**, Cambridge, v.172, n.1, p.63-72, 2006. Disponível em: <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/118627318/PDFSTAR_T>. Acesso em: 20 mai. 2008. doi: 10.1111/j.1469-8137.2006.01797.
- LIANG, Y. et al. Silicon availability and response of rice and wheat to silicon in calcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.25, n.18, p. 2285-2297, 1994.
- MA, J.F. et al. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L.E. et al. (Ed.). **Silicon in agriculture**. The Netherlands : Elsevier Science, 2001. Cap.2, p.17-39.
- MA, J.F. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v.50, n.1, p.11-18, 2004.
- MARTINEZ, H.E.P. et al. Diagnose foliar. In: RIBEIRO et al. (Ed.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa : CFSEMG, 1999. Cap.17, p.143-168.
- MAUAD, M. et al. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p.867-873, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832003000500011&script=sci_arttext>. Acesso em: 15 mar. 2008. doi: 10.1590/S0100-06832003000500011.
- MCAVOY, R.J. et al. Silicon sprays reduce the incidence and severity of bract necrosis in poinsettia. **HortScience**, Alexandria, v.31, n.7, p.1146-1149, 1996.
- MENZIES, J. et al. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.117, n.6, p.902-905, 1992.
- RAINS, D.W. et al. Active silicon uptake by wheat. **Plant and Soil**, The Hague, v.280, n.1-2, p. 223-228, 2006. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/0xm6233224679p42/fulltext.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2008. doi: 10.1007/s11104-005-3082-x.
- SAVANT, N.K. et al. Silicon management and sustainable rice production. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.58, n.1, p.151-199, 1997.
- SAVVAS, D et al. Effects of silicon and nutrient induced salinity on yield, flower quality and nutrient uptake of gerbera grown in a closed hydroponic system. **Journal of Applied Botany**, Berlin, v.76, n.5-6, p.153-158, 2002.
- SCHNEITER, A.A.; MILLER, J.F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, Madison, v.21, n.6, p.901-903, 1981.
- SCHOELLHORN, R. et al. **Specialty cut flower production guides for Florida: sunflower**. Gainesville: University of Florida, IFAS Extension, 2003. 3p.
- SLOAN, R.C.; HARKNESS, S.S. Field evaluation of pollen-free sunflower cultivars for cut flower production. **HortTechnology**, Alexandria, v.16, n.2, p.324-327, 2006.
- VOOGT, W.; SONNEVELD, C. Silicon in horticultural crops grown in soilless culture. In: DATNOFF, L.E. et al. (Ed.). **Silicon in Agriculture**. The Netherlands : Elsevier Science, 2001. Cap.6, p.115-131.
- TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS/FA/DS, 1995. 174p.
- ZANÃO JÚNIOR, L.A. **Resistência do arroz à mancha-parda mediada por silício e manganês**. 2007. 125f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa.
- ZANÃO JÚNIOR, L.A. et al. Rice resistance to brown spot mediated by silicon and its interaction with manganese. **Journal of Phytopathology**, Göttingen, v.157, n.2, p.73-78, 2009. Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/121402690/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0>>. Acesso em: 15 set. 2008. doi: 10.1111/j.1439-0434.2008.01447.