

## DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE SORGO SACARINO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOLIAR SILICATADA

Everton Griego de Oliveira Sauim<sup>1</sup>, Valdir Zucareli<sup>1</sup>, Leonardo Vieira de Andrade<sup>1</sup>, Adelir Rabaioli<sup>1</sup> e Bruno Teixeira de Sousa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR.  
E-mail: evertonsauim@hotmail.com, valdirzucareli@yahoo.com.br

*RESUMO: Reconhecido como “elemento benéfico” para as plantas, especialmente para gramíneas, o silício proporciona aumentos significativos na taxa fotossintética, melhoria da arquitetura foliar e de outros processos no metabolismo vegetal, tendo como resultado final um aumento na produção. Assim, o presente estudo, objetivou estudar os efeitos da aplicação de silício via foliar no desenvolvimento e na produtividade de sorgo sacarino. O experimento foi instalado em delineamento experimental inteiramente casualizado com 20 tratamentos e 5 repetições. Foi utilizado silicato de potássio ( $K_2SiO_3$ ) nas doses (0; 2; 4; 6; e 8 L ha<sup>-1</sup>). As aplicações foram realizadas aos 23 e 59 dias após a emergência (DAE) da cultura. Avaliou-se matéria fresca e seca de colmos, folhas, panícula e total, além do sólidos solúveis (grau Brix). A aplicação de silicato de potássio via foliar não interferiu no crescimento e na produtividade de plantas de sorgo sacarino.*

*PALAVRAS-CHAVE: Sorghum bicolor, silício, agroenergia.*

## DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF SWEET SORGHUM IN FUNCTION OF FOLIAR SILICATED FERTILIZATION

*ABSTRACT: Recognized as "beneficial element" for the plants, especially grasses, Silicon provides significant increases in photosynthetic rate, improvement of leaf architecture and other processes in plant metabolism, having as final result an increase and higher quality in production. Like most of their application in studies were done with fertilizer applied via soil, was necessary studies regarding the absorption efficiency via foliar. Thus, the present study, aimed to study the effects of Silicon application on growth and foliar route on sorghum yield saccharin. The experiment was installed in completely randomized experimental design with treatments and four replicates. Was used potassium silicate ( $K_2SiO_3$ ) in doses (0; 1; 2; 3; e 4 L ha<sup>-1</sup>). The applications were held to 23 and 59 days after emergence (DAE) of culture. Assessed fresh whole plant matter and separating them into stem, leaf and panicle, besides the Brix content. The application of silicate of potassium via leaf did not interfere in the growth and productivity of sorghum plants saccharin.*

*KEY WORDS: Sorghum bicolor, silicon, agroenergy.*

## INTRODUÇÃO

A obtenção de combustíveis a partir de biomassa tem se estabelecido como um desafio que transita desde políticas governamentais, sustentabilidade ambiental, reflexos sociais, econômicos e obrigatoriamente pesquisas em diferentes áreas do conhecimento. A dependência dos combustíveis fósseis, a propalada extinção da matéria prima petróleo e o

comprometimento da qualidade de vida no planeta, têm motivado a busca por diferentes alternativas (Cunha e Severo Filho, 2010).

Além da cana de açúcar, especial destaque vem sendo dado ao sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de etanol devido à rapidez do ciclo de produção, as facilidades de total mecanização da cultura, o teor relativamente alto de açúcares diretamente fermentáveis contidos no colmo e a versatilidade em termos de fatores climáticos justificam esta posição de destaque em relação à cana de açúcar, podendo então o sorgo sacarino ocupar o espaço de entressafra da cana de açúcar e proporcionar um período anual completo produzindo matéria prima para o etanol (Zhan et al., 2006).

De maneira geral, gramíneas, como o sorgo, caracterizam-se por serem plantas acumuladoras de silício, absorvendo quantidades apreciáveis do elemento. Além disso, a alta variabilidade genética na capacidade de absorção e translocação de silício entre as cultivares é uma característica do comportamento do silício nas diversas espécies vegetais, como demonstrado por Lanning (1960), Nable et al. (1990), Deren et al. (1992) e Winslow (1992) em trigo e aveia.

O silício ainda é um elemento pouco conhecido na agricultura, mas promete crescer muito em importância, com os novos estudos de seu papel na nutrição de algumas plantas comerciais, como arroz, cana-de-açúcar e milho (Korndorfer e Datnoff, 2000). Absorvido pelas raízes junto com a água, o silício tende a acumular-se nas folhas de algumas gramíneas, formando uma barreira protetora contra o ataque de insetos e fungos e regulando a perda de água da planta por evapotranspiração (Marschener, 1995; Epstein, 1999). Em outras palavras, a adubação complementar com silício aumenta a produtividade, reduz gastos com pesticidas e torna a planta conseqüentemente mais resistente ao acamamento (Lima Filho, 2002).

Os efeitos do silício podem ser observados indiretamente na alteração dos componentes de produção, como em arroz; para o qual há diversos estudos que relatam aumento no número de espiguetas por panícula (Ma et al., 1989; Deren et al., 1994), na fertilidade das espiguetas (Barbosa Filho, 1987) e na massa de grãos (Balastra et al., 1989; Carvalho, 2000). No entanto, resultados contraditórios são constatados quanto à avaliação do número de panículas; benefícios do Si encontrados por Takahashi (1995) na cultura do arroz, não foram corroborados por Ma et al. (1989); Deren et al. (1994) e Carvalho (2000).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo estudar o desenvolvimento e produção de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) em função da adubação silicatada.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em área experimental da UEM - Umuarama, classificada como Latossolo Vermelho distrófico típico de textura arenosa (EMBRAPA, 2006).

O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 4 (doses de silicato de potássio x Coleta) totalizando 20 tratamentos e cinco repetições. As doses de silicato de potássio ( $K_2SiO_3$ ) utilizadas foram 0,0 (testemunha, sem silício) 2; 4; 6; e 8 L ha<sup>-1</sup> divididas em duas aplicações, aos 23 e 59 dias após a emergência (DAE).

A análise de solo foi realizada de acordo com Raij et al. (2001), sendo os resultados utilizados para cálculo da recomendação da adubação e calagem. A calagem realizou-se 30 dias antes da semeadura para elevação da saturação por bases a 70% (Raij et al., 1996). A adubação de plantio foi realizada em área total, nesta ocasião, a quantidade de potássio proveniente da fonte silicatada corrigiu-se para compensar a diferença entre os tratamentos, adicionando-se cloreto de potássio (48% de Cl e 60% de  $K_2O$ ).

A semeadura foi realizada manualmente em dezembro de 2013, de modo a obter uma população correspondente a 150.000 plantas por hectare. Durante o desenvolvimento das plantas, realizaram-se tratos culturais e não houve necessidade de aplicação de defensivos.

As parcelas constaram de seis linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas entre si em 0,60 m. Na colheita desprezaram-se como bordaduras as linhas externas e 0,5 m das extremidades das linhas centrais.

Para o estudo do crescimento das plantas realizou-se 4 coletas destrutivas (30, 45, 60 e 75 dias após a semeadura - DAS) sendo coletadas 3 plantas de cada parcela. Em cada coleta foi medido o comprimento e diâmetro de caule, além da massa da matéria fresca e seca de caule, de folhas e total de plantas. As medidas do comprimento de caule foram obtidas com o auxílio de fita métrica graduada em milímetros e as médias expressas em cm sendo o comprimento considerado a medida do colo ao ápice da planta. Para obtenção das massas de matéria seca os caules e folhas das plantas foram separados, colocados em sacos de papel identificados e colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar a 60°C ±3 até a obtenção de massa constante. Então, pesou-se em balança semi-analítica e os resultados expressados em gramas por planta.

Ao final do experimento, foram colhidas manualmente as plantas nas linhas centrais (2 metros) para obtenção da produtividade. O ponto de colheita foi determinado tomando-se como base o teor de sólidos solúveis, altura de plantas e estágio de grão leitoso-pastoso. Após a colheita, pesou-se colmo e folha separadamente e os dados obtidos das plantas foram

transformados em  $t\ ha^{-1}$  para avaliar a produtividade. O teor de sólidos solúveis (grau Brix) foi obtido com auxílio de refratômetro analógico.

Os dados foram submetidos à análise de variância, as medias, para tratamento e para coleta submetidas a análise de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação foliar é uma técnica, onde existem fatores que influenciam seu desempenho. Dentre uma gama de fatores, alguns destes inerentes à solução, podem ser de grande importância, tais como, dose, concentração, pH da solução, forma química e a interação com outros nutrientes, pois para o nutriente ser considerado absorvido deve passar pela membrana celular. A penetração foliar compreende uma fase passiva (penetração cuticular) e uma fase ativa (absorção celular). Para que se obtenham bons resultados, geralmente o nutriente precisa ser translocado para locais de maior demanda da planta (Dechen, 1992).

Na Tabela 1 é possível observar que não houve interação significativa entre os fatores estudados (tratamento e coleta). Também, verificamos que não houve diferença significativa para as doses de silício utilizadas. A ausência de efeito significativo da aplicação de Si sobre o acúmulo de massa fresca, também foram constatadas por Leite (1997) e Cessa (2005) na cultura do milho.

No período de condução do experimento, as plantas de sorgo não sofreram nenhum estresse e a precipitação ocorreu bem distribuída tendo valor acumulado de 608 mm (Cocamar Cooperativa Agroindustrial, 2014) durante o período. Este valor foi superior ao mínimo exigido para a cultura do sorgo, situado entre 450 a 550 mm (Von Pinho e Vasconcelos, 2002). Explicando o motivo pelo qual os tratamentos não surtiram efeito no experimento, pois o Si é um elemento altamente responsivo à ambiente de estresse para as plantas, seja ele biótico ou abiótico (Schmidt et al., 1999; Trenholm et al., 1999; Ma et al., 2001). Diversos autores indicam resultados positivos à aplicação de Si quando as plantas estão sujeitas a diferentes tipos de estresse, como por exemplo, estresse hídrico (Pulz et al., 2008), presença de  $Al^3$  no solo (Wang et al., 2004) e ataque de pragas e doenças (Goussain et al., 2002), o que não foi verificado durante a condução do presente experimento. Mauad et al. (2003) também não verificaram alterações na produtividade do arroz cultivados sob diferentes doses de silício aplicados via solo.

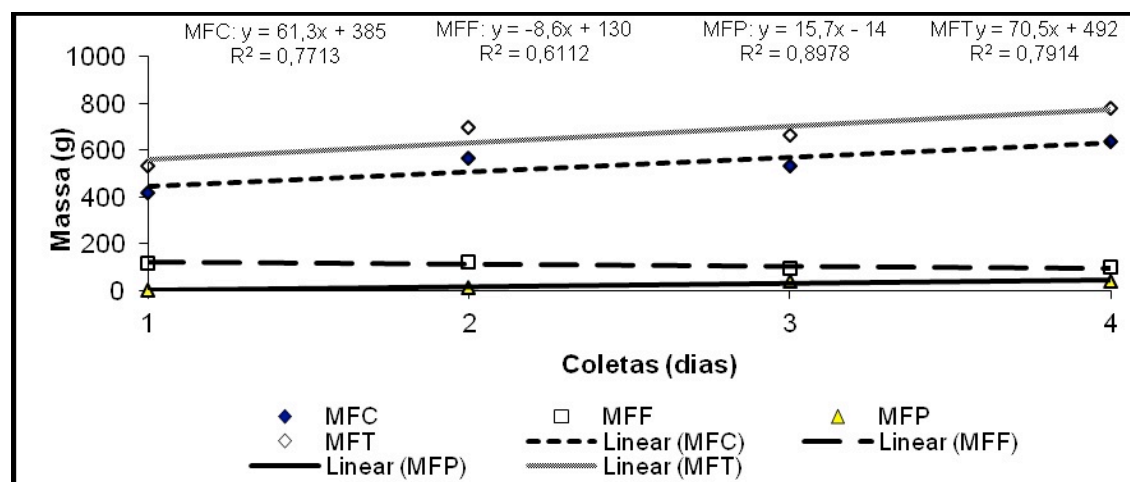
**Tabela 1** - Análise de variância para Massa fresca de caule (MFC), massa fresca de folhas (MFF), massa fresca de panículas (MFP) e massa fresca total (MFT) obtidas a partir de plantas de sorgo sacarino tratadas com diferentes doses de silício e coletadas aos 30, 45, 60 e 75 dias após as emergência - DAE. Umuarama, 2014

Valor F	MFC (g)	MFF (g)	MFP	MFT
Tratamento	012 ns	0,46ns	0,84ns	0,14ns
Coleta	5,23**	3,71*	165**	4,08*
Trat. X Col.	0,30ns	0,45ns	0,90ns	0,28ns
CV (%)	32	29	32	30

n.s.; \* e \*\* significam não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey, respectivamente.

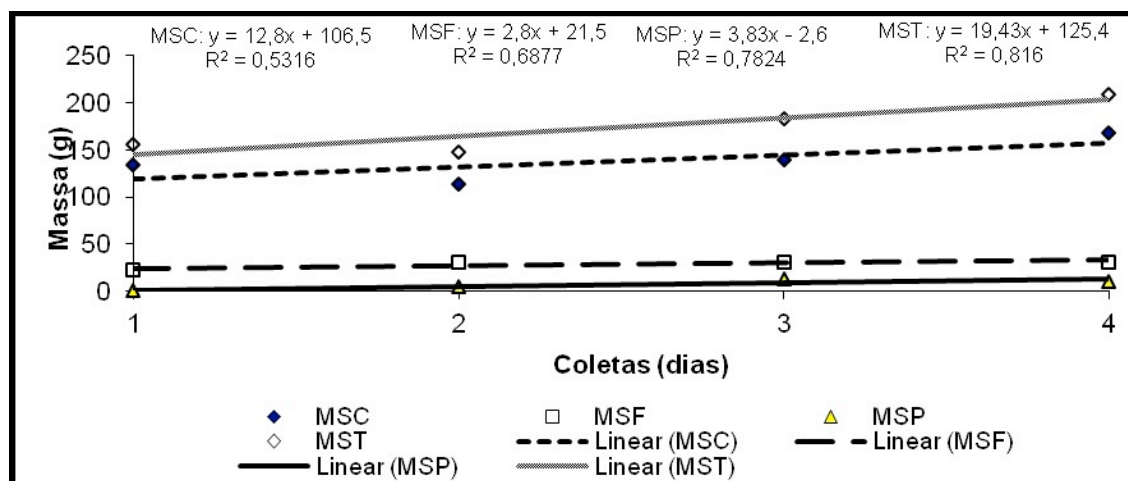
Podemos observar que as médias para o acúmulo de matéria fresca (Figura 1) e matéria seca (Figura 2) de colmos, folhas, panículas e total de plantas, bem como a massa seca, independentemente da aplicação de silício, ajustaram-se a equações lineares crescentes. Tal comportamento é o esperado para o crescimento de plantas, visto que, com o passar do tempo, há o acúmulo de fotoassimilados. Apesar do sorgo, aos 75 dias já estar na fase reprodutiva (R9), verifica-se que ainda apresentava crescimento e aumento da massa. Assim, seriam necessários novos estudos com maior tempo para definir o ciclo da cultura, pois, segundo Von Pinho et al. (2002) o ciclo da cultura é de, aproximadamente, 100 a 130 dias, de acordo com os diferentes híbridos disponíveis.

Diferentemente do encontrado no presente estudo, Lima Filho e Tsai (2007) trabalharam com trigo e arroz, e relatam que em gramíneas acumuladoras, o silício pode promover aumentos nos atributos de crescimento, promovendo aumento na altura da planta.



**Figura 1** - Massa fresca de caule (MFC), massa fresca de folhas (MFF), massa fresca de panículas (MFP) e massa fresca total (MFT) obtidas a partir de plantas de sorgo sacarino coletadas aos 30, 45, 60 e 75 dias após as emergência - DAE. Umuarama, 2014.

Para as massas da matéria seca de caule (MSC), de folha (MSF), de panícula e (MSP) total de plantas (MST) também não foi observado diferença entre as doses de silício, sendo as médias para o crescimento, independente da dose, ao longo do tempo ajustadas a equações lineares crescentes (Figura 2). Carvalho (2000) também não observou variação significativa de massa seca de parte aérea de plantas de arroz quando fertilizadas com doses crescentes de silício via solo.



**Figura 2** - Massa seca de caule (MSC), massa seca de folha (MSF), massa seca de panícula (MSP) e massa seca total (MST) obtidas a partir de plantas de sorgo sacarino coletadas aos 30, 45, 60 e 75 dias após as emergência - DAE. Umuarama, 2014.

Na Tabela 2, é possível observar que ao final do experimento também não houve efeito das doses de silício na produtividade de sorgo sacarino. Tais resultados discordam com o mencionado por Brady, (1992), afirmando que de modo geral, solos arenosos, com alto potencial de lixiviação, são favoráveis à resposta das plantas à aplicação foliar de Si, condição semelhante a do presente estudo.

Nota-se que, independente da adubação silicatada, a produtividade variou entre 45,3 e 51,5 toneladas por hectare, sendo considerada uma boa produtividade. Camacho et al. (2002) mencionam que a produtividade de sorgo sacarino acima do rendimento agrícola fica entre 40 a 50 t ha<sup>-1</sup>. A produção média de folhas e de colmo de sorgo deste experimento foi de 5,9 t ha<sup>-1</sup> e 42,6 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo superiores aos relatados por Marchezan (1987), que em experimento com sorgo sacarino em Santa Maria-RS obteve rendimento médio de 5,02 t ha<sup>-1</sup> de folhas e 31,50 t ha<sup>-1</sup> de colmo.

Também, na Tabela 2, verifica-se que o teor de sólidos solúveis no sorgo sacarino no momento da colheita (113 dias após a emergência) apresentava-se em torno de 21° brix. Tais

resultados são semelhantes aos citados por Almodares e Hadi (2009), que obtiveram sorgo sacarino com °brix variando de 16 até 23%.

**Tabela 2** - Médias para massa fresca de caule (MFC), massa fresca de folha (MFF), massa fresca total (MFT) (em toneladas por hectare) e graus BRIX, obtidas a partir de plantas de sorgo sacarino cultivadas com doses de adubação silicatada foliar. Umuarama, 2014

Tratamento	MFC (t ha <sup>-1</sup> )	MFF (t ha <sup>-1</sup> )	MFT (t ha <sup>-1</sup> )	Brix (graus)
T1	39,8	5,5	45,3	21,3
T2	45,1	6,4	51,5	21,4
T3	40,1	5,7	45,8	22,1
T4	44,6	6,1	50,7	21,0
T5	43,3	5,9	49,2	22,6
Valor F	0,50 ns	0,62ns	0,50ns	1,07ns
CV (%)	23	19	23	6,06

ns: não significativo pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Com base nos resultados, novos experimentos devem ser feitos para verificar a eficácia do uso de silício foliar em sorgo sacarino.

## CONCLUSÃO

A utilização de silicato de potássio (K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) via foliar não interferiu no crescimento e na produtividade de sorgo sacarino.

## REFERÊNCIAS

- ALMODARES, A.; HADI, M.R. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. **African Journal of Agricultural Research**, Isfahan, v.4, n.9, p.772-780, 2009.
- BALASTRA, M.L.F.; PEREZ, C.M.; JULIANO, B.O.; VILLREAL, P. Effects of sílica level on some properties of Oriza sativa straw and hult. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.67, n.8, p.2356-2363, 1989.
- BARBOSA FILHO, M.P. Nutrição e adubação do arroz. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 1987. 127p.
- BRADY, N.C. **The nature and properties of soil**. 10<sup>a</sup> ed. New York, Edition Macmillan Publishing Co. 1992. 200p.
- CAMACHO, R.; MALAVOLTA, E.; GUEIREIRO-ALVES, J.; CAMACHO, T. Vegetative growth of grain sorghum in response to phosphorus nutrition. **Scientia Agrícola**. Pelotas, v.59, n.4. p.771-776, 2002.
- 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**. Botucatu, 2000. 119p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

CESSA, R.M.A. **Absorção de fósforo e crescimento do sorgo em função da pré-aplicação de silício em um Latossolo Vermelho distroférrico**. Dourados, 2005. 55p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.

COCAMAR COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL. **Relatório do controle da precipitação mensal das unidades**. Ano de referencia: 2014. Disponível em: <<http://sunweb.cocamar.com.br/cgi-bin/wspd.cgi.sh/WService=wsprod01/cpp/wcpp010r.e.htm>>. Acesso em 25 Mar. 2014.

CUNHA, S.P.; SEVERO FILHO, W.A.S. Avanços tecnológicos na obtenção de etanol a partir de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v.14, n.2, p.69-75, 2010.

DECHEN, A.R. Adubação, produtividade e ecologia. Campinas: **Fundação Cargill**, 1992. 425p.

DEREN, L.W.; DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H. Variable silicon content of rice cultivars grown on everglades histosols. **Journal of Plant Nutrition**, Florida, v.15, n.11, p.2363-2368, 1992.

DEREN, L.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**, Florida v.34, p.733-737, 1994.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings National of Academy Science**, Washington, v.91, n.1, p.11-17, 1994.

GOUSSAIN, M.M.; MORAES, J.C.; CARVALHO, J.G.; NOGUEIRA, N.L.; ROSSI, M.L. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, n.2, p.305-310, 2002.

KORNDÖRFER G.H.; DATNOFF, L.E. Papel do silício na produção da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE CANA-DE-AÇÚCAR DE PIRACICABA, 200, 2000, Piracicaba. Anais. Piracicaba: **SECAP**, 5p.

KORNDÖRFER, G.H. et al. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.5, p.635-641, 1999.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. **STAB Açúcar e Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.21, n.1, p.6-9, 2002.

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



LEITE, P.C. **Interação silício-fósforo em Latossolo roxo cultivado com sorgo em casa de vegetação**. Viçosa, 1997. 87p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa.

LIMA FILHO, O.F. Silício: produtividade com qualidade na lavoura. **Revista Terra**, Dourados, p.28-29, 2002.

LIMA FILHO, O.F.; TSAI, S.M. Crescimento e produção do trigo e da aveia-branca suplementados com silício. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2007. 34p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 41).

MA, J.F.; MIYAKE Y.; TAKAHASHI E. Silicon as a benefic element for crop plants. In: Datnoff LE, Snyder GH & Korndorfer GH (Eds.) **Silicon in agriculture**. Amsterdam, Elsevier. p.17-39, 2001.

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

MA, J.F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Plant Science**, Oxford, v.11, n.8, p.392-397, 2006.

MARCHEZAN, E. Resultados do Ensaio Nacional do Sorgo em Santa Maria, RS. Reunião Técnica Anual do Sorgo, XVI, 1987. **Anais**. Pelotas, 1987.

MARSCHENER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London, Academic Press, 920p. 1995.

MAUAD M.; GRASSI FILHO H.; CRUSCIOL C.A.C.; CORRÊA JC. 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**, Botucatu, v.27, p.867-873, 2003.

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

PULZ A.L.; CRUSCIOL C.A.C.; LEMOS L.B.; SORATTO R.P. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Botucatu, v.32 p.1651-1659, 2008.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem no Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas Instituto Agrônômico, 1996. 300p.

SCHMIDT, R.E.; ZHANG, X.E.; CHALMERS D.R. Response of photosynthesis and superoxide dimutase to silica applied to creeping bentgrass grown under two fertility levels. **Journal of Plant Nutrition**, v.22, p.1763-1773, 1999.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATUSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Eds.). **Science of rice plant physiology**. Tokio: Nobunkyo, p.420-433, 1995.

TRENHOLM, L.E.; DUNCAN, R.R.; CARROW, R.N.; SNYDER, G.H. Influence of silica on growth, quality, and wear tolerance of seashore paspalun. **Journal of Plant Nutrition**, v.22 p.1763-1773, 1999.

VON PINHO, R.G.V.; VASCONCELOS, R.C. **Cultura do sorgo**. Lavras: UFLA, 2002. 35 e 76p.

ZHAN, X.; WANG, D.; BEAN, S.R.; MO, X.; SUN, X.S.; BOYLE, D. Ethanol production from supercritical-fluid-extrusion cooked sorghum. **Industrial Crops and Products**, Amsterdã, v.23, n.2, p.304-310, 2006.

WANG Y.; STASS, A.; HORS, T.W. Apoplastic Binding of Aluminum Is Involved in Silicon-Induced Amelioration of Aluminum Toxicity in Maize. **Plant Physiology Preview**, v.136, n.3, p.3762-3770, 2004.

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