

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997

v.6, n.1, p.59-64, jan.-mar., 2011

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 902 - 08/04/2010 *Aprovado em 07/12/2010

DOI:10.5039/agraria.v6i1a902

Wanderson B. Moraes^{1,4}

Waldir C. de Jesus Junior^{1,5}

Willian B. Moraes²

Gláucio L. Araujo¹

Antonio F. de Souza³

Márcia V. da Silva¹

Aplicação de silicato de potássio e crescimento foliar da cana-de-açúcar

RESUMO

Avaliou-se o efeito da aplicação de doses crescentes de silicato de potássio sobre o crescimento foliar da cana-de-açúcar em condições controladas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições e seis tratamentos constituídos por doses de silicato de potássio (0, 40, 80, 160, 200 e 240 g L⁻¹). A aplicação foliar de silicato de potássio influenciou de forma quadrática o crescimento foliar da cana-de-açúcar. O máximo crescimento de área foliar e produção de matéria seca das folhas foram obtidos com as doses de 66,6 e 40,0 g L⁻¹ de silicato de potássio, respectivamente. Na dose de 51,0 g L⁻¹ de silicato de potássio, obteve-se o máximo valor estimado da razão de área foliar. O teor de potássio (K) presente na matéria seca da folha +1 respondeu de forma linear às doses de silicato de potássio. Entretanto, o elevado teor de K em função da aplicação de altas doses de silicato de potássio reduziu o crescimento foliar da cana-de-açúcar. Portanto, para a obtenção do máximo crescimento foliar da cana-de-açúcar, a dose de silicato de potássio a ser aplicada deve estar compreendida entre 40,0 e 66,6 g L⁻¹.

Palavras-chave: Fertilização foliar, nutrição mineral, *Saccharum* spp., silício.

Application of potassium silicate and leaf growth of sugarcane

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of increasing doses of potassium silicate on the leaf growth of sugarcane under controlled conditions. The experiment was conducted in a completely randomized design, with six replications and six treatments consisting of doses of potassium silicate (0, 40, 80, 160, 200 and 240 g L⁻¹). The leaf application of potassium silicate quadratically increased the leaf growth of sugarcane. The maximum growth of the leaf area and dry matter production of leaves were obtained with doses of 66.6 and 40.0 g L⁻¹ of potassium silicate, respectively. With a dose of 51.0 g L⁻¹ of potassium silicate, the maximum estimated value of leaf area ratio was obtained. The content of potassium (K) present in the dry matter of the leaf +1 responded linearly to the doses of potassium silicate. However, the high concentration of K in function of the application of high doses of potassium silicate reduced the leaf growth of sugarcane. Therefore, to obtain the maximum leaf growth of sugarcane the dose of potassium silicate to be applied should be between 40.0 and 66.6 g L⁻¹.

Key words: Leaf fertilization, mineral nutrition, *Saccharum* spp., silicon.

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Produção Vegetal, Alto universitário s/n, Centro, CEP 29500-000, Alegre-ES, Brasil. Caixa Postal 16. Fone: (28) 3552-8943/8901. E-mail:

wandersonbucker@yahoo.com.br; wcintra@cca.ufes.br;

glaucio_araujo@yahoo.com.br;

marcinhavarela@hotmail.com

² Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, Departamento de Defesa Fitossanitária, Fazenda Experimental Lageado, Lageado, CEP 18610-307, Botucatu-SP, Brasil. Caixa Postal 237. Fone: (14) 3811-7167. E-mail:

moraeswb@hotmail.com

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Santa Teresa, Rodovia ES 080, Km 21, São João de Petrópolis, CEP 29650-000, Santa Teresa- ES, Brasil. Fone: (27) 3259-7817. Fax: (27) 3259-7879. E-mail: antoniofs@ifes.edu.br

⁴ Bolsista de Iniciação Científica do CNPq

⁵ Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

INTRODUÇÃO

O silício (Si), embora não seja um elemento essencial às plantas, é considerado agronomicamente benéfico, proporcionando melhorias nutricionais, incremento na produção e qualidade dos produtos agrícolas e maior tolerância ao déficit hídrico. Além disso, vem sendo apontado como uma alternativa promissora no manejo de doenças e pragas, principalmente em gramíneas (Korndörfer & Datnoff, 1995).

A cana-de-açúcar é uma das culturas que responde favoravelmente ao suprimento de Si particularmente quando cultivada em solos deficientes nesse elemento, de tal modo que fontes de Si têm sido incluídas na adubação da cultura, visando garantir a sustentabilidade de sua produção na região dos cerrados (Korndörfer et al., 2002). O Si é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, e a maioria dos solos contém consideráveis quantidades de Si. Entretanto, cultivos consecutivos de cana-de-açúcar podem reduzir o nível deste elemento no solo até um ponto em que o seu fornecimento se torne necessário para a obtenção de máximas produções (Korndörfer et al., 2002). Ross et al. (1974) relataram uma remoção de 408 kg.ha⁻¹ de Si para uma produtividade de 74 t ha⁻¹ de cana-de-açúcar (folhas + colmos). Com o resultado desta enorme exportação de Si, uma redução temporária do Si “disponível” no solo pode ocorrer, tornando assim necessário seu fornecimento via fertilização silicatada.

Prado et al. (2003) relataram que a aplicação de escória de siderurgia, produto a base de silicato de cálcio, proporcionou o aumento linear da produção de colmos de cana-de-açúcar. Estes autores também verificaram o incremento quadrático da altura das plantas de cana-de-açúcar, além do efeito residual positivo sobre a produção da cana soqueira. Korndörfer et al. (2002) verificaram que o uso de silicato de cálcio na dose de 7,1 e 14,2 t ha⁻¹ proporcionaram aumentos de 13,9 e 18,2 t ha⁻¹ da produção da cana-de-açúcar, durante um ciclo de seis anos de avaliação.

O Si é um elemento considerado pouco móvel nas plantas (Ma et al., 2001; Korndörfer et al., 2002). Desta forma, o fornecimento de Si via adubação foliar pode facilitar a absorção deste elemento na parte aérea das plantas, favorecendo assim o seu acúmulo na folha. O intuito de se pesquisar sobre o fornecimento foliar de Si é de descobrir alternativas viáveis de fertilização do nutriente, através da utilização de menores quantidades, que possam suprir as plantas de Si ou então estimular seus efeitos benéficos (Buck et al, 2008). Adicionalmente, devem ser identificadas doses que sejam fitotóxicas à cultura e que, conseqüentemente, promovam reduções na produtividade.

O silicato de potássio (K₂SiO₃) líquido e solúvel é uma das fontes mais utilizadas para o fornecimento de Si via aplicações foliares em plantas (Zenão Júnior et al., 2009). Devido à importância do silício para a cana-de-açúcar e o potencial do silicato de potássio como fonte deste elemento via adubação foliar, é de fundamental importância a busca por doses adequadas para a aplicação deste produto, visando obter o máximo crescimento da cana-de-açúcar e a identificação de possíveis doses que sejam tóxicas a esta cultura.

O estudo do crescimento foliar da cana-de-açúcar permite correlacioná-la com o seu potencial produtivo, seja em massa seca, quantidade de açúcar ou taxas de crescimento (Oliveira et al., 2007). Nesse sentido o conhecimento da dinâmica de crescimento da área foliar, produção de matéria seca das folhas e razão de área foliar da cana-de-açúcar após a aplicação de doses de silicato de potássio, permitirá uma melhor compreensão do efeito do silicato de potássio sobre o crescimento da cana-de-açúcar.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses crescentes de silicato de potássio sobre o crescimento foliar da cana-de-açúcar em condições controladas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre – ES. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 6 repetições e 6 tratamentos constituídos por doses crescentes de silicato de potássio. Cada unidade experimental foi composta por um vaso contendo uma planta.

Plantio da cana-de-açúcar e aplicação dos tratamentos

O plantio dos toletes da cultivar de cana-de-açúcar RB956911 foi realizado diretamente em vasos plásticos contendo 12 kg de solo (Latossolo Vermelho-Amarelo distroférico). Essa classe de solo foi escolhida entre outras, por apresentar baixos teores de silício disponível (6,4 mg.kg⁻¹), característica favorável para um estudo utilizando a fertilização silicatada.

O produto utilizado como fonte de silicato de potássio contém 13% de K₂O, 26,6% de SiO₂ e menos de 0,5% de Na₂O. Os tratamentos testados foram constituídos por: T0 = testemunha, sem aplicação de silicato de potássio; T1 = aplicação de 40 g L⁻¹ de silicato de potássio; T2 = aplicação de 80 g L⁻¹ de silicato de potássio; T3 = aplicação de 160 g L⁻¹ de silicato de potássio; T4 = aplicação de 200 g L⁻¹ de silicato de potássio; T5 = aplicação de 240 g L⁻¹ de silicato de potássio. As soluções de silicato de potássio foram aplicadas na face abaxial e adaxial das folhas da cana-de-açúcar aos 120 dias após o plantio, empregando-se pulverizador manual.

Avaliação do crescimento foliar da cana-de-açúcar e teor foliar de silício e potássio

As variáveis de crescimento avaliadas foram: área foliar (AF, cm²), matéria seca das folhas (MSF, g), e razão de área foliar (RAF, cm² g⁻¹). A avaliação destas variáveis foi realizada 30 dias após a aplicação dos tratamentos. A área foliar foi determinada por meio da contagem do número de folhas verdes (folha totalmente expandida com o mínimo de 20% de área verde), contada a partir da folha +1 (abaixo da última bainha visível), e pelas medições do comprimento e largura das folhas +1 (na porção mediana da folha), segundo metodologia descrita por Hermann & Câmara (1999):

$$AF = C \times L \times (N + 2) \times 0,75 \text{ (cm}^2\text{)}$$

em que: AF - área foliar em cm², C - comprimento da folha + 1 (cm), L - largura da folha + 1 (cm), N - número de folhas abertas com pelo menos 20% da área foliar verde, e 0,75 - fator de correção para área foliar da cultura.

Para determinar a matéria seca das folhas e o teor foliar de silício e potássio, as plantas de cana-de-açúcar foram cortadas rente ao solo, identificadas e levadas ao laboratório. As folhas coletadas das plantas de cada parcela experimental foram lavadas com água destilada e secas a 70 °C em estufa com ventilação de ar forçada, onde permaneceram até atingir peso constante para a obtenção da MSF. Posteriormente, as folhas (+1) de cada planta foram trituradas em moinho com peneira de 20 mesh. O teor foliar de silício presente na matéria seca da folha +1 foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Korndörfer et al. (2004) e o de potássio por digestão nitroperclórica.

Com os dados de AF e MSF estimou-se a razão de área foliar, empregando a seguinte expressão (Benincasa et al., 1988):

$$RAF = AF \times MSF^{-1} \quad (\text{cm}^2 \text{ g}^{-1})$$

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e análise de regressão, testando-se, neste caso, os modelos linear e quadrático. Os critérios para escolha dos modelos de regressão foram baseados no maior coeficiente de determinação, significância dos coeficientes de regressão a 5% de probabilidade pelo teste t, e significado biológico do modelo. Foram consideradas como variáveis independentes as doses de silicato de potássio e como variáveis dependentes a área foliar, a matéria seca das folhas, a razão de área foliar e o teor foliar de silício e potássio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito de doses de silicato de potássio sobre o crescimento da área foliar (AF, cm²) das plantas de cana-de-açúcar (Figura 1). Observou-se que a área foliar das plantas tratadas com doses crescentes de silicato de potássio teve comportamento quadrático, sendo obtido com a dose de 66,6 g L⁻¹ de silicato de potássio o máximo valor estimado de 1464,8 cm² planta⁻¹. O acréscimo da AF obtido na dose observada como ponto de máximo foi da ordem de 4,6% em relação à testemunha. Para as maiores doses de silicato de potássio foi observada uma significativa redução da área foliar (Figura 1). Adicionalmente, observaram-se sintomas de fitoxidez nas folhas de plantas de cana-de-açúcar tratadas com doses superiores a 40 g L⁻¹ de silicato de potássio. Portanto, verifica-se acentuada redução do crescimento foliar da cana-de-açúcar e um efeito fitotóxico em função da aplicação de altas doses de silicato de potássio. Entretanto, é importante ressaltar que as doses de silicato de potássio empregadas nestes tratamentos encontram-se acima dos valores utilizados por diversos autores em cana-de-açúcar e outras culturas de importância econômica (Wangen, 2007; Buck et al, 2008; Pereira et al, 2009; Zenão Júnior et al., 2009).

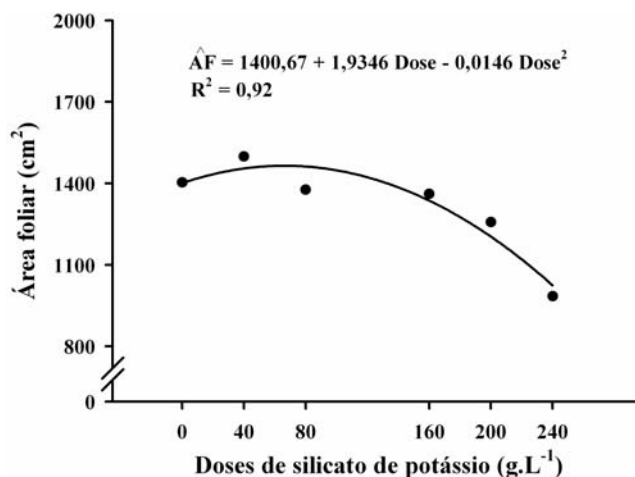


Figura 1. Efeito da aplicação de doses crescentes de silicato de potássio sobre a área foliar (AF, cm²) de cana-de-açúcar

Figure 1. Effect of increasing doses of potassium silicate on the leaf area (AF, cm²) of sugar cane

A produção da matéria seca das folhas (MSF) foi influenciada pelo efeito da aplicação das doses de silicato de potássio (Figura 2). Observou-se, através da regressão com modelo quadrático, que houve aumento da produção da MSF apenas na dose de 40 g L⁻¹ de silicato de potássio (Figura 2). Adicionalmente, houve acentuada redução nos valores de MSF, em função do efeito fitotóxico da aplicação de altas doses de silicato de potássio.

Para a dose de silicato de potássio observada como ponto de máxima (40 g L⁻¹ de silicato de potássio), o valor estimado da MSF foi de 6 g planta⁻¹. Portanto, verificou-se na dose de 40 g L⁻¹ acréscimo de apenas 0,8% nos valores da MSF em relação à testemunha. O parcelamento da aplicação do silicato de potássio, visando prolongar o fornecimento do Si à cana-de-açúcar, é uma das possíveis estratégias a serem adotadas para maximizar o rendimento da cana-de-açúcar e otimizar o uso do silicato de potássio. Relatos na literatura evidenciam que o aumento do número de aplicações de silicato de potássio pode proporcionar maiores ganhos na produtividade das culturas. Wangen (2007) verificou que a aplicação foliar de silicato de potássio em diferentes esquemas de pulverizações (uma, duas e três aplicações de 8,2 L ha⁻¹ de silicato de potássio) aumentou a produtividade da cana-de-açúcar (25,9; 105,4 e 117,6%) e o teor de açúcar (28,1; 106,6 e 121,9%).

A aplicação de silicato de potássio também influenciou de forma quadrática a razão de área foliar (RAF) de plantas de cana-de-açúcar (Figura 3). Com a dose de 51 g L⁻¹ de silicato de potássio, obteve-se o valor máximo estimado de 239,7 cm².g⁻¹ por planta. O aumento da RAF advém da maior alocação de assimilados para síntese de folhas que resulta em maiores valores de razão de peso da folha e/ou do crescimento da área foliar, podendo ambos serem em função da melhoria do estado nutricional das plantas (Poorter, 1989). Prado & Fernandes (2000) verificaram que a aplicação de escória de siderurgia,

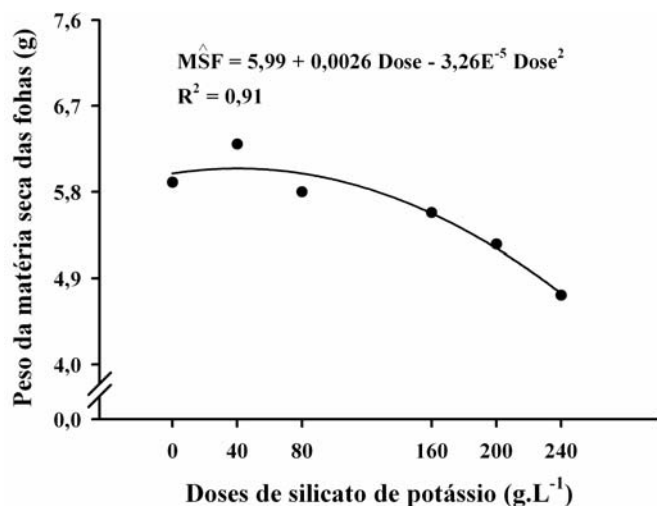


Figura 2. Efeito da aplicação de doses crescentes de silicato de potássio sobre o peso da matéria seca das folhas (MSF, g) de cana-de-açúcar

Figure 2. Effect of increasing doses of potassium silicate on leaves dry matter (MSF, g) of sugarcane

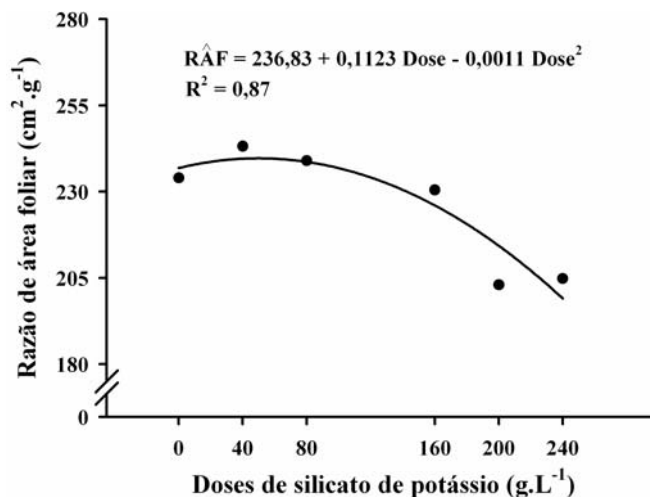


Figura 3. Efeito da aplicação de doses crescentes de silicato de potássio sobre a razão de área foliar (RAF, cm².g⁻¹) de cana-de-açúcar

Figure 3. Effect of increasing doses of potassium silicate on the leaf area ratio (RAF, cm².g⁻¹) of sugarcane

produto à base de silicato de cálcio reduziu a senescência das folhas de cana-de-açúcar de 35,6 para 26,9%. Para esses autores, o uso da escória de siderurgia como fonte de Si para essa cultura pode incrementar a taxa de fotossíntese em razão da redução da senescência foliar, prolongando assim a vida útil da folha.

Os efeitos benéficos do silicato de potássio no crescimento foliar da cana-de-açúcar, observado nas doses verificadas como ponto de máxima, deve-se tanto a ação do silício quanto do potássio. Com relação à aplicação de potássio, não existem dúvidas quanto às respostas positivas da utilização deste elemento no aumento da produtividade da cana-de-açúcar. Rossetto et al. (2004) observaram respostas lineares à aplicação de potássio em cana-de-açúcar, tanto em cana-planta como em soqueiras. O potássio é o nutriente exportado em maior quantidade pela cana-de-açúcar, na ordem de 210 kg de K₂O para 100 t de colmos produzidos. Santos et al. (1979) verificaram que a adubação com até 440 kg de K₂O ha⁻¹ elevou a produtividade e o teor de açúcar teórico recuperável da cana-de-açúcar.

Relatos feitos na literatura sobre o efeito do Si na produção da cana-de-açúcar têm demonstrado resultados consistentes com relação aos efeitos positivos do Si no desenvolvimento da cana-de-açúcar (Korndorfer et al., 2002). Elawad et al. (1982) relataram estreita relação entre a aplicação da escória de siderurgia, utilizada como fonte de Si, e a produção de colmos da cana-de-açúcar. Estes autores verificaram que a aplicação de 15 t ha⁻¹ de escória de siderurgia aumentou 68% a produtividade desta cultura. Datnoff et al. (2001) verificaram que a aplicação de silicato de cálcio no plantio da cultura aumentou de 11 a 16% a produção da cana planta, e de 11 a 20% a produção da cana soca. Kingston et al. (2005) relataram que a aplicação de 9 e 12 t ha⁻¹ de silicato de cálcio

aumentaram a produtividade da cana-de-açúcar em 32 e 35%, respectivamente.

Entretanto, é importante salientar que a aplicação de elevadas doses de silicato de potássio empregadas neste estudo reduziu significativamente os valores de todas as variáveis de crescimento foliar analisadas.

O teor foliar de potássio respondeu de forma linear e positiva às doses crescentes de silicato de potássio, com valores variando de 0,9 a 2,1% (Figura 4). Portanto, verificou-se na maior dose de silicato de potássio um acréscimo de 143,7% nos valores do teor foliar de K em comparação à testemunha. Este aumento do teor foliar de K possivelmente está associado à acentuada redução do crescimento foliar da cana-de-açúcar. Os teores médios de K presente na matéria seca da folha +1 das plantas tratadas com 0, 40 e 80 g L⁻¹ de silicato de potássio encontram-se dentro do intervalo de 1,0-1,6%, considerado adequado por Raij et al. (1996). Entretanto, os teores foliares de K observados nas plantas tratadas com doses superiores a 80 g L⁻¹ de silicato de potássio encontram-se acima do limite considerado adequado para a cana-de-açúcar (Raij et al., 1996).

Embora a menor concentração foliar de Si tenha sido verificada nas folhas das plantas testemunhas, não houve efeito significativo da aplicação das doses de silicato de potássio empregadas neste estudo sobre o teor foliar de Si. Portanto, o teor foliar de K presente na matéria seca da folha +1 em níveis acima do considerado adequado para a cana-de-açúcar seria uma das possíveis explicações para a redução do crescimento da AF e da produção da MSF, verificadas com a aplicação de doses superiores a 80 g L⁻¹ de silicato de potássio. Adicionalmente, além desta redução, têm-se os sintomas de fitoxidéz observados nas folhas de cana-de-açúcar tratadas com doses superiores a 40 g L⁻¹ de silicato de potássio.

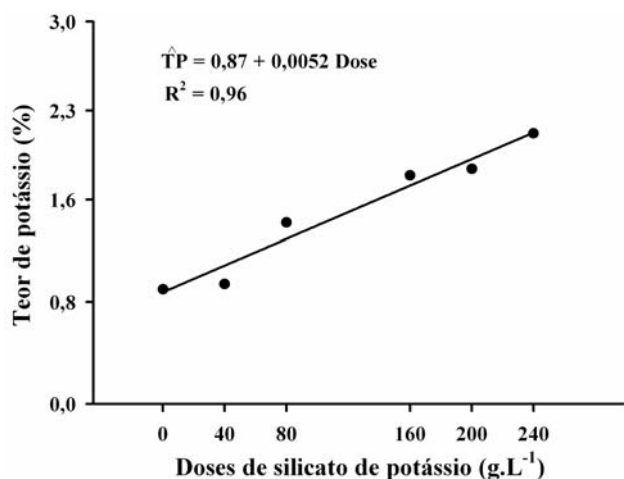


Figura 4. Teor de potássio na matéria seca da folha +1 (TP, %) de cana-de-açúcar em função da aplicação foliar de doses de silicato de potássio

Figure 4. Potassium content in the +1 leaf dry matter (TP, %) of sugarcane in function of the leaf application of doses of potassium silicate

Aventa-se a hipótese de que o grande acúmulo de K na superfície foliar tenha aumentado o gradiente osmótico na região extracelular e reduzido o potencial hídrico. Isto provavelmente ocasionou a maior absorção destes solutos e a perda da água do protoplasma celular por um processo conhecido como ajustamento osmótico (Prisco, 1980). A desidratação dos tecidos provoca a diminuição da respiração e de todas as outras atividades metabólicas que culminam com a redução do fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada do crescimento do vegetal (Carvalho & Nakagawa, 2000).

Assim, a redução acentuada do crescimento foliar observada com a aplicação de doses superiores a 80 g L⁻¹ de silicato de potássio deve-se, provavelmente, ao efeito tóxico do K, resultante da elevada concentração de íons (K⁺) no protoplasma celular, e à desidratação dos tecidos ocasionada pela “seca fisiológica produzida” (Tobe et al., 2000). Silva et al. (2001) observaram que o aumento da dose de cloreto de potássio comprometeu o crescimento do sistema radicular e a absorção de água e nutrientes pelo pimentão. Segundo esses autores, o crescimento da cultura foi reduzido devido à formação de um ambiente salino em torno do sistema radicular provocado pela alta concentração de K⁺ no solo. Portanto, a potencialização dos efeitos depressivos do elevado acúmulo de K proporcionada pela aplicação de altas doses de silicato de potássio, possivelmente contribuiu para a redução do crescimento foliar da cana-de-açúcar.

CONCLUSÕES

A aplicação de silicato de potássio influenciou o crescimento foliar da cana-de-açúcar. A dose de silicato de potássio para obtenção do máximo crescimento foliar da cana-de-açúcar está compreendida entre 40 e 66,6 g L⁻¹. O

fornecimento de doses de silicato de potássio superiores a estas reduz significativamente o crescimento foliar da cana-de-açúcar.

O teor foliar de potássio respondeu de forma linear e positiva às doses crescentes de silicato de potássio. Entretanto, elevados teores foliares de potássio em função da aplicação de altas doses de silicato de potássio foram fitotóxicos e reduziram o crescimento foliar da cana-de-açúcar.

LITERATURA CITADA

- Benincasa, M.M.P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: Funep, 1988. 42p.
- Buck, G.B.; Korndörfer, G.H.; Nolla, A.; Coelho, L. Potassium silicate as foliar spray and rice blast control. *Journal of Plant Nutrition*, v.31, n.2, p.231-237, 2008. [Crossref](#)
- Carvalho, N.M.; Nakagawa, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.
- Datnoff, L.E.; Snyder, G.H.; Korndörfer, G.H. Silicon in Agriculture. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. 403p.
- Elawad, S.H.; Street, J.J.; Gascho, G.J. Response of sugarcane to silicate source: and rate. I. Growth and yield. *Agronomy Journal*, v.74, n.3, p.481-484, 1982. [Crossref](#)
- Hermann, E.R.; Câmara, G.M.S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. *Stab. Açúcar, Álcool & Subprodutos*, v.17, n.5, p.32-34, 1999.
- Kingston, G.; Berthelsen, S.; Hurney, A.P.; Rudd, A.; Noble, A.D. Impact of calcium silicate amendments on sugarcane yield and soil properties in Queensland Australia. In: *Silicon in Agriculture Conference*, 3, 2005, Uberlândia. *Proceedings...* Uberlândia: UFU/ICIAG, 2005. 152p.
- Korndörfer, G.H.; Pereira, H.S.; Camargo, M.S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. *Revista STAB*, v. 21, n. 2, p. 6-9, 2002.
- Korndörfer, G.H.; Pereira, H.S.; Nolla, A. Análise de silício: solo, planta e fertilizante. Uberlândia-MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2004. 50p. (Boletim Técnico, 2).
- Korndörfer, G.H.; Datnoff, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. *Informações Agrônomicas*, v. 70, n. 70, p. 1-5, 1995.
- 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. Silicon in Agriculture*. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. p. 17-39.
- Oliveira, R.A.; Daros, E.; Zambon, J.L.C.; Weber, H.; Ido, O.T.; Bepalhok Filho, J.C.; Ribas, K.C.Z.; Silva, D.K.T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.
- Pereira, S.C.; Rodrigues, F.A.; Carré-Missio, V.; Oliveira, M.G.A.; Zambolim, L. Aplicação foliar de silício na resistência da soja à ferrugem e na atividade de enzimas de defesa. *Tropical Plant Pathology*, v.34, n.3, p.164-170, 2009.
- Poorter, H. Interspecific variation in relative growth rate: on ecological causes and physiological consequences. In: *Lambers, H.; Cambridge, M.L.; Konings, H.; Pons, T.L. (Eds.). Causes and consequences of variation in growth*

- rate and productivity of higher plants. Netherlands: Academic Publishing, 1989. p.45-67.
- Prado, R.M.; Fernandes, F.M. Escória de siderurgia e calcário na taxa de folhas senescentes na cultura da cana-de-açúcar. *Revista de Agricultura*, v.75, n.3, p.311-321, 2000.
- Prado, R.M.; Fernandes, F.M.; Natale, W. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.2, p.287-296, 2003. [Crossref](#)
- Prisco, J.T. Alguns aspectos da fisiologia do “stress” salino. *Revista Brasileira de Botânica*, v.3, n.1, p.85-94, 1980.
- Raij, B. van; Cantarella, H. Outras culturas industriais. In: Raij, B. van; Cantarella, H.; Quaggio, J.A.; Furlani, A.M.C. (Eds.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p.233-236.
- Ross, L.; Nababsing, P.; Cheong, W.Y. Residual effect of calcium silicate applied to sugarcane soils. In: *International Congress of the Society Sugarcane Technology*, 15., 1974, Durban. *Proceedings*. Durban: Society Sugarcane Technology, 1974. p. 539-542.
- Rossetto, R.; Spironello, A.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. Calagem para cana-de-açúcar e sua interação com doses de Potássio. *Bragantia*, v.63, n.1, p.105-119, 2004. [Crossref](#)
- Santos, M.A.C.; Sobral, A.F.; Cordeiro, D.A.; Araújo, J.D.L. Adubação da cana-de-açúcar: resumo informativo. Carpina: IAA/PLANALSUCAR, 1979. 3p.
- Silva, M.A.G.; Boaretto, A.E.; Fernandes, H.G.; Boaretto, R.; Melo, A.M.T.; Scivittaro, W.B. Características químicas de um latossolo adubado com uréia e cloreto de potássio em ambiente protegido. *Scientia Agricola*, v.58, n.3, p.561-566, 2001. [Crossref](#)
- Tobe, K.; Li, X.; Omasa, K. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae). *Annals of Botany*, v.85, n.3, p.391-396, 2000. [Crossref](#)
- Wangen, D.R.B. Silício na produtividade e no controle da cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata* Stål em cana-de-açúcar. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2007. 66p. Dissertação Mestrado.
- Zenão Júnior, L.A.; Fontes, R.L.F.; Avila, V.T. Aplicação do silício para aumentar a resistência do arroz à mancha-parda. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.2, p.203-206, 2009. [Crossref](#)