

Atributos químicos do solo e produção da cana-de-açúcar em resposta ao silicato de cálcio

Attributes of chemical soil and production of sugar cane in response to calcium silicate

Juarez Junior Dias dos Reis¹, Alessandra Mayumi Tokura Alovise², José Augusto Andrade Ferreira³, Alves Alexandre Alovise⁴ e Cezesundo Ferreira Gomes⁵

¹ Mais Básica Sementes Ltda; Rua Álvares Cabral, 340, Bairro Petrópolis; Passo Fundo/RS/Brasil; 99050-070; E-mail: jreis@maisbasica.com.

² Universidade Federal da Grande Dourados; Faculdade de Ciências Agrárias; rodovia Dourados à Itahum, km 12, caixa postal 533; Dourados/MS/Brasil; 79804-970; E-mail: alessandraalovisi@ufgd.edu.br, author for correspondence.

³ Avenida Weimar G. Torres, 894, Centro; Dourados/MS/Brasil; 79800-020; E-mail: jandraderferreira@yahoo.com.br.

⁴ SNP Consultoria; Condomínio Agrícola Novo Horizonte, rua Antônio Emílio de Figueiredo, 1758, 1º andar, sala 102; Dourados/MS/Brasil; 79802-020; E-mail: alves@snpconsultoria.eng.br.

⁵ Faculdade Anhanguera de Dourados; Rua Manoel Santiago, 1155, Dourados/MS/Brasil; 79825-150; E-mail: cezes@hotmail.com.

Recebido/Received: 2012.03.27

Aceitação/Accepted: 2013.01.31

RESUMO

O uso do silicato de cálcio na agricultura brasileira é restrito, embora seja um destino viável economicamente para aproveitamento de parte desse subproduto da siderurgia que nas últimas décadas, vem se acumulando com o crescimento do parque siderúrgico brasileiro. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de doses de silicato de cálcio nos atributos químicos do solo e produção da cana-de-açúcar. O estudo foi realizado no campo, adotando-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos de doses distintas de silicato de cálcio (0, 700, 1400, 2800, 5600 kg ha⁻¹). O silicato de cálcio adicionado ao solo favoreceu o aumento do pH, Ca, Mg, Fe, Mn, SB, CTC e V% do solo e diminui os teores de (H+Al), MO, Zn, Cu e Si. A aplicação de silicato de cálcio proporcionou incrementos significativos na produção da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Nutrientes, resíduo industrial, *Saccharum officinarum*

ABSTRACT

The use of calcium silicate in Brazilian agriculture is restricted, although it is an economically viable target for the use of part of these by-products of steel industry in recent decades, has been accumulating with the growth of Brazilian steel park. The objective of this study was to evaluate the effect of doses of calcium silicate in the chemical soil properties and production of cane sugar. The work was conducted in the field, adopting the experimental design of randomized blocks with four replicates, the treatments consisted of different doses of calcium silicate (0, 700, 1400, 2800, 5600 kg ha⁻¹). The study was conducted in the field, adopting the experimental design of randomized blocks with four replicates, the treatments consisted of different doses of calcium silicate (0, 700, 1400, 2800, 5600 kg ha⁻¹). The calcium silicate added to the soil favored the increase in pH, Ca, Mg, Fe, Mn, SB, CTC and V% of the soil and decreases the levels of (H + Al), MO, Zn, Cu and Si. The application of calcium silicate provided significant increases in production of cane sugar.

Keywords: Nutrients, industrial waste, *Saccharum officinarum*

Introdução

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) destaca-se no Brasil, pela sua importância econômica e social como fonte de energia. Esta cultura vem apresentando significativa expansão em sua área cultivada, assim, aspectos como produção, eficiência, lucratividade e sustentabilidade, são itens da maior

relevância para quem deseja obter sucesso em sua produção.

Savant *et al.* (1999) observaram fatores que indicam a importância do silício (Si) na nutrição e na produção da cana-de-açúcar. Embora, o Si não seja considerado um elemento essencial, os baixos teores em algumas classes de solos podem limitar a produção dessa monocultura, devido à alta extração desse elemento do

solo ao longo dos ciclos da cultura (Camargo, 2011). Escórias de siderurgia, mais conhecida como silicato de cálcio e/ou magnésio, são fontes abundantes e baratas, que podem ser utilizadas como corretivo de acidez do solo e fonte de silício. Segundo Korndörfer *et al.* (2003), o silicato pode ser utilizado em substituição total ou parcial à aplicação de calcário na cultura da cana-de-açúcar.

Os benefícios da utilização do silicato nas propriedades químicas do solo estão relacionados à elevação do pH, dos teores de cálcio e magnésio, CTC, V% e diminuição da acidez potencial (Prado *et al.*, 2003).

Quanto à produção, a fertilização com silicatos em cana-de-açúcar, demonstra resultados consistentes. Por exemplo, Korndörfer *et al.* (2002) obtiveram aumento de produção de cana-planta de 14 t ha⁻¹ (toneladas por hectare) com a utilização de 4 t ha⁻¹ de metassilicato de cálcio. Gurgel (1979) aplicou três toneladas de silicato de cálcio, no plantio da cana-de-açúcar e observou o aumento entre 6,4% e 16% na produção de colmos do primeiro e segundo cortes, respectivamente.

Outra vantagem da aplicação do silício refere-se a um maior índice de folhas eretas das plantas, o que implica maior interceptação da radiação solar, refletindo em maior taxa fotossintética, com prováveis ganhos em termos de produção de biomassa (Korndörfer e Datnoff, 1995).

Para avaliar o potencial do silicato de cálcio para ser empregado na cultura da cana-de-açúcar, há necessidade de acompanhar os efeitos na produção da cultura, uma vez que os materiais corretivos podem afetar a fertilidade do solo, a disponibilidade dos elementos e, conseqüentemente, a absorção e translocação de nutrientes.

A partir dessas informações, realizou-se um ensaio em condições de campo, com o objetivo de avaliar o efeito do silicato de cálcio na produção da cana-de-açúcar, bem como sobre os atributos químicos do solo.

Material e Métodos

O ensaio foi conduzido em condições de campo na Fazenda Escola da Faculdade Anhanguera de Dourados – FAD, no município de Dourados, estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, geograficamente definida pelas coordenadas 22° 13' 16" de Latitude sul e 54° 18' 20" de Longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 430 m (Brasil, 1992).

O solo na qual foi instalado o ensaio caracteriza-se como Latossolo Vermelho distrófico, com relevo plano a suave ondulado.

Coletaram-se amostras do solo nas camadas de (0,0-0,2 e 0,2-0,4 m). As amostras de solo secas ao ar foram destorroadas e passadas em peneiras de 2,0 mm, constituindo a Terra Fina Seca ao ar (TFSA) para caracterização química, determinado segundo método descrito por Claessen (1997), cujos resultados estão apresentados no Quadro 1.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, os tratamentos foram constituídos de doses distintas de silicato de cálcio. As doses de silicato de cálcio foram: 0, 700, 1400, 2800, 5600 kg ha⁻¹. O silicato de cálcio apresentava as seguintes características químicas: 57,4 g kg⁻¹ de Si; 292,4 g kg⁻¹ de Ca; 43,62 g kg⁻¹ de Mg; 24,7 g kg⁻¹ de Mn; 261,8 g kg⁻¹ de Fe e 90,5% de poder de neutralização.

As parcelas experimentais foram constituídas por seis linhas espaçadas de 1,30 m e com 7,5 m de comprimento, totalizando 1, 170 m² de área total. As bordaduras entre parcelas foram de 2,0 m. A área útil da parcela ficou constituída pelas três linhas centrais com 4 metros de comprimento perfazendo 312 m².

O preparo do solo foi realizado por meio de gradagem. Durante o preparo do solo, aplicaram-se as doses de silicato de cálcio manualmente a lança, incorporado com grade niveladora, a fim de proporcionar um maior revolvimento do produto no solo. O sulcamento foi realizado mecanicamente, na profundidade de 0,2 – 0,3 m.

Posteriormente, realizou-se a plantação da cana-de-açúcar, variedade SB803250, em 31-07-07, procurando deixar 15 gemas por metro linear de sulco. Todas as parcelas receberam adubação química, baseada na análise de solo, sendo aplicado no sulco de plantação 650 kg ha⁻¹ de um adubo composto de NPK (08-20-12). Não houve necessidade de nenhum tipo de controle de pragas e doenças durante a condução do trabalho, sendo feito apenas o controle de plantas infestantes, através de capinas realizadas manualmente, sempre que necessário, e irrigação por aspersão com objetivo de suprir qualquer déficit hídrico.

A colheita da cana-de-açúcar foi realizada manualmente, na área útil, sete meses após a plantação. Logo após o corte, as plantas foram divididas em ponteiro (palmito + folhas) e colmos, sendo pesados somente os colmos.

Após a colheita da cana, aos 210 dias, coletaram-se amostras de terra, sendo coletadas cinco amostras simples para compor uma amostra composta em cada parcela, nas profundidades de 0,0 - 0,2 e 0,2 - 0,4 m. As amostras de solo foram analisadas quimicamente, para determinação de pH, Ca, Mg, Al, K e P. Também foram realizados as determinações da acidez potencial (H +Al) e carbono orgânico (MO).

Quadro 1 - Atributos químicos iniciais do solo utilizado no ensaio (Dourados, MS, 2007).

Prof. m	pH água	Al cmol _c dm ⁻³	H+Al g kg ⁻¹	MO mg kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	S ----- mmol _c dm ⁻³	Ca ----- mmol _c dm ⁻³	Mg ----- mmol _c dm ⁻³	K ----- mmol _c dm ⁻³	SB ----- mmol _c dm ⁻³	CTC ----- mmol _c dm ⁻³	V %	Si mgdm ⁻³	Fe ----- mmol _c dm ⁻³	Mn ----- mmol _c dm ⁻³	Zn ----- mmol _c dm ⁻³	Cu ----- mmol _c dm ⁻³	B ----- mmol _c dm ⁻³
0,0-0,2	6,3	0	43	35	38	7	67	28	5,6	101	144	70	23,7	5,0	86,6	2,7	3,7	0,8
0,2-0,4	5,6	0	43	28	18	-	63	26	3,2	92	135	68	28,4	-	-	-	-	-

pH em água (1:2,5); Ca, Mg e Al = KCl 1 N; P, K, Cu, Fe, Mn e Zn = Mehlich 1; (H+Al) = estimado pelo pH SMP; B = água quente; CO = Walkley – Black.

Os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn foram extraídos pelo Mehlich-1, conforme Raij e Quaggio (1983). Extrauiu-se o silício com CaCl₂ (Korndörfer *et al.*, 2004). Os resultados obtidos, em cada variável analisada, foram submetidos a análise de variância, com vistas em avaliar a significância ou não do teste F, com o auxílio do pacote computacional SISVAR (Ferreira, 2000). Após atenderem as premissas procedeu-se a análise de regressão de cada variável, a fim de analisar o efeito das doses, usando o programa estatístico ASSISTAT (Silva e Azevedo, 2006).

Resultados e Discussão

Atributos Químicos do Solo

A aplicação de silicato de cálcio promoveu aumentos significativos nos valores de pH, e nos teores de cálcio

e magnésio, onde os maiores valores foram encontrados na camada de 0,0 – 0,2 m (Figuras 1 A, B e C), e redução da acidez potencial (H + Al) (Figura 1 D).

Estes resultados são condizentes, ao alto poder reativo do silicato de cálcio (Prado *et al.*, 2002; Alcarde e Radella, 2003; Prado *et al.*, 2003). Segundo Ribeiro *et al.* (1986), esse material apresenta propriedade corretiva da acidez do solo, semelhante à do calcário, isto se deve pela presença da constituinte neutralizante (SiO₃²⁻).

O aumento nos teores de Ca e Mg nas duas profundidades analisadas (Figuras 1 B e C), foi devido à adição direta desses nutrientes com a aplicação do silicato.

O aumento nos teores de fósforo com as doses de silicato de cálcio (Figura 2 A) pode ser explicado pela adsorção do silício e, ou, interação Si-P no solo. A similaridade química das duas formas aniônicas de P e Si, H₂PO₄⁻ e H₃SiO₄⁻¹, respectivamente, é grandemen-

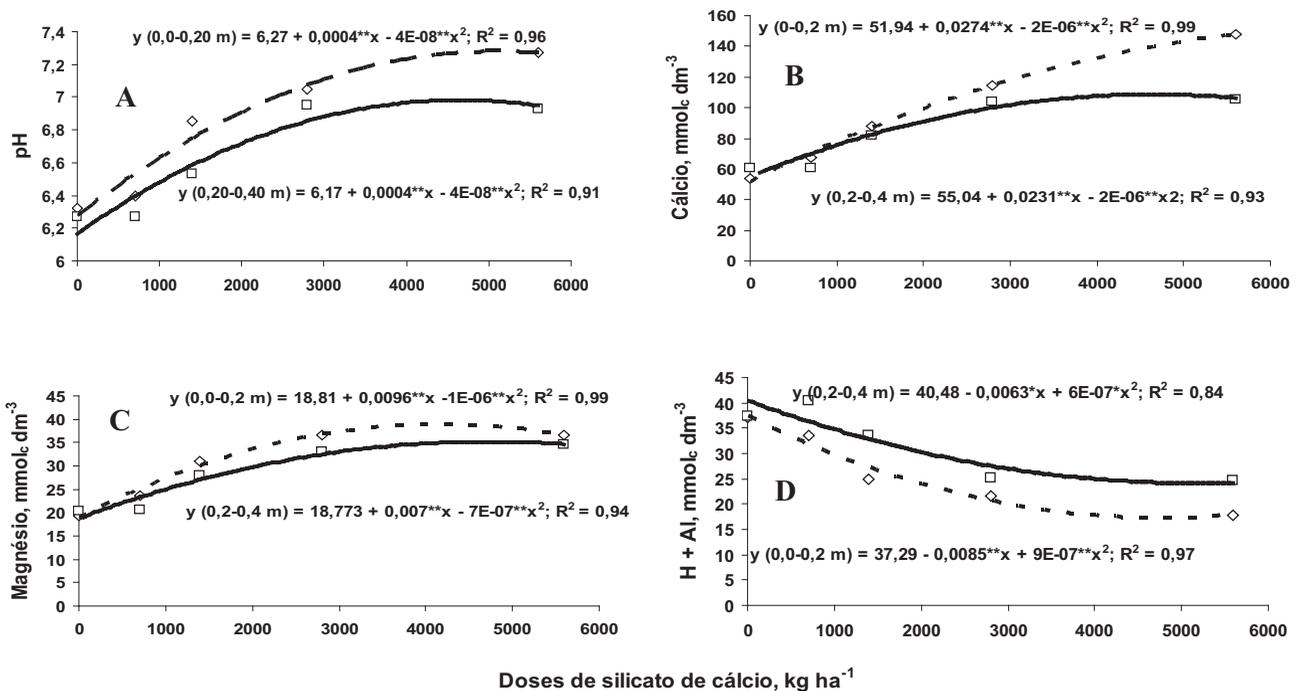


Figura 1 - Valores de pH do solo (A), cálcio (B), magnésio (C) e acidez potencial (D) sob aplicação de doses de silicato de cálcio em um Latossolo Vermelho distrófico, nas profundidades de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m (*, ** significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente).

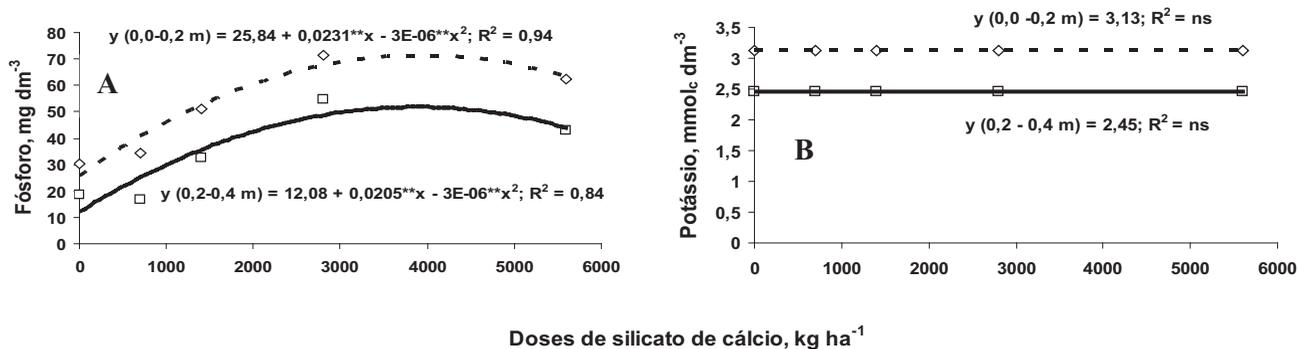


Figura 2 - Efeito de doses de silicato de cálcio, sobre os teores de P (A) e K (B), em amostras de solo nas profundidades de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m (ns, ** não significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente).

te responsável por isto (Hingston *et al.*, 1972; McKeague e Cline, 1963). Assim, o silício ao ser adsorvido nas superfícies oxídicas, dificultaria a adsorção do fósforo, aumentando a disponibilidade do nutriente para as plantas. Entretanto, observa-se que a partir de três toneladas por hectare, há uma redução no teor de P, o que pode ser explicado pela precipitação do P com o cálcio.

Segundo Raji (2004), a maior disponibilidade de fósforo no solo está na faixa de pH em H₂O de 5,5 a 6,8, trata-se das condições que permitem a combinação das maiores solubilidades, ao mesmo tempo, de fosfato de Al, Fe e Ca. A partir da adição de três toneladas por ha⁻¹ de silicato, o pH do solo ficou próximo de 7,0

e conforme aumentou a disponibilidade do corretivo, houve um aumento no valor de pH (Figura 1A) e redução na disposição de fósforo (Figura 2 A).

Para o nutriente potássio, não houve diferença estatística com a aplicação do silicato de cálcio (Figura 2 B). Houve diferença significativa no teor de matéria orgânica com aplicação de silicato de cálcio (Figura 3A). Os teores de matéria orgânica, como esperado, foram mais altos na camada de 0-0,2 m. Independente da profundidade, observa-se que, praticamente o teor de matéria orgânica diminui com o aumento das doses de silicato, provavelmente, em valores mais altos de pH, tenha contribuído para o aumento da população de microrganismos responsáveis pela de-

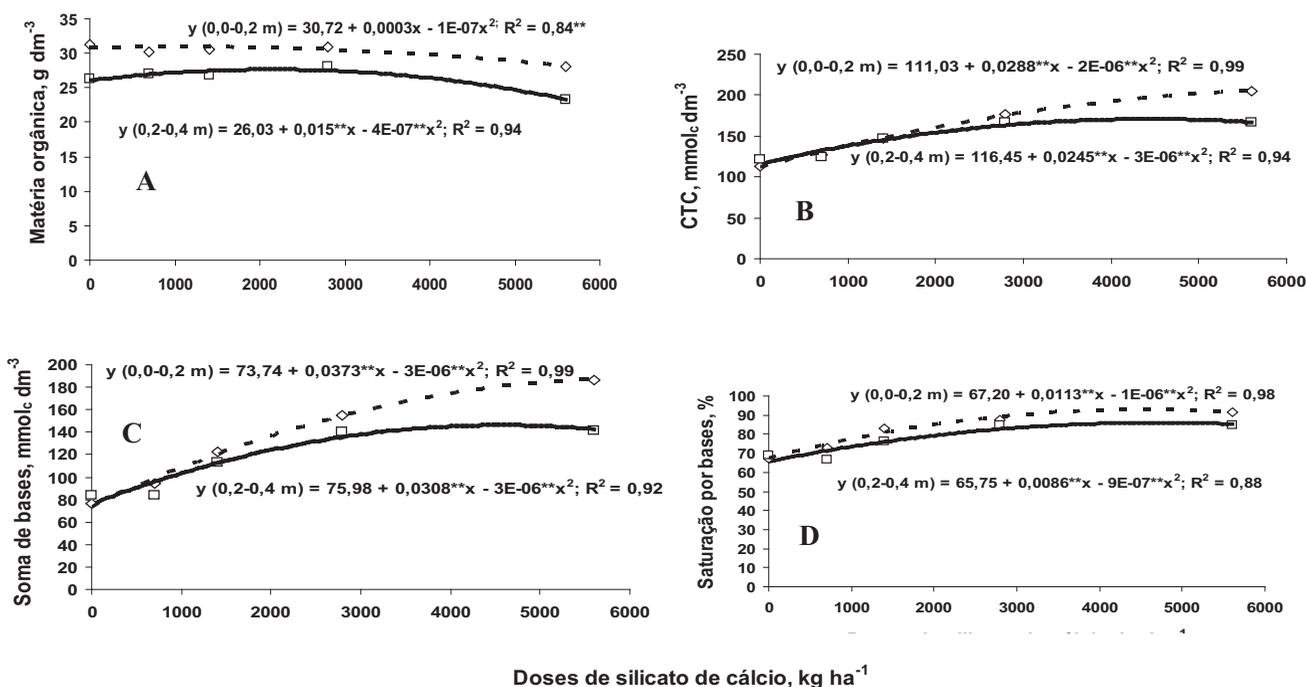


Figura 3 - Efeito de doses de silicato de cálcio, sobre o teor de matéria orgânica (A), CTC (B), soma de bases (C) e a saturação por bases (D), em amostras de solo nas profundidades de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m (**significativo a 1% de probabilidade).

composição da matéria orgânica, pois os microrganismos decompositores são ativados com o aumento de pH e com aplicação de nutrientes (Furtini Neto *et al.*, 2001). Outro fator que pode ter contribuído para a redução da matéria orgânica do solo foi a mobilização do solo para a incorporação do silicato de cálcio no início do estudo. Segundo Balesdent *et al.* (2000) o revolvimento do solo diminui o teor de carbono orgânico devido à exposição aos microrganismos.

Observou-se, como o esperado, um acréscimo nos valores de CTC, SB e V% (Figuras 3 B, C e D), provavelmente, pela adição direta de Ca e Mg no momento da adição do corretivo ao solo.

Dos micronutrientes analisados, observa-se aumento nos teores de ferro e manganês no solo (Figuras 4A e B), e decréscimo nos teores de zinco e cobre com a adição do silicato de cálcio (Figuras 4C e D). Para o elemento boro não houve diferença, apresentando teor médio de 0,76 mg dm⁻³.

Sabe-se que o pH do solo constitui um dos fatores que mais influenciam a disponibilidade de nutrientes. Desta forma, para os micronutrientes Fe, Cu, Mn e Zn, a sua disponibilidade decresce com o aumento do pH (Furtini Neto *et al.*, 2001). Entretanto, observa-se que somente as disponibilidades de Cu e Zn decresceram com o aumento do pH. Isso pode ser explicado pelo fornecimento de Fe e Mn juntamente com a adição do silicato, visto que, tem em sua composição: 24,7 g kg⁻¹ de Mn e 261,8 g kg⁻¹ de Fe. Uma segunda

hipótese se deve a complexação desses micronutrientes catiônicos com matéria orgânica aumentando a sua disponibilidade.

Embora os teores de Zn e Cu decresçam com o aumento das doses de silicato de cálcio (Figura 4 C e D), esses elementos encontram-se em concentrações suficientes para suprir as necessidades nutricionais da cana-soca.

Para o silício, Korndorfer *et al.* (2001) consideram como nível satisfatório, 20 mg dm⁻³, ou seja, para o solo em estudo o teor de Si no solo antes da aplicação do silicato de cálcio já apresentava um teor adequado, principalmente, na camada de 0,2 – 0,4 m (Quadro 1). E conforme se observa na Figura 5, o teor de Si no solo decresce, à medida que aumenta as doses do corretivo. Este fato pode ser explicado em parte, pela maior presença de Ca²⁺ na solução, o qual estaria complexando parte do Si. Outro fator importante que contribui para a diminuição dos teores de Si no solo é a extração do elemento por culturas acumuladoras (Lima Filho *et al.*, 1999), como a cana-de-açúcar.

Avaliação da Produção

A produção aumentou significativamente e de forma linear com as doses de silicato de cálcio (Figura 6). Este resultado mostra que a cana-de-açúcar foi altamente responsiva à correção do solo com silicato de cálcio.

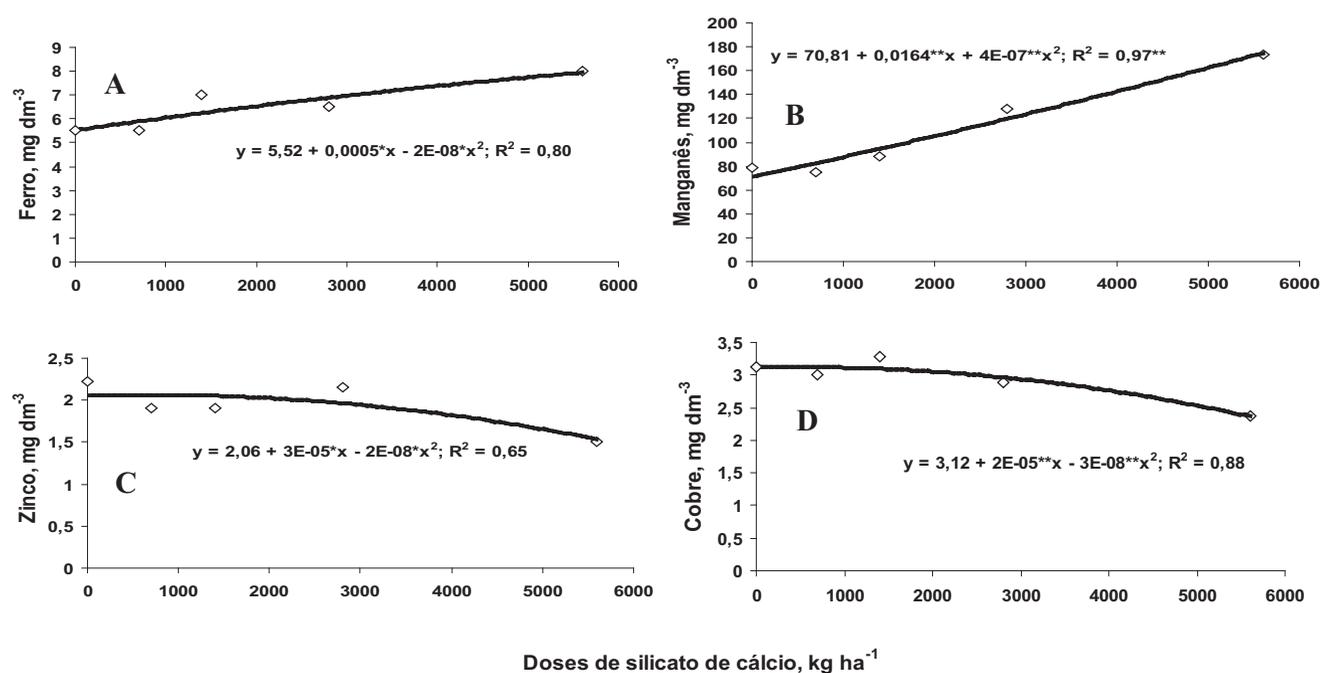


Figura 4 - Efeito de doses de silicato de cálcio, sobre os teores de ferro (A), Manganês (B), Zinco (C) e Cobre (D), em amostras de solo na profundidade de 0,0-0,2 m (*, ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente).

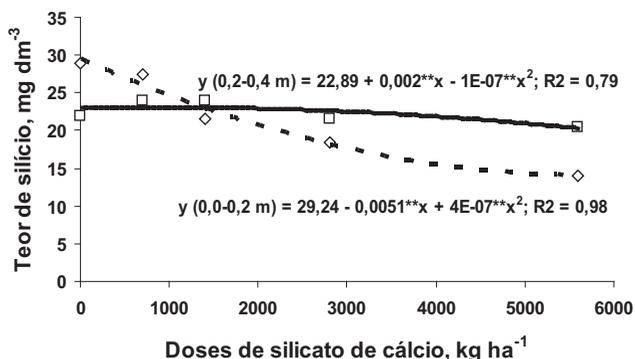


Figura 5 - Efeito de doses de silicato de cálcio, sobre o teor de silício, em amostras de solo nas profundidades de 0,0-0,2 m e 0,2-0,4 m (** significativo a 1% de probabilidade).

Resultados semelhantes foram descritos por Prado e Fernandes (2001). Anderson *et al.* (1987) e Elawad *et al.* (1982) também encontraram efeito positivo da aplicação de silicato na produção da cana-de-açúcar, porém, para doses acima da maior dose utilizada no ensaio (5600 kg ha⁻¹). Contudo a produção encontrada por esses autores aumentou de forma quadrática, com o aumento das doses de silicato, indicando um efeito depressivo em doses acima de 15 t ha⁻¹.

O aumento na produção da cana pode ser atribuído a ação corretiva da acidez do solo, promovida pela ação do íon silicato e aumento da disponibilidade de Ca e Mg (Figura 1 B e C) para as plantas, melhorando assim as condições químicas do solo, para o desenvolvimento da cana-de-açúcar. Segundo Barbosa Filho *et al.* (2001), em áreas de cerrado alguns solos podem ser deficientes em Ca e Mg, sem que apresentem problemas com o alumínio. Assim, a simples adição de Ca e Mg aos solos é suficiente para elevar os teores desses nutrientes no solo e promover aumentos na produção das culturas. Uma das causas deste efeito é o papel do cálcio no crescimento radicular (Ritchey *et al.*, 1982).

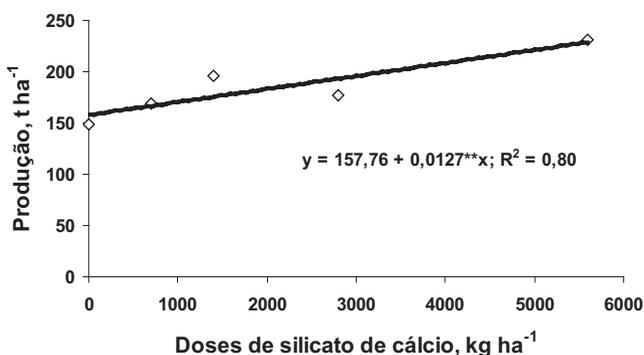


Figura 6 - Produção da cana-de-açúcar, em função das doses de silicato de cálcio aplicadas ao solo (**significativo a 1% pelo teste de t).

Conclusões

O estudo efetuado permitiu concluir que:

- O silicato de cálcio adicionado ao solo favoreceu o aumento do pH, Ca, Mg, Fe, Mn, SB, CTC e V% do solo, diminuí os teores de (H+Al), MO, Zn, Cu e Si.
- A aplicação de silicato de cálcio no solo proporcionou incrementos significativos na produção da cana-de-açúcar.

Agradecimentos

Ao Engenheiro Agrônomo Cássio Miranda Nunes e a auxiliar técnica Rosângela Ioris, pela colaboração nas análises químicas do solo.

Referências Bibliográficas

- Alcarde, J.A. e Rodella, A.A. (2003) - Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. *In*: Curi, N.; Marques, J.J.; Guilherme, L.R.G.; Lima, J.M. de; Lopes, A.S. e Alvares V.V.H. (Eds.) - *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 291-334.
- Anderson, D.L.; Jones, D.B. e Snyder, G.H. (1987) - Response of a rice-sugarcane rotation to calcium silicate slag on Everglades Histosols. *Agronomy Journal*, 79:531-535.
- Balesdent, J.; Chenu, C. e Balabane, M. (2000) - Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and Tillage Research*, 53: 215-230.
- Barbosa Filho, M.P.; Snyder, G.H.; Elliott, C.L. e Dattnoff, L.E. (2001) - Evaluation of soil test procedures for determining rice-available silicon. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32: 1779-1792.
- Brasil (1992) - *Normais climatológicas: 1961-1990*. Brasília, Instituto Nacional de Meteorologia, Departamento Nacional de Meteorologia, 84 p.
- Camargo, M.S. de (2011) - *Silício em cana-de-açúcar* (em linha). Piracicaba, Polo Regional Centro Sul do Brasil, Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Apta regional (Pesquisa & Tecnologia, v. 8, n. 2, Jul-Dez). (Acesso em: 19 Janeiro 2011). Disponível em < <http://www.aptaregional.sp.gov.br/artigos> > .
- Claessen, M.E.E (Org.) (1997) - *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro, Embrapa-CNPQ. 212 p. (Embrapa-CNPQ. Documentos, 1).

- Elawad, S.H.; Gascho, G.J. e Street, J.J. (1982) - Response of sugarcane to silicate source and rate. I. Growth and yield. *Agronomy Journal*, 74:481-483.
- Ferreira, D.F. (2000) - Análises estatísticas por meio de SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windons versão 4.0. *Anais da 45ª Reunião Anual da Região Brasileira Sociedade Internacional de Biometria*. São Carlos, UFSCar, p. 255-258.
- Furtini Neto, A.E.; Vale, F.R. do; Resende, A.V. de; Guilherme, L.R.G. e Guedes, G.A. de. A. (2001) - *Fertilidade do Solo*. Lavras, UFLA/FAEPE, 252 p.
- Gurgel, M.N.A. (1979) - *Efeitos do silicato de cálcio e sua interação com fósforo no estado nutricional, produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar*. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Brasil, 62 p.
- Hingston, F.J.; Posner, A.M. e Quirk, J.P. (1972) - Anion adsorption by goethite na gibbsite. I. The role of the próton in determining adsorptions envelopes. *Journal of Soil Science.*, 23: 177-192.
- Korndörfer, G.H. e Datnoff, L.E. (1995) - Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças de cana-de-açúcar e do arroz. *Informações agrônômicas*, 70: 1-3.
- Korndörfer, G.H.; Snyder, G.S.; Ulloa, M. e Datnoff, L.E. (2001) - Calibration of soil and plant silicon analysis for rice production. *Journal of Plant Nutrition*, 24, 7: 1071-1084.
- Korndörfer, G.H.; Pereira, H.S. e Camargo, M.S. (2002) - Papel do silício na produção da cana-de-açúcar. *Revista STAB*, Piracicaba/SP, 21, 1: 6-9.
- Korndörfer, G.H.; Pereira, H.S. e Camargo, M.S. (2003) - *Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura*. Uberlândia, GPSi-ICIAG-UFU, 23p. (Boletim técnico, 1).
- Korndörfer, G.H.; Pereira, H.S. e Nolla, A. (2004) - *Análise de silício: solo, planta e fertilizantes*. Uberlândia, GPSi-ICIAG-UFU. 34 p. (Boletim Técnico, 2).
- Lima Filho, O.F.; Lima, M.T.G e Tsai, S.M. (1999) - *O silício na agricultura*. *Informações Agrônômicas*, 87: 1-7 (Encarte Técnico).
- Mckeague, J.A. e Cline, M.G. (1963) - Silica in the soil. *Advances in Agronomy*, 15: 339-396.
- Prado, R.M. e Fernandes, F.M. (2001) - Resposta da cana-de-açúcar à aplicação da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 25: 201-209.
- Prado, R. de M.; Fernandes, F.M. e Natale, W. (2002) - Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo e exportação de macronutrientes em cana de açúcar. *Scientia Agrícola*, 59: 129-135.
- Prado, R.M.; Fernandes, F.M. e Natale, W. (2003) - Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 27: 287-296.
- Raij, B.van (2004) - Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: Yamada, T. e Abdalla, S.R.S. (Eds.) - *Fósforo na Agricultura brasileira*. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 107-115.
- Raij, B. van; Quaggio, J.A.; Cantarella, H.; Ferreira, M.E.; Lopes, A.S. e Bataglia, O.C. (1987) - *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas, Fundação Cargill, 170 p.
- Ribeiro, A.C.; Firme, D.J. e Matos, A.C.M. (1986) - Avaliação da eficiência de uma escória de aciaria como corretivo da acidez. *Revista Ceres*, 33:242-248.
- Ritchey, K.D.; Silva, J.E. e Costa, U.F. (1982) - Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah oxisols. *Soil Science*, Baltimore, 13, 6: 378-382.
- Savant, N.K.; Korndorfer, G.H.; Datnoff, L.E. e Snyder, G.H. (1999) - Silicon nutrition and sugarcane production: A review. *Journal of Plant Nutrition*, 22: 1853-1903.
- Silva, F. de A.S.E. e Azevedo, C.A.V. de (2006) - A new version of the assistat-statistical assistance software. In: *Computers in Agriculture and Natural Resources: Proceedings of the Fourth World Conference*. St. Joseph, Michigan, USA, American Society of Agricultural and Biological Engineers, p. 393-396.