

INFLUÊNCIA DO SILICATO NAS CONCENTRAÇÕES FOLIARES DE NUTRIENTES NA CANA-DE-AÇÚCAR

Lúcio Bastos MADEIROS (1); Boanerges Freire de AQUINO (2); Thays Rayane Moraes RIBEIRO (3); Giselle Janaina Liberato VASCONCELOS (4); Camila Raphaele de Farias SOUZA (5).

(1) IFAL; Campus Marechal Deodoro; R. Lorival Alfredo, Poeira, Marechal Deodoro/AL, CEP: 57.160-000; e-mail: lucioagron@gmail.com

(2) UFC; Campus do Pici, Departamento de Ciências do Solo, Fortaleza – CE, CEP: 60021-970; e-mail: aquino@ufc.br

(3) IFAL; Campus Marechal Deodoro; R. Lorival Alfredo, Poeira, Marechal Deodoro/AL, CEP: 57.160-000; e-mail: maceiojp@hotmail.com

(4) IFAL; Campus Marechal Deodoro; R. Lorival Alfredo, Poeira, Marechal Deodoro/AL, CEP: 57.160-000; e-mail: giselle_gi@hotmail.com

(5) IFAL; Campus Marechal Deodoro; R. Lorival Alfredo, Poeira, Marechal Deodoro/AL, CEP: 57.160-000; e-mail: camilafarias82@hotmail.com

RESUMO

Os efeitos benéficos da adubação com silício vem sendo pesquisados em diversas espécies, dentre elas, na cana-de-açúcar. Objetivo-se com este trabalho avaliar a influência do silicato nas concentrações foliares de nutrientes da cana-de-açúcar, aos 90 dias após a gesminação. O experimento foi instalado em casa-de-vegetação, utilizando-se ARGISSOLO Vermelho-Amarelo e o silicato utilizado foi o silicato de cálcio e magnésio na forma de escória de siderurgia que é fonte de silício. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (5x2), com cinco doses do produto (0; 2,5; 5,0; 10,0 e 15,0 g vaso⁻¹) e duas cultivares de cana-de-açúcar (RB72454 e SP791011) com quatro repetições. Após noventa dias de brotação, foi feito o corte das plantas para análise das concentrações de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), micronutrientes (Zn, Cu, Fe e Mn) e silício (Si) nas folhas. As cultivares apresentaram comportamentos distintos quanto à absorção dos diversos nutrientes. Observou-se aumento das concentrações foliares de Si, N, Ca e Mn, enquanto que as concentrações foliares de S, P e Fe diminuíram com a aplicação do silicato no solo. A cultivar RB72454 acumulou mais Si que a cultivar SP791011.

Palavras-chave: *Saccharum spp*, adubação, silício.

1 INTRODUÇÃO

A escória siderúrgica, que é um silicato e fonte de silício, merece atenção no Brasil, haja vista que a cada quatro toneladas de ferro-gusa produzidas no Brasil é gerada, em média, uma tonelada de escória de alto forno (COELHO, 1998) e este produto, quando não tratado e lançado no meio ambiente como nos aterros, promove a contaminação do solo e do subsolo pois possui metais pesados; com isto, ocorre contaminação do lençol freático e, como consequência, o ser humano é contaminado por contato ou através da água para consumo. O aproveitamento das escórias siderúrgicas pode ser realizado quando elas passam por tratamento na indústria, ou seja, após a retirada de metais pesados e este produto pode contribuir não só como corretivo mas, também, como fertilizante pois, além de conter silício na sua composição, é fonte de vários elementos essenciais para as plantas, como cálcio, magnésio e manganês. Desta forma e devido à escassez crescente dos fertilizantes no mundo este produto pode ser utilizado como substituto das necessidades e como forma de diminuir os gastos crescentes com insumos pelos agricultores e, conseqüentemente, minimizar os custos agrícolas, contribuir com o meio ambiente, gerar mais empregos neste setor e promover o bem-estar do ser humano.

Acredita-se que, além dos elementos essenciais, outros podem ser benéficos, tal como o silício, inclusive contribuindo para o aumento de produtividade. (KORNDÖRFER; PEREIRA; CAMARGO, 2002). Os silicatos, na forma de escórias de siderúrgica, além de ser uma fontes de silício, podem ser utilizados, quando aplicados no solo, como corretivos ou fertilizantes, além disso, tais escórias, quando aplicadas corretamente, aumentam a produtividade de certas culturas, principalmente pelo aumento da resistência destes ao ataque de pragas e doenças e a maior resistência ao acamamento e ao estresse hídrico.

A resposta da cana-de-açúcar ao silício é favorável, particularmente nos solos pobres com esse elemento. Ross, Nababsing e Wong (1974) citam uma exportação de até 408 kg ha⁻¹ de SiO₂ para uma produtividade de 74 t ha⁻¹ de cana-de-açúcar (folhas + colmos). Como resultado desta enorme extração de silício, pode ocorrer uma diminuição temporária desse elemento no solo, com reflexo direto no desenvolvimento da planta. Em pesquisas realizadas por Datnoff, Snyder e Korndörfer (2001) observaram-se aumentos de produtividade na cana-de-açúcar de até 17%, na cana planta e de até 20% na soqueira. Apesar dos efeitos favoráveis do silício, experimentos de Thangavelu e Rao (2002) demonstram que existe uma grande variabilidade genética quanto à capacidade das cultivares em acumular esse elemento.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a influência das doses de silicato, na forma de escória siderúrgica, sobre as concentrações foliares de nutrientes de duas cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) aos 90 dias após a germinação, em um solo ARGISSOLO Vermelho-Amarelo, sob condições de casa-de-vegetação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Agroindústria Tropical, localizada em Fortaleza-CE. As condições de temperatura ambiente da casa-de-vegetação variaram entre 26,9 e 50,3°C e umidade relativa entre 26,5 e 87,1%.

Utilizou-se amostra superficial (0-20 cm) de um ARGISSOLO Vermelho-Amarelo de textura média, com baixo teor de silício (5 mg dm⁻³ - extraído com ácido acético 0,5 M), pH de 5,2 (CaCl₂).

Foram utilizados rebolos (com uma gema) de cana-de-açúcar (*Sacharum spp*) pertencentes às cultivares RB72454 e SP791011 que foram plantadas em vasos plásticos contendo 10 kg de solo. Para cada vaso, contendo um rebolo, foram adicionadas diferentes doses de silicato de cálcio e magnésio (0; 2,5; 5,0; 10,0 e 15,0 g vaso⁻¹).

A fonte de silício utilizada foi uma escória de siderúrgicas do Estado de Minas Gerais, conhecida com o nome comercial de Agro Silício®, com a seguinte composição, segundo o fabricante: SiO₂, CaO, P₂O₅; K₂O; Fe₂O₃; S-SO₃ e MnO com 23,0; 47,7; 0,42; 0,19; 11; 0,37 e 1,8 dag kg⁻¹, respectivamente e, Mo, Ni, Cd, Pb, Cr e Zn com 0,4; 1,0; 0,05; 0,09; 0,5 e 0,13 mg dm⁻³, respectivamente e pH = 9,8.

Durante a condução do experimento foram realizadas duas adubações: uma com 12,5 g vaso⁻¹ de sulfato de amônio, 7,5 g vaso⁻¹ de superfosfato simples, 2,4 g vaso⁻¹ de cloreto de potássio, 40,0 mg vaso⁻¹ de sulfato de zinco, 12,5 mg vaso⁻¹ de sulfato de cobre, 62,5 mg vaso⁻¹ de sulfato de manganês e 2,5 mg vaso⁻¹ de

molibdato de sódio, outra de cobertura (após 45 dias da brotação da cana-de-açúcar) com 6,25 g vaso⁻¹ de sulfato de amônio e 1,2 g vaso⁻¹ de cloreto de potássio.

As plantas foram irrigadas diariamente, repondo água suficiente para manter o solo em aproximadamente 90% da sua capacidade de campo. Após 90 dias de germinação, as plantas foram cortadas rentes ao solo e, a parte aérea, secas em estufa.

Após a obtenção do peso seco, recolheram-se amostras de todas as folhas com nervuras que foram moídas em moinho tipo Willey (peneira de 2 mm) e utilizadas para a determinação macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), micronutrientes (Zn, Cu, Fe e Mn) e silício. As análises dos macro e micronutrientes seguiram as recomendações da EMBRAPA (1999); já a do silício baseou-se na determinação colorimétrica, segundo Elliott e Snyder (1991).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x2, com duas cultivares (RB72454, SP791011) submetidas a cinco diferentes níveis de silício (0; 2,5; 5,0; 10,0 e 15,0 g vaso⁻¹ de 10kg de silicato de cálcio e magnésio), com quatro repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias entre as cultivares, foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade e análise de regressão para as doses de silicato, quando necessária. Analisaram-se as variáveis por meio do programa estatístico SAS.

Em seguida, efetuaram-se as regressões polinomiais das variáveis que se mostraram necessárias. Na escolha do tipo de regressão levaram-se em conta as seguintes observações: valor do coeficiente de determinação, significância dos coeficientes da regressão (até 5% de probabilidade pelo teste de Tukey) e significado biológico do modelo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações foliares de Si, N, P, K, Ca e S da cana-de-açúcar foram afetadas pela aplicação do silicato no solo, no entanto a concentração de Mg não se alterou. Além disso, houve um efeito interativo entre cultivares e os níveis de adubações com silício, exceto para a do magnésio (Figura 1). A utilização de silicato foi eficiente para aumentar a concentração de silício nas plantas, o que pode ser importante, pois altas produtividades de cana de açúcar estão associadas às altas concentrações de Si nas folhas (MATCHENKOV & CALVERT, 2002).

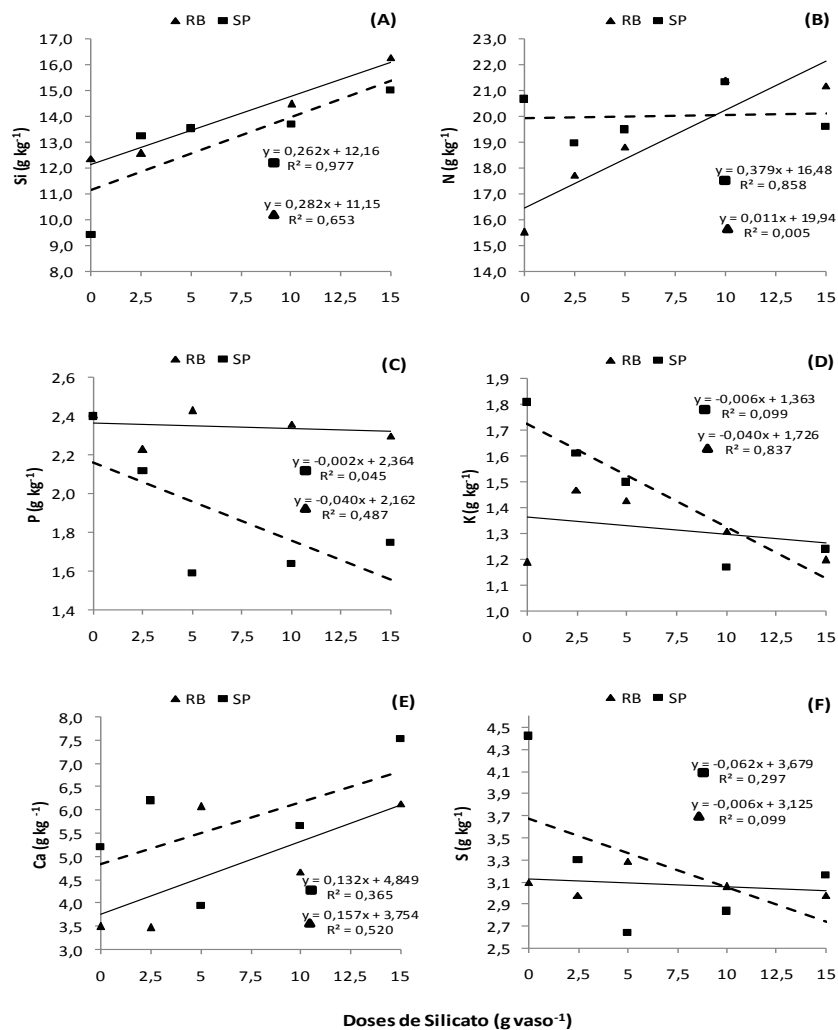


Figura 1 - Efeito das doses de silicato sobre as concentrações foliares de silício - Si - (A) e dos macronutrientes nitrogênio - N - (B), fósforo - P- (C), potássio - K - (D), cálcio - Ca - (E) e enxofre - S - (F) nas cultivares RB72454 e SP791011

A cultivar RB72454 acumulou mais Si e P com valores de 1 e 0,5 g kg⁻¹, equivalendo a 7,7% e 26,3% a mais em relação a SP791011. A cultivar SP791011 acumulou 1 e 0,2 g kg⁻¹ equivalente a 5,2% e 15,4% a mais em relação a RB72454, no entanto não foi observado efeito do silicato sobre as concentrações foliares de Mg e S entre as duas cultivares (Tabela 1).

Tabela 1 - Concentrações foliares de silício e macronutrientes nas cultivares RB72454 e SP791011

Cultivares	Si	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹						
RB	13,9 ^a	19,0 ^b	2,4 ^a	1,3 ^b	4,8 ^b	2,7 ^a	3,1 ^a
SP	12,9 ^b	20,0 ^a	1,9 ^b	1,5 ^a	5,7 ^a	2,5 ^a	3,3 ^a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada elemento químico, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

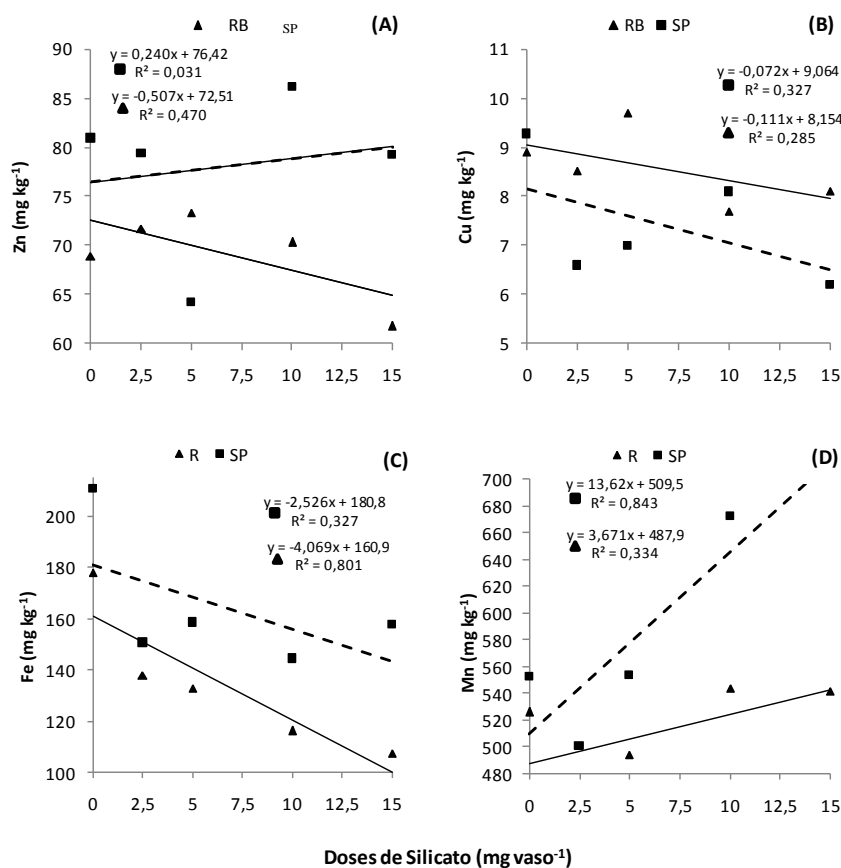


Figura 1 - Efeito das doses de silicato sobre concentrações foliares de zinco - Zn - (A), cobre - Cu - (B), ferro - Fe- (C) e manganês - Mn - (D) nas cultivares RB72454 e SP791011

A cultivar RB72454 acumulou 3,9 e 5,7 g kg⁻¹ a mais de nitrogênio e fósforo em relação à testemunha, equivalendo a 31,5 e 36,8%, respectivamente, devido à aplicação de quinze gramas por vaso de silicato. A cultivar SP791011 acumulou 5,6 a mais de N equivalendo a 59,6% devido à mesma aplicação de silicato por vaso, no entanto, não foi verificado diferença no acúmulo de fósforo na folha em relação à testemunha.

Quanto aos micronutrientes, apenas o manganês (Mn) e ferro (Fe) foram afetados pela aplicação do silicato (Figura 2). Com relação ao Fe, um possível aumento no pH em razão da aplicação do silicato e a conseqüente diminuição de disponibilidade do Fe no solo, podem explicar a diminuição ocorrida na concentração desse elemento nas plantas (RAMOS et al., 2006). A concentração de Fe, nas cultivares RB72454 e SP791011, foi de 71 e 60 mg kg⁻¹ menor do que a testemunha, equivalendo 66,4 e 33,8% a menos em relação à mesma, quando se aplicou quinze gramas de silicato por vaso. Quanto à concentração de Mn na cultivar SP791011, foi de 159 mg kg⁻¹ maior do que a testemunha, equivalendo a 28,8% a mais, quando se aplicou a mesma dose de silicato, no entanto, na cultivar RB72454, foi observado apenas um pequeno aumento de Mn com valor de 16 mg kg⁻¹, equivalendo a apenas 3% superior à testemunha.

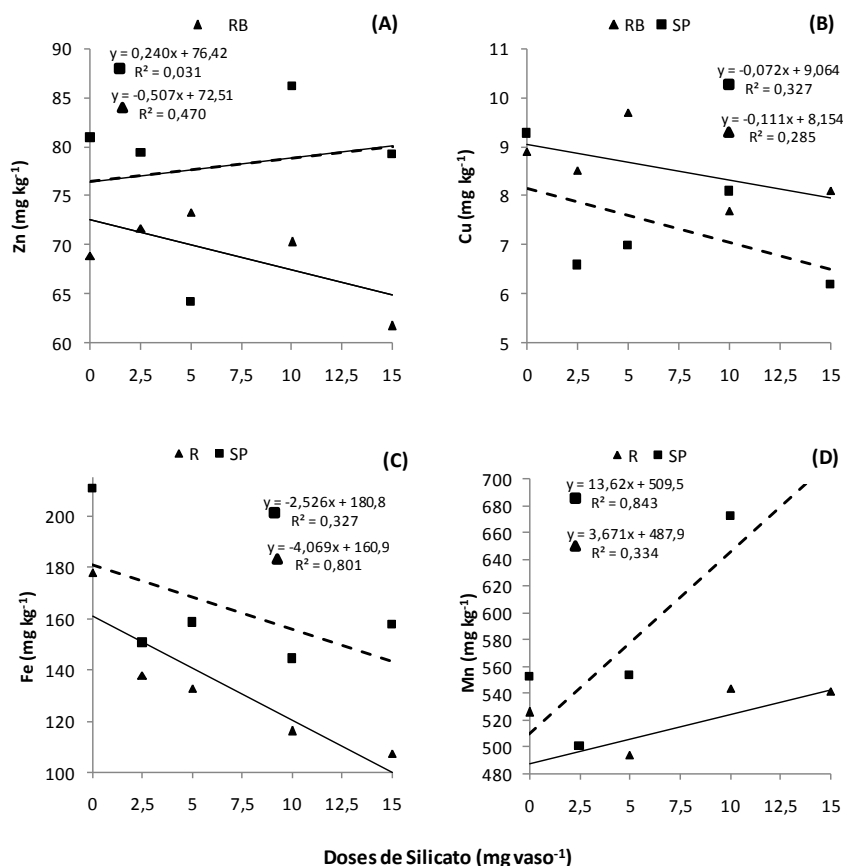


Figura 2 - Efeito das doses de silicato sobre concentrações foliares do zinco - Zn - (A), cobre - Cu - (B), ferro - Fe - (C) e manganês - Mn - (D) nas cultivares RB72454 e SP791011.

A aplicação de silicato pode ter incrementado a concentração de Mn nas folhas por aumentar a tolerância da planta à toxidez pelo elemento nos tecidos. Resultados semelhantes foram observados por Iwasaki (2002), que notou maiores concentrações, apesar de não significativos, de manganês na folhas de feijão caupi que receberam silicato em comparação as que não o receberam.

Quando as cultivares foram comparadas, observou-se diferença significativa nas concentrações foliares de zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn) entre as cultivares RB72454 e SP791011, onde a primeira apresentou maiores concentrações para Cu e Mn com valores de 2 e 86 mg kg⁻¹, equivalendo a 28,6 e 16,8 % maior do que a cultivar SP791011 (Tabela 2). Estas diferenças podem estar relacionadas com as variações de eficiências de utilização e absorção desses micronutrientes pelas cultivares, visto que a cultivar RB72454 foi mais eficiente na absorção do cobre e manganês, enquanto que a SP791011 foi mais eficiente na absorção do zinco com 9 mg kg⁻¹, equivalendo a 13% a mais em comparação a RB72454. Elas não diferiram quanto à absorção do ferro.

Tabela 2 - Concentrações foliares de micronutrientes nas cultivares RB72454 e SP791011

cultivares	Zn	Cu	Fe	Mn
mg kg ⁻¹			
RB	14a	69b	8a	134b
SP	13b	78a	7a	164a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada elemento químico, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÕES

- 1 A aplicação de silicato no solo interferiu na nutrição mineral da cana-de-açúcar, com aumentos nas concentrações foliares de Si, N e Ca e diminuição nas de S e P.
- 2 A aplicação de silicato aumentou a concentração foliar do Mn e diminuiu a do Fe nas cultivares SP791011 e RB72454, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- COELHO, P. E. Da escória ao vidro. **Revista Limpeza Pública**. n. 49, p. 36-45, dez. 1998. [S.l.]. [s.n.].
- DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. **Silicon in agriculture**. Studies in plant Science. Amsterdam: Elsevier, 2001, 403p.
- ELLIOTT, C. L.; SNYDER, G. H. Autoclave-induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. **Journal of Agricultural Food Chemistry**. Washington, v. 39, p. 1118-1119, 1991.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1999, 212p.
- IWASAKI, K.; MAIER, P.; FECHT, M.; HORST, W. J. Effects of silicon supply on apoplastic manganese concentrations in leaves and their relation to manganese tolerance in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Plant and Soil**, v. 238, n. 2, 2002, 281-288.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Papel do silício na produção da cana-de-açúcar. **STAB Açúcar e Alcool e Subprodutos**, v. 21, p. 6-9, 2002.
- MATCHENKOV, V. V.; CALVERT, D. V. Silicon as a beneficial element for sugarcane. **Journal American Society of Sugarcane Technologists**, v. 22, 2002, p. 21.
- RAMOS, L. A.; NOLLA, A.; KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 849-857, 2006.
- ROSS, L.; NABABSING, P.; WONG, Y. C. Y. Residual effect of calcium silicate applied to sugarcane soils. In: **International Cong. the Soc. Sugar Cane Technol**, 15, Durban, Proc., v. 15 n. 2, p. 539-542, 1974.
- THANGAVELU S.; RAO K. C. Uptake of silicon in sugarcane genetic stocks and its association with the uptake of other nutrients and cane and sugar yield. **Indian Sugar**, v. 51, n. 12, 2002, p. 859-864.