

## Desenvolvimento inicial do milho e atributos químicos do solo em função de diferentes doses de silicato de cálcio

SARTO, M.V.M.<sup>1</sup>; LANA, M.C.<sup>2</sup>; RAMPIM, L.<sup>3</sup>; ROSSET, J.S.<sup>3</sup>; DAL MOLIN, P.V.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mestrando em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Rua Pernambuco 1777, Caixa Postal 91, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon/PR. E-mail: [marcos\\_sarto@hotmail.com](mailto:marcos_sarto@hotmail.com). \*Autor para correspondência

<sup>2</sup>Professor Associado, Centro de Ciências Agrárias – CCA/UNIOESTE, Caixa Postal 91, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon/PR, Brasil. E-mail: [maria.lana@unioeste.br](mailto:maria.lana@unioeste.br)

<sup>3</sup>Doutorando em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Rua Pernambuco 1777, Caixa Postal 91, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon/PR. E-mail: [rampimleandro@yahoo.com.br](mailto:rampimleandro@yahoo.com.br) ; [jsrosset@hotmail.com](mailto:jsrosset@hotmail.com)

<sup>4</sup>Acadêmico do Curso de Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco 1777, Caixa Postal 91, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon/PR. E-mail: [Paulo\\_vi7or@hotmail.com](mailto:Paulo_vi7or@hotmail.com)

### RESUMO

O silicato de cálcio, quando aplicado ao solo, tem efeito sobre a nutrição das plantas, uma vez que é fonte de silício, cálcio e magnésio. Com o objetivo de avaliar o efeito de doses de silicato de cálcio sobre atributos químicos do solo e o desenvolvimento inicial da cultura do milho, realizou-se um experimento em casa de vegetação, em vasos com Latossolo Vermelho eutroférico – LVef, para testar cinco doses de silicato de cálcio (0; 1,2; 2,4; 4,8 e 9,6 t ha<sup>-1</sup>) com quatro repetições em, delineamento experimental de blocos casualizados. Foram avaliados os teores N, P, K, Ca e Mg da parte aérea, e, ao final do experimento, a massa da matéria seca da parte aérea e altura de plantas, bem como os teores de Ca e Mg e pH do solo. A matéria seca da parte aérea e altura de plantas não foram influenciadas pela adubação com silicato de cálcio. A aplicação de silicato de cálcio promoveu uma ação corretiva no solo, com aumento da disponibilidade de cálcio e magnésio, além de promover incremento dos teores de N, K, Ca e Mg na parte aérea da cultura do milho.

**Palavras-chave:** calcário, gesso, *Zea mays* L., silício.

### ABSTRACT

#### Initial development of corn and soil chemical properties according to different doses of calcium silicate

Calcium silicate applied to the soil has an effect on plant nutrition since it is a source of silicon, calcium and magnesium. With the aim to evaluate the effect of doses of calcium silicate on soil chemical properties and on early development of corn, an experiment was conducted in a greenhouse, in pots containing eutroferric Oxisol, testing five rates of calcium silicate (0, 1.2; 2.4; 4.8 and 9.6 t ha<sup>-1</sup>) with four replications in a randomized complete block design. The levels of N, P, K, Ca and Mg in the plant shoot were evaluated, and, at the end of the experiment, shoot dry weight and plant height as well as Ca and Mg, and soil pH were also estimated. Shoot dry matter and plant height were not affected by fertilization with calcium silicate. The application of calcium silicate provided soil amendment, increasing the availability of calcium and magnesium, in addition to increasing the levels of N, K, Ca and Mg in the shoots of corn.

**Keywords:** limestone, gypsum, *Zea mays* L., silicon.

### INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), planta da família das Gramíneas (*Poaceae*) pertence ao grupo de plantas com metabolismo fotossintético do tipo C4, caracterizando-se pelo elevado potencial produtivo. Em território brasileiro o cultivo do milho é muito expressivo, sendo produzido em praticamente todo o território atingindo no ano agrícola de 2011/2012 a produção de 68 milhões

de toneladas sendo o estado do Paraná um dos maiores produtores, com 16,7 milhões de toneladas (CONAB, 2012).

O milho por ser da família Poaceae, apresenta grande capacidade de absorver o silício (Si) (EPSTEIN, 1994; MARSCHNER, 1995; EPSTEIN, 1999). Assim, a partir do decreto número 4.954, que regulamenta a lei 6.894 de 16/01/1980, aprovada em 14 de janeiro de 2004 (BRASIL, 2004), e que dispõe sobre a produção e comercialização de fertilizantes, o Si foi incluído na lista dos micronutrientes.

Apesar do Brasil ser um dos maiores produtores mundiais de milho, a produtividade brasileira ( $4400 \text{ kg ha}^{-1}$ ), é muito baixa quando comparada com outros países, como os EUA ( $9240 \text{ kg ha}^{-1}$ ) conforme USDA (2012), sendo até mesmo, superado por países considerados de nível tecnológico agrícola inferior. Uma das formas de aumentar a produtividade desta cultura é, sem dúvida, a nutrição mineral adequada das plantas (PINAZZA, 1993).

No Brasil, as rochas carbonatadas moídas, genericamente denominadas calcários, são os materiais predominantemente empregados na agricultura como corretivo da acidez do solo. Entretanto, existem materiais corretivos alternativos, sendo as escórias de siderurgias como um dos mais promissores (PRADO, 2000), que apesar de estarem disponíveis no mercado brasileiro, têm sido pouco comercializadas e utilizadas na agricultura (QUAGGIO, 2000).

As escórias de siderurgia são resíduos da fabricação de ferro-gusa e do aço, compostos principalmente de silicatos (KORNDÖRFER, 2002; PRADO & FERNANDES, 2001). Possuem composição similar e agem de forma semelhante aos calcários, podendo substituí-los com eficiência (ALCARDE, 1992; KORNDÖRFER, 2002).

O Brasil gera cerca de 6,25 milhões de toneladas de escória de siderurgia por ano, durante a produção do ferro-gusa, possibilitando uma fonte abundante e economicamente viável de Si (PEREIRA *et al.* 2003). Este resíduo apresenta características favoráveis, tais como alto conteúdo de Si solúvel, granulometria adequada, facilidade para aplicação mecanizada, baixo custo, relações e quantidades de Ca e Mg equilibradas, além de baixos teores de elementos potencialmente tóxicos (PAIM, 2002; LIMA FILHO, 2005).

A adubação com Si promove maior acúmulo de Si na folha permitindo que esta fique mais ereta e aumentando a área de exposição à luz solar (CRUCIOL *et al.*, 2006) conferindo também maior resistência ao acamamento e maior taxa fotossintética devida à melhoria da arquitetura foliar (KORNDÖRFER *et al.*, 2002), o que conseqüentemente, resulta em maior produtividade das culturas (DEREN *et al.*, 1994; LIANG *et al.* 1994; BARBOSA FILHO *et al.*, 1998; KORNDÖRFER & LEPSCH, 1999; FARIA, 2000). Além do trigo, gramíneas como o arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milho e milho, além de algumas espécies não gramíneas, apresentam aumentos de produtividade com o aumento da disponibilidade de silício no solo (ELAWAD & GREEN JÚNIOR, 1979; KORNDÖRFER & LEPSCH, 1999). Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de silicato de cálcio no desenvolvimento inicial da cultura do milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Núcleo de Estações Experimentais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, *campus* de Marechal Cândido Rondon/PR, no período de abril a junho de 2012.

O experimento foi implantado e conduzido em vasos de polietileno de  $8,5 \text{ dm}^{-3}$ , contendo  $8 \text{ dm}^{-3}$  de solo peneirado em malha de 5 mm. O solo utilizado para o preenchimento dos vasos foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico - LVef segundo EMBRAPA (2006), de textura argilosa, o qual foi coletado na camada arável de 0-0,2 m, no município de Marechal Cândido Rondon/PR. Foram caracterizados os atributos químicos, além da análise granulométrica (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características químicas do Latossolo Vermelho eutroférico coletado na camada de 0-0,2 m de profundidade. UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon/PR, 2012.

pH	V	P	MO	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC
CaCl <sub>2</sub>	- % -	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
4,55	58,67	16,91	20,51	5,26	1,15	0,46	0,2	4,84	6,87	11,71
Micronutrientes										
Cu	Zn	Fe	Mn	Argila	Silte	Areia				
-----mg dm <sup>-3</sup> -----			-----g kg <sup>-1</sup> -----							
9,9	15,1	5,9	3,5	377	499,3	123,7				

<sup>1</sup>(P,K, Micronutrientes) Extrator Mehlich-1; (Al, Ca, Mg) Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; (H+Al) pH SMP (7,5); (pH) Extrator CaCl<sub>2</sub>, Análise realizada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da Unioeste, campus Marechal Cândido Rondon/PR.

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com quatro repetições e cinco doses de silicato de cálcio (0, 1,2; 2,4 4,8 e 9,6 t ha<sup>-1</sup>), totalizando 20 unidades experimentais (vasos). Como fonte de silício foi utilizado silicato de cálcio (CaSiO<sub>3</sub>), com nome comercial Agrossilício oriundo de uma escória da produção do aço inox (Acesita), tratada pela Recmix do Brasil. Este produto contém: 25% de cálcio, 6% de magnésio e 10,5% de silício.

Antes da semeadura, foi avaliada a altura de planta, obtida pela medição da base até o ápice das plantas. Em seguida os vasos permaneceram incubados por 15 dias com 60% do volume total de poros (VTP) ocupado por água (FREIRE *et al.* 1980). No momento da semeadura, foi realizada a adubação básica de acordo com Rajj *et al.* (2001), aplicando-se 40 kg ha<sup>-1</sup> N, 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, de forma uniforme em todos os tratamentos. Após 30 dias da semeadura, realizou-se a adubação de cobertura, aplicando-se 45 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Aos 45 dias após a semeadura (DAS), realizou-se o corte da parte aérea das plantas para quantificar a matéria seca da parte aérea (gramas). As plantas foram coletadas, colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas, posteriormente moídas em moinho do tipo Willye, realizando-se posteriormente a análise química da parte aérea total das plantas, para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg (BATAGLIA *et al.* 1983). Ao final do experimento, também foram retiradas amostras do solo, para avaliação dos valores do pH e teores Ca e Mg (EMBRAPA 1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e quando significativos, seguiu-se a aplicação de estudos de regressão polinomial (PIMENTEL-GOMES & GARCIA, 2002), com auxílio do programa estatístico Saeg 8.0 (SAEG, 1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação com silicato de cálcio não afetou a produção de matéria seca das plantas de milho até os 45 DAE (Tabela 2), sendo que o controle foi o tratamento que proporcionou o maior acúmulo de massa de matéria seca, com 21,3 g/vaso enquanto que a maior dose proporcionou o menor acúmulo de massa seca, com 14,5 g/vaso, contudo sem apresentar diferença significativa. Este resultado corrobora a pesquisa desenvolvida por Korndorfer *et al.* (2010) em *Brachiaria* sp., os quais relataram que a aplicação de Si no solo promoveu aumento nas concentrações de Si nas plantas, mas não alterou a produção de matéria seca das plantas de *Brachiaria* sp.

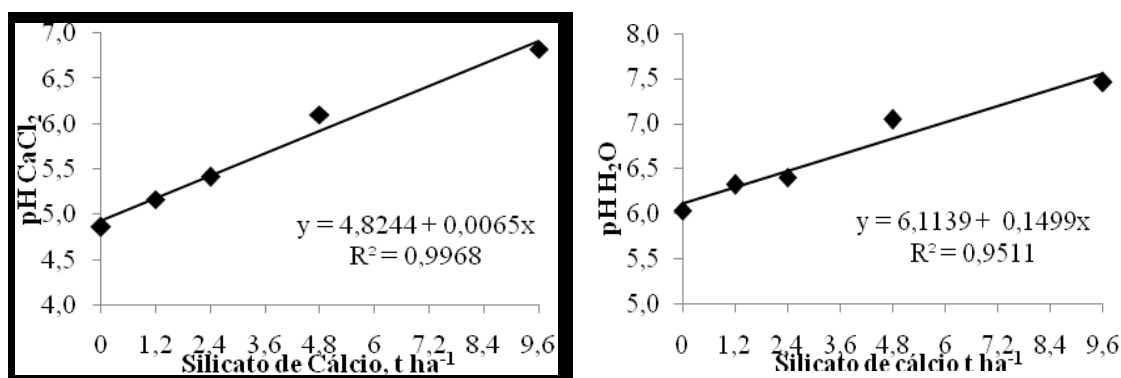
Em trabalho semelhante, Tokura *et al.* (2007) também verificaram que a aplicação de Si não afetou a produção de matéria seca de plantas de arroz. No entanto, Horst & Marschner (1978) verificaram aumento na massa de matéria seca em plantas de feijão adubadas com silício devido à redução da toxidez de manganês. Além disso, os autores observaram maior produtividade em plantas suplementadas com 0,75 mg kg<sup>-1</sup> de silício solúvel e com 5x10<sup>-3</sup> mM de manganês, em relação às plantas sem silício.

**Tabela 2.** Produção de massa de matéria seca da parte aérea e altura das plantas de milho, em função das doses crescentes de silicato de cálcio.

Doses de silicato de cálcio -----t ha <sup>-1</sup> -----	Massa de matéria seca -----g/vaso-----	Altura de plantas ----cm----
0	21,3	144,8
1,2	17,7	140,8
2,4	20,5	142,5
4,8	18,0	135,6
9,6	14,5	124,0
Média geral	18,4	137,5
C.V (%)	30,9	9,05

Para a altura de plantas não houve diferença significativa com o emprego das doses de silicato de cálcio (Tabela 2). Similar aos resultados para massa da matéria seca da parte aérea, para essa característica, a testemunha foi o tratamento que proporcionou a maior altura de plantas 144,8 cm e, a maior dose proporcionou a menor altura de plantas 124,0 cm, contudo semelhante estatisticamente. Corroborando assim com os resultados obtidos por Rocha *et al.* (2011), que ao estudar o efeito residual da escória de siderurgia na cultura do sorgo, observaram que a altura das plantas de sorgo não foi influenciada em função do emprego da fonte de corretiva utilizada em nenhuma época de amostragem. Por outro lado, Marcussi (2010) observou incremento na altura das plantas de milho. De acordo com Rajj & Camargo (1973), resultados positivos com a aplicação do silício são comumente observados em plantas acumuladoras de Si, como ocorre com a maioria das gramíneas (arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milheto, milho, entre outros).

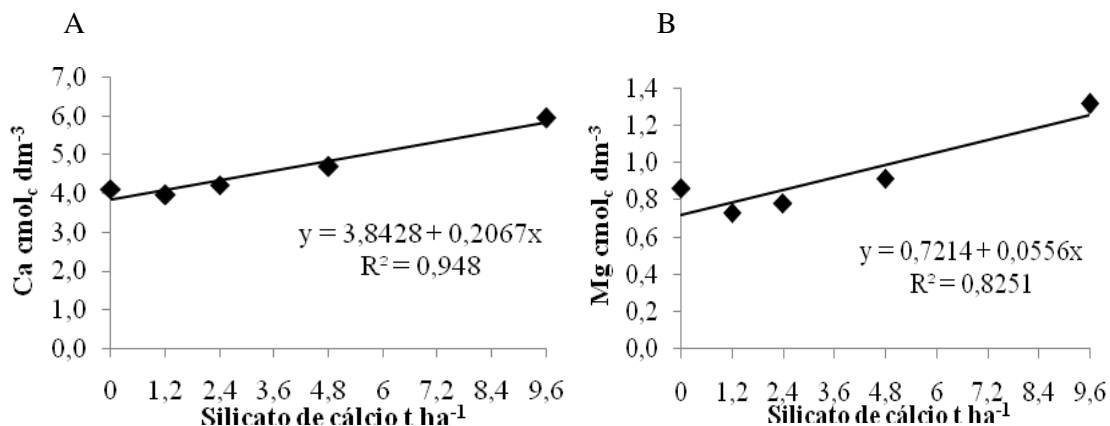
A partir das análises de solo foi possível observar que houve mudanças nas características químicas do solo. A utilização do silicato de cálcio elevou de forma linear positiva os valores de pH CaCl<sub>2</sub>, apresentando valores iniciais de 4,9 aumentando para 6,8 e pH H<sub>2</sub>O com valores iniciais de 6,04 aumentando para 7,46 ambos com a aplicação de 9,6 t ha<sup>-1</sup> (Figura 1 e 2). Resultados semelhantes com o uso de escórias foram relatados por Ribeiro *et al.* (1986), Prado & Fernandes (2000, 2003) e Prado *et al.* (2002), sendo atribuído à ação do agente neutralizante SiO<sub>3</sub><sup>-2</sup>, gerado pela reação das escórias com o solo (ALCARDE, 1992).



**Figura 1** - Valores médios de pH CaCl<sub>2</sub> e pH H<sub>2</sub>O, ao final do experimento, após o cultivo com milho, em função das doses de silicato de cálcio (Marechal Cândido Rondon/PR, 2012).

Também foram verificados aumentos significativos nos teores de Ca e Mg em função das doses de silicato de cálcio aplicadas ao solo (Figura 2). Prado *et al.* (2003), também obtiveram elevações da concentração Ca e Mg na profundidade de 0-20 cm, ao avaliarem o efeito residual

de escória siderúrgica em solo cultivado com cana-de-açúcar. O acréscimo nos teores de Ca e Mg, pode ser resultante da composição química do material utilizado, oriundo do processo de fundição do aço, onde o Ca e o Mg oriundo silicato, participam das reações (FIRME, 1986).



**Figura 2** - Valores médios de Ca (A) e Mg (B) no solo, após o cultivo com milho, em função das doses de silicato de cálcio (Marechal Cândido Rondon/PR, 2012).

Não houve aumentos significativos nos teores foliares de P em relação as doses de silicato de cálcio, havendo apenas incremento linear nos teores foliares de N, K, Ca e Mg (Figura 3). Entre os macronutrientes as maiores acumulações foram de K e N, enquanto que o P e Mg foram os nutrientes que apresentaram menor acumulação.

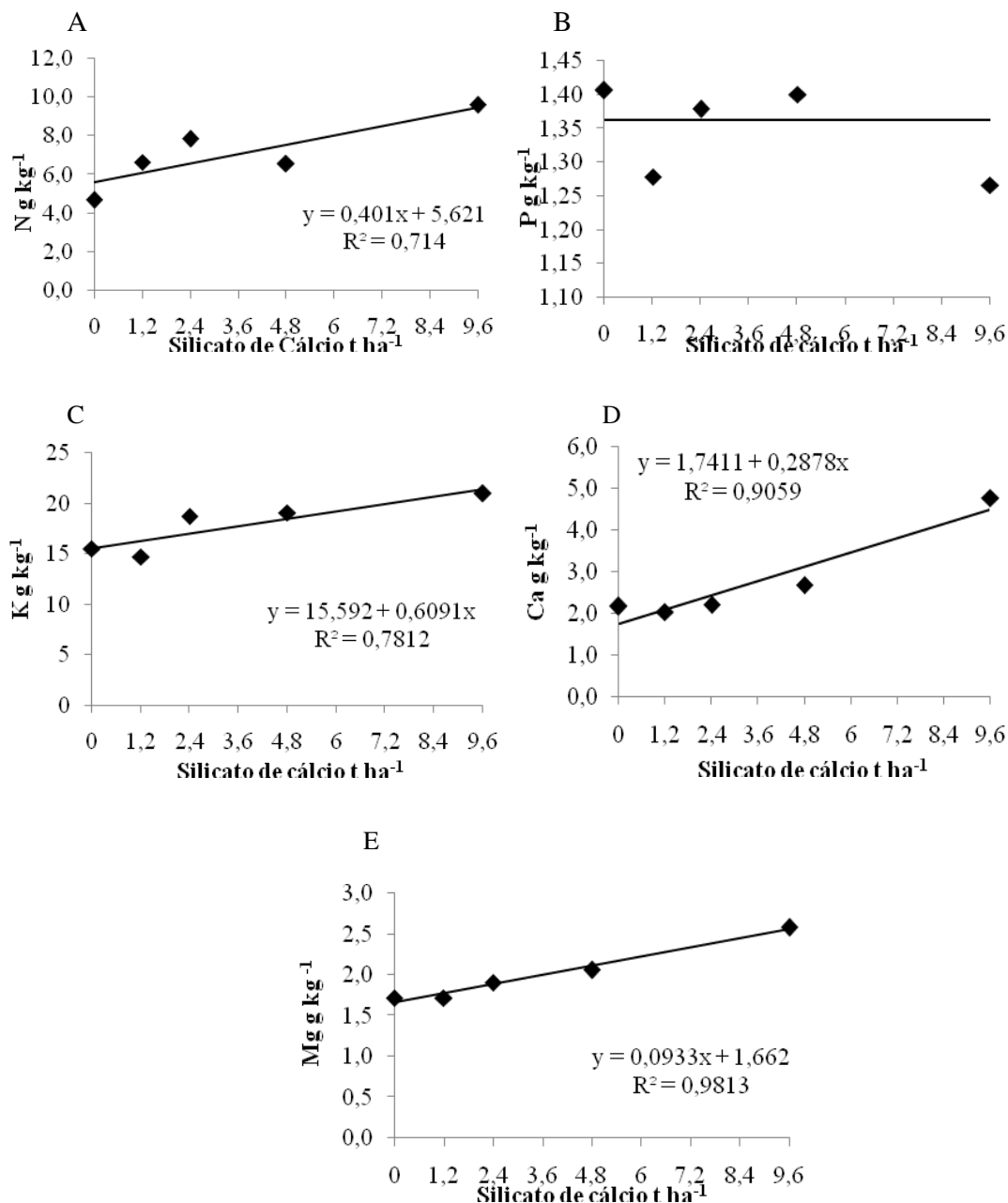
O emprego do silicato de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) e, ou, do silicato de magnésio ( $\text{MgSiO}_3$ ) como corretivo de solo em substituição ao carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) pode ser recomendado pela possível competição do Si e P pelo mesmo sítio de adsorção, reduzindo a fixação e maior disponibilidade do P no solo (CARVALHO *et al.* 2000). Como o ânion silicato é quimicamente adsorvido, há, a princípio, uma competição entre o Si e o P pelos mesmos sítios de adsorção. Assim, com a aplicação de silicatos, além da correção da acidez, pode haver maior disponibilidade de P pelo efeito adicional de deslocar o P adsorvido para a solução (VÖLKWEIS & RAIJ, 1977). Carvalho *et al.* (2000), ao estudar a competição Si x P, verificaram incremento de apenas 15% de P em solução devido ao efeito do Si aplicado antes da adubação fosfatada. Porém, esse efeito não foi observado no experimento, corroborando os dados obtidos por Souza *et al.* (2008).

Entretanto, experimentos mostraram que o Si pode não disponibilizar o P, não reduzindo a capacidade do solo em adsorver o P em condições de deficiência (CARVALHO *et al.* 2000). Nestes casos, sugere-se um efeito insignificante do Si sobre a disponibilidade do P. Esse fato corrobora os resultados apresentados neste trabalho, no qual não foi evidenciada a influência do silicato de cálcio sobre a disponibilidade de P (Figura 3 B).

O efeito na concentração dos nutrientes N, K, Ca e Mg (Figura 3) pode ter ocorrido devido ao aumento do pH do solo (Figura 1), proporcionando incremento da disponibilidade desses nutrientes para a cultura do milho. O uso de fertilizantes silicatados aumenta a eficiência da adubação NPK, pois os adubos silicatados normalmente apresentam propriedades de adsorção. Isso faz com que ocorra menor lixiviação de potássio e outros nutrientes móveis no horizonte superficial. Além disso, plantas com níveis mais elevados de silício tendem a apresentar nível superior de nitrogênio em seus tecidos (KORNDÖRFER *et al.* 2002).

Prado & Natale (2004), estudando a aplicação do silicato de cálcio em Argissolo Vermelho no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro, observaram que a aplicação de silicato de cálcio não interferiu os teores de N, P, K, Mg, S, B, Fe e Zn e diminuiu o teor de Cu e

Mn, enquanto e aumentou o teor de Ca. Na raiz não houve efeito nos teores de N, P, K, Mg, B, Fe, Mn e Zn, ao passo que elevou significativamente o teor de Ca e S.



**Figura 3** - Efeito das doses de silicato de cálcio sobre os teores foliares de N (A), P (B), K (C), Ca (D) e Mg (E) após o cultivo com milho (Marechal Cândido Rondon/PR, 2012).

Contrapondo os resultados obtidos no presente trabalho, Brecht *et al.* (2004) observaram que plantas de feijão tratadas com 1.000 kg de silicato de cálcio por hectare (0,5 g kg<sup>-1</sup>) não apresentaram efeito significativo na concentração de nitrogênio, na parte aérea, entretanto observaram redução dos teores de fósforo e cobre.

## CONCLUSÕES

A adubação com silicato de cálcio em Latossolo Vermelho eutroférico de textura média não influenciou a massa de matéria seca da parte aérea e altura de plantas da cultura do milho.

O incremento das doses de silicato de cálcio promoveu uma ação corretiva do solo, com consequente aumento da disponibilidade de cálcio e magnésio.

O silicato de cálcio promove incremento dos teores de N, K, Ca e Mg na parte aérea de plantas de milho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J.C. Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA, 1992. (Boletim técnico, 6).

BARBOSA FILHO, M.P. Nutrição e adubação do arroz. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do fosfato, 1987. 127p.

BARBOSA FILHO, M.P.; SNYDER, G.H.; ELLIOTT, C.L.; DATNOFF, L.E.; PRABHU, A.S.; SILVA, O.F.; KORNDÖRFER, G.H. Resposta do arroz de sequeiro à aplicação de silício. In: FERTBIO 1998, Caxambu. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1998. p.57.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).

BRASIL DECRETO N° 2954. Aprova o regulamento da lei n° 6894 de 16 de janeiro de 1980, da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes providências. Normas jurídicas (Texto Integral) – DEC 004954, 14 jan., 2004, 27p.

BRECHT, M.O.; DATNOFF, L.E.; KUCHARÉK, T.A.; NAGATA, R.T. Influence of silicon and chlorothalonil on the suppression of gray leaf spot and increase plant growth in St. Augustinegrass. **Plant Disease**, v.88, n.4, p.338-344, 2004.

CARVALHO, R.; FURTINE NETO, A.E.; NILTON, C.; FERNANDES, L.A. Dessorção de fósforo por silício em solos ácidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.69-74, 2000.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra Brasileira: grãos, oitavo levantamento junho 2012/ Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília: Conab, 2012. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_0\\_05\\_09\\_50\\_17\\_boletim\\_safra\\_-\\_junho-2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_0_05_09_50_17_boletim_safra_-_junho-2012.pdf)> [http://www.abiove.com.br/balanco\\_br.html](http://www.abiove.com.br/balanco_br.html)>. Acesso em: 05 de junho de 2012.

CRUSCIOL, C.A.C. Silício para as gramíneas forrageiras. **Revista Campo e Negócios**, v.4, n.37, p.14-15, 2006.

DEREN, C.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**, v.34, p.733-37, 1994.

ELAWAD, S.H.; GREEN JUNIOR, V.E. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. **II Riso**. v.28, p.235-253, 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: CNPS, 1997.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.
- EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of the National Academy of Science USA**, v.91, n.1, p.11-17, 1994.
- EPSTEIN, E. Silicon. Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology, Palo Alto, v.50, p.641- 664, 1999.
- FARIA, R.G. **Influência do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. Lavras, Universidade Federal de Lavras 2000. 47p. (Tese de Mestrado).
- FIRME, D.J. **Enriquecimento e fusão de escória de siderurgia como fosfato natural**. Viçosa: UFV, 1986. 55p. Dissertação Mestrado.
- FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S.; AQUINO, L.H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.1, p.5-8, 1980.
- HORST W.J.; MARSCHNER, H. Effect of silicon on manganese tolerance of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant and Soil**, v.50, n.2, p.287-303, 1978.
- KORNDÖRFER, G.H.; ARANTES, V.A.; CORRÊA, G.F.; SNYDER, G.H. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.23, p.635-41, 1999.
- KORNDÖRFER, G.H.; LEPSCH, I. Effect of silicon on plant growth and yield. **Silicon in Agriculture**. 26-30 Sept., Fort Lauderdale, Fl. 1999.
- KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. 2.ed. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 2002. 24p. (Boletim Técnico, 1).
- KORNDÖRFER, P.H.; SILVA, G.C.; TEIXEIRA, I.R.; SILVA, A.G.; FREITAS, R.S. Efeito da adubação silicatada sobre gramíneas forrageiras e características químicas do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v 40, n.2, p.119-125, 2010.
- LIANG, Y.C.; MA, T.S.; LI, F.J.; FENG, Y.J. Silicon availability and response of rice and wheat to silicon in calcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, p.2285-97, 1994.
- LIMA FILHO, O.F. **O silício na produtividade e sanidade agrícola**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/MAPA, 2005. Folheto informativo.
- MARCUSSI S.A. **Escória de siderurgia como material corretivo e fonte de silício para a cultura do milho no estado de São Paulo**. Dissertação (Graduação), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2ª ed. Londres: **Academics Press**, 1995. 889 p.
- PAIM, L.A. **Contaminação do solo por metais pesados: silício e fósforo como agentes amenizadores**. 2002. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciências)–Universidade Federal de Lavras, 2002.
- PEREIRA, H.S.; KORNDÖRFER, G.H.; MOURA, W.F.; CORRÊA, G.F. Extratores de silício disponível em escórias e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.2, p.265-274, 2003.



- PRADO, R.M. **Resposta da cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo da acidez do solo.** 2000. 97f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2000.
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vaso. **Scientia Agricola**, v.57, p.739-744, 2000.
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 1199-1204, 2001.
- PRADO, R.M.; COUTINHO, E.L.M.; ROQUE, C.G.; VILLAR, M.L.P. Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.539-546, 2002.
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo na soqueira da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.287-296, 2003.
- PRADO, R.M.; NATLE, W. Aplicação do silicato de cálcio em Argissolo Vermelho no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringa, v.26, n.4, p.387-393, 2004
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais:** exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002, 309p.
- PINAZZA, L.A. Perspectivas da cultura do milho e do sorgo no Brasil. 1993. In: BULL, L.T. & CANTARELLA, H. **Cultura do milho: Fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba. Potafós. p.1-10
- RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.
- RAIJ, B.V.; CAMARGO, O.A. Sílica solúvel em solos. **Bragantia**, v.32, p.223-236, 1973.
- RIBEIRO, A.C.; FIRME, D.J.; MATTOS, A.C.M. Avaliação da eficiência de uma escória de aciaria como corretivo da acidez do solo. **Revista Ceres**, v.33, p.242-248, 1986.
- ROCHA, L.C.M.; PRADO, R.M.; ALMEIDA, T.B.F. Efeito residual da escória de siderurgia como fonte de silício para cultura do sorgo. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.18, n.2, p.101-115. 2011.
- SAEG. Sistema para análises estatísticas. Versão 8.0. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- SOUZA, F.S.; FAQUIN, V.; CARVALHO, R.; TORRES, P.R.F.; POZZA, A.A.A. atributos químicos de solos influenciados pela substituição do carbonato por silicato de cálcio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1563-1572, 2008.
- TOKURA, A.M.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; CARNEIRO, L.F.; ALOVISI, A.A. Silício e fósforo em diferentes solos cultivados com arroz de sequeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.29, n.1, p.9-16, 2007.
- QUAGGIO, J.A. **A acidez e calagem em solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônômico, 111 p, 2000.
- USDA – States Department of Agriculture, by the National Agricultural Statistics Service (NASS), Agricultural Statistics Board, **Crop production**, publicado em 10 de maio de 2012.

Disponível em: <<http://usda01.library.cornell.edu/usda/current/CropProd/CropProd-05-10-2012.pdf>[http://www.abiove.com.br/balanco\\_br.html](http://www.abiove.com.br/balanco_br.html)>. Acesso em: 05 de junho de 2012.

VÖLKWEIS, S.J.; RAIJ, B.V. Retenção e disponibilidade de fósforo em solos. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, BASES PARA UTILIZAÇÃO AGROPECUÁRIA, 4., Brasília, 1976. **Anais**. São Paulo, EDUSP, 1977. p.317-332.