

## Cátions hidrossolúveis no milho em função da calagem e silicatagem superficial em experimento de longa duração

**Katiúça Sueko Tanaka<sup>(1)</sup>; Letusa Momesso Marques<sup>(2)</sup>; Cláudio Hideo Martins da Costa<sup>(3)</sup>; Beatriz da Silva Fabretti<sup>(4)</sup>; Aron Aiello Sandoval<sup>(5)</sup>; Carlos Alexandre Costa Crusciol<sup>(6)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Agronomia (Agricultura), bolsista CNPq; Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP; Botucatu, SP; [sueko\\_tanaka@hotmail.com](mailto:sueko_tanaka@hotmail.com); <sup>(2)</sup> Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Agronomia (Agricultura), bolsista Capes; Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP; [letusamomesso@gmail.com](mailto:letusamomesso@gmail.com); <sup>(3)</sup> Pós-doutorando em Agronomia; Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP; [c\\_hideo@hotmail.com](mailto:c_hideo@hotmail.com); <sup>(4)</sup> Graduanda em Agronomia; Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP; [bia.fabretti@hotmail.com](mailto:bia.fabretti@hotmail.com); <sup>(5)</sup> Graduando em Agronomia, bolsista FAPESP; Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP; [aas.mamica2014@gmail.com](mailto:aas.mamica2014@gmail.com); <sup>(6)</sup> Professor Doutor Titular, bolsista CNPq de produtividade; Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP; [crusciol@fca.unesp.br](mailto:crusciol@fca.unesp.br).

**RESUMO:** Os compostos orgânicos, liberados por resíduos vegetais e quantificados através dos cátions hidrossolúveis, podem melhorar a eficiência da aplicação superficial de corretivos da acidez do solo. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação superficial de calcário e silicato no teor de cátions solúveis e condutividade elétrica do extrato da parte aérea da cultura do milho. O experimento foi conduzido no ano agrícola 2014/2015 em um Latossolo Vermelho distroférrico, instalado na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu (SP), em sistema de plantio direto consolidado. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com oito repetições. Os tratamentos foram constituídos por duas fontes de corretivos da acidez do solo aplicados superficialmente e o controle (calcário, silicato de cálcio e magnésio e sem corretivo). Foram determinados os teores de cátions hidrossolúveis e a condutividade elétrica da parte aérea do milho. A concentração de cátions hidrossolúveis na planta de milho não foi influenciada após 36 meses da aplicação superficial de corretivos da acidez do solo.

**Termos de indexação:** resíduo vegetal, corretivos da acidez do solo, sistema plantio direto.

### INTRODUÇÃO

O Cerrado é a principal região produtora de grãos no Brasil. O solo predominante desta região é do tipo Latossolo, o qual é caracterizado pela baixa capacidade de retenção de água, baixa atividade microbiana, elevada acidez e baixa fertilidade

natural em função às deficiências em  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e P e elevada toxicidade por  $\text{Al}^{3+}$  (Fageria & Baligar, 2008). A expansão da agricultura na região Central do Brasil, ocorreu em função dos sistemas conservacionistas do solo, como o SPD (Stone & Silveira, 2001). Esse sistema de produção tem sido adotado em todo os continentes, e no Brasil é cultivado sob 27 milhões de hectares (Caires, 2013). A presença de palhada na superfície e o revolvimento mínimo do solo diminuem a taxa de decomposição de ligantes orgânicos de baixo peso molecular por microrganismos, propiciando assim, a solubilização e a lixiviação dos compostos orgânicos (Miyazawa et al., 2000) e ainda, favorecendo no carregamento dos produtos da dissociação dos corretivos da acidez do solo (Castro et al., 2012). Por possuírem grupos funcionais que participam de reações químicas no solo, como a complexação metal-orgânica (Hue et al., 1986) e adsorção de íons, esses compostos podem favorecer a amenização da toxidez do Al trocável, mobilização do calcário e de cátions no solo (Ziiglio et al., 1999). Desse modo, a determinação da somatória de cátions solúveis pode indicar o potencial de mobilização de cátions e as quantidades de  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  que possam ser neutralizados pelos resíduos vegetais (Franchini et al., 1999), e é um dos indicadores mais eficientes dos efeitos de resíduos na química da solução de solos ácidos (Cassolato et al., 2000; Miyazawa et al., 2000). A prática usual na correção da acidez do solo é a calagem. Além do calcário, o silicato de cálcio e magnésio pode ser utilizado como corretivo da acidez, pois se comportam de forma semelhante. Este material apresenta ainda maior solubilidade (6,78 vezes) e em razão da presença de silício, sendo um

elemento benéfico, pode aumentar a tolerância das plantas à estresses abióticos e elevar os rendimentos de algumas culturas (Korndörfer et al., 2002; Deren et al., 1994; Epstein, 1994; Marchner, 1995).

Sendo assim, objetivou-se comparar os efeitos da aplicação superficial de calcário e silicato de Ca e Mg, em experimento de longa duração, nos teores de cátions solúveis na condutividade elétrica dos extratos vegetais da parte aérea da cultura do milho na época do florescimento.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento vem sendo conduzido desde 2006 na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu, SP, apresentando como coordenadas geográficas 48° 23' de longitude Oeste de Greenwich e 22° 51' de latitude Sul, com altitude de 765 metros. De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos solos (Embrapa, 2013), o solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico típico argiloso. Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cwa, que caracteriza clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (Lombardi Neto & Drugowich, 1994). Para a determinação das características químicas do solo, amostrou-se a camada 0,00-0,20 m, seguindo a metodologia descrita por Raij et al. (2001). Os resultados foram: matéria orgânica de 27,9 g dm<sup>-3</sup>, pH (CaCl<sub>2</sub>) de 4,6, P (resina) de 23 mg dm<sup>-3</sup>, K, Ca, Mg e CTC de 0,85, 23,4, 12,3 e 105,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente, e V% de 35%.

#### Tratamentos e amostragens

Os tratamentos foram constituídos por duas fontes de corretivos aplicados superficialmente sobre o solo, e o tratamento controle (calcário, silicato de Ca e Mg e sem corretivo). Cada unidade experimental possuía dimensões de 5,4 m de largura e 10 m de comprimento, totalizando 54 m<sup>2</sup>.

As doses dos corretivos foram calculadas objetivando elevar a saturação por bases (V%) a 70%, utilizando-se dois produtos: calcário dolomítico (PRNT=74%, CaO=35%, MgO=12%) e silicato de Ca e Mg (PRNT=66%, CaO=32%, MgO=9% e SiO<sub>2</sub>=23%). A aplicação superficial dos corretivos foi realizada de forma manual no dia 26 de setembro de 2011.

O milho foi semeado em 06 de novembro de 2014, utilizando-se o híbrido simples Dekalb 390 VT

PRO 2, com espaçamento de 0,45 m entrelinhas e três plantas por metro. Adubou-se a cultura com 300 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-28-16. Realizou-se a adubação de cobertura com sulfato de amônio, aplicando-se 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, quando a cultura encontrava-se no estádio V4. O florescimento pleno do milho ocorreu 65 dias após sua emergência. A soma de cátions e condutividade elétrica dos extratos vegetais foram determinados a partir das amostras coletadas para avaliação da produção de massa de matéria seca da parte aérea no florescimento. Para a extração dos compostos hidrossolúveis (ácidos orgânicos de baixo peso molecular), foi transferido 1 g dos resíduos para frascos de 100 mL e adicionou-se 50 mL de água destilada, agitando-se por 4 horas a 200 rpm, com posterior filtragem. De posse dos extratos vegetais, os teores de Ca, Mg e Mn foram determinados por absorção atômica e os de K e Na por fotometria de chamas. Os resultados foram expressos em mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, de forma individual para cada elemento e na forma de soma de cátions ( $\Sigma$  Ca, Mg, Mn, K e Na). Foi também analisada, no extrato vegetal, a condutividade elétrica (CE) da solução por condutivimetria em  $\mu$ S cm<sup>-1</sup>.

#### Delineamento e análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com oito repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> é indicada pela somatória dos cátions solúveis, que pode ser neutralizada pelos resíduos vegetais (Miyazawa et al., 2000). De modo que a calagem e a silicatagem podem melhorar a capacidade dos resíduos das plantas cultivadas em mobilizar cátions e imobilizar o

Al<sup>3+</sup> da solução do solo. Porém, após 36 meses da aplicação superficial de corretivos da acidez, não houve efeito de ambos corretivos na soma de cátions no presente estudo, e também não se observou aumento da condutividade elétrica do extrato vegetal do milho (**Tabela 1**).

Castro et al. (2012) ao quantificarem os cátions solúveis do extrato vegetal do milho após a aplicação de calcário e silicato, verificaram diferença estatística apenas no teor de Mg<sup>2+</sup>, sendo encontrados maiores quantidades quando aplicou-se o calcário e o silicato, uma vez que ambos

corretivos possuem quantidades significativas de MgO. Entretanto, os autores não constataram alterações nos teores de Ca, provavelmente devido o teor original de  $Ca^{2+}$  do solo considerado alto (Raij et al., 1997). Ainda que no presente experimento não houve diferença estatística, a aplicação superficial de corretivos da acidez do solo apresentaram maiores quantidade de  $Mg^{2+}$ , em relação ao controle, da ordem de 18% e 20% para o calcário e o silicato, respectivamente (**Tabela 1**).

A quantidade de sais provenientes não foi suficiente para alterar o valor da condutividade elétrica. Soratto & Crusciol (2007), trabalhando com doses de calcário em um solo de mesma classificação, também não constataram resposta na soma de cátions e condutividade elétrica do extrato vegetal de feijão, mesmo com a redução dos teores de Mg solúvel 18 meses após a aplicação superficial do corretivo. Miyazawa et al. (2000) afirmaram que a condutividade elétrica dos extratos vegetais, onde os valores podem variar de acordo com a determinação da soma de cátions, determina a concentração dos íons dissolvidos na solução.

Os resíduos vegetais que apresentam maior capacidade em mobilizar  $Ca^{2+}$  no perfil do solo são aqueles com alto teor de  $K^+$  solúvel em seus tecidos, variando de espécie para espécie (Franchini et al., 2003). Visto que maiores teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  solúveis nos resíduos vegetais, são mais eficientes em imobilizar o  $Al^{3+}$  da solução do solo, acarretando em uma maior neutralização desse elemento no perfil do solo (Castro et al., 2012).

## CONCLUSÕES

A concentração de cátions hidrossolúveis na parte aérea da cultura do milho não foi influenciada pela aplicação de calcário e silicato após 36 meses da correção do solo.

A condutividade elétrica dos extratos vegetais não detectou diferenças nos teores e na somatória de cátions hidrossolúveis na planta de milho.

## AGRADECIMENTOS

À Capes pelo financiamento da pesquisa e ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa concedida ao sexto autor.

## REFERÊNCIAS

CAIRES, E. F. Correção da acidez do solo em sistema plantio direto. **International Plant Nutrition Institute – Brazil**. In: Informações Agronômicas n.141, Piracicaba. 2013.

CASSIOLATO, M. E. et al. Evaluation of oat extracts on the efficiency of lime in soil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 43, n. 05, p. 533-536, 2000.

CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; MENEGALE, M. L. C. Calagem e silicatagem superficiais e a disponibilidade de cátions hidrossolúveis em culturas anuais e braquiária. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 740-748, 2012.

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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 353 p., 2013.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. Sunderland: Sinauer Associates, 2005. 400 p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Ameliorating soil acidity of tropical oxisols by liming for sustainable crop production. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 99, p. 345-399, 2008.

FRANCHINI, J. C. et al. Organic composition of green manures during growth and its effect on cation mobilization in an acid Oxisol. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 34, n. 13, p. 2045-2058, 2003.

FRANCHINI, J. C. et al. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 533-542, 1999.

HUE, N.V.; CRADDOCK, G.R. & ADAMS, F. Effect of organics acids on aluminum toxicity in subsoils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 50, p. 28-34, 1986.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de Cálcio e Magnésio na Agricultura**. 2.ed. Uberlândia, GPSi/ICIAG/UFU, 2002. 24 p. (Boletim Técnico, 1).

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, v. 2, 168 p., 1994.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agronômicas**, n. 92, p. 01-08, 2000.

RAIJ, B. van et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284 p.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Cátions

hidrossolúveis na parte aérea de culturas anuais mediante aplicação de calcário e gesso em superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 01, p. 81-90, 2007.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 395-401, 2001.

ZIGLIO, C.M.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 42, p. 257-262, 1999.

**Tabela 1.** Teores de cátions solúveis, somatória dos cátions ( $\Sigma$ ) e condutividade elétrica (CE) do extrato vegetal das plantas de milho na época do florescimento masculino, após 36 meses da aplicação superficial de corretivos em sistema plantio direto.

Tratamento	Cátions Solúveis								CE
	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Cu	Fe	Zn	$\Sigma$	
<b>Corretivos</b>	(mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )								μS cm <sup>-1</sup>
<b>Controle</b>	148 a	143 a	118 a	1,8 a	0,2 a	0,2 a	0,2 a	410 a	1078 a
<b>Calcário</b>	148 a	142 a	139 a	1,7 a	0,2 a	0,2 a	0,2 a	430 a	1067 a
<b>Silicato</b>	145 a	129 a	141 a	1,4 a	0,2 a	0,2 a	0,3 a	416 a	1166 a
<b>Probabilidade F</b>	0,95 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>

\* e ns significativo a 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste t ( $p < 0,05$ ).