

Efeito a longo prazo da calagem superficial na cultura do milho em sistema plantio direto

Pietro Hunger Micheri⁽¹⁾; Claudio Hideo Martins da Costa⁽²⁾; Carlos Alexandre Costa Crusciol⁽³⁾; Jayme Ferrari Neto⁽¹⁾; Katiuça Sueko Tanaka⁽¹⁾. Murilo de Souza⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Estudante; Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP; Botucatu, SP; phmicheri@yahoo.com.br; ⁽²⁾ Professor; Universidade Federal de Goiás – Regional de Jataí; Jataí, GO; ⁽³⁾ Estudante; Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP; Botucatu, SP;

RESUMO: Os componentes da produção e a produtividade de grãos das culturas podem ser afetadas pelas modificações dos atributos químicos do solo causadas pela calagem em superfície. Este trabalho objetivou avaliar o efeito da aplicação de calcário em superfície sobre os componentes da produção e a produtividade de grãos de milho, em região de inverno seco. O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, Botucatu (SP), dando continuidade a um projeto de pesquisa que vem sendo conduzido desde o ano agrícola de 2002/03. A semeadura do milho foi realizada em dezembro de 2011. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por quatro níveis de calcário (0, 1000, 2000 e 4000 kg ha⁻¹) com última aplicação em outubro de 2010. Foram realizadas as seguintes avaliações: nutrição, população de plantas, componentes da produção e produtividade das culturas. A calagem melhora a nutrição da cultura do milho, e reflete diretamente nos componentes da produção e conseqüentemente em maiores produtividades de grãos.

Termos de indexação: calcário, *Zea mays*, nutrição plantas.

INTRODUÇÃO

O milho é considerado sensível à acidez do solo, como a maioria das culturas, atingindo o máximo de produção por volta de 50-60% de saturação por bases (QUAGGIO, 2000). Vários estudos com aplicação superficial do calcário demonstraram a eficiência desta prática na produção de grãos de milho no sistema plantio direto (SPD) (Miranda & Miranda, 2000; Miranda et al., 2005; Caires et al., 2015). Porém, alguns estudos tem demonstrado elevada produtividade de milho obtidas na ausência de calagem, em solos com elevada acidez (pH baixo e Al³⁺ alto) sob clima subtropical em SPD

(GATIBONI et al., 2003; PIRES et al., 2003; CAIRES; JORIS; CHURKA, 2011). As explicações para essas elevadas produtividades de grãos em solos ácidos sob SPD têm sido relacionadas com os seguintes fatores: (a) menor toxicidade do Al para as plantas, (b) concentrações suficientes de cátions trocáveis e (c) maior umidade disponível no solo (CAIRES, 2013).

Contudo, é provável que na maioria das regiões tropicais com inverno seco haverá incrementos na produtividade de grãos com a calagem no SPD, mesmo em superfície, diferentemente do que tem sido constatado na região subtropical. Isso porque, nessas regiões, a grande maioria das áreas cultivadas possui baixos teores de matéria orgânica e baixas quantidades de palha na superfície, acarretando, respectivamente, em menor armazenamento e maior evaporação da água do solo.

Esse trabalho objetivou avaliar a nutrição e produtividade de grãos das culturas do milho decorrentes da aplicação de calcário na superfície, em SPD consolidado, em região de inverno seco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas – 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.

O solo do local é do tipo LATOSSOLO VERMELHO distroférico. De acordo com 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. Durante a condução do experimento a precipitação e a temperatura média mensal foi de, respectivamente, 143 mm e 21,2 °C em dezembro de 2011, 357 mm e 23,4 °C em janeiro de 2012, 167

mm e 26,1 °C em fevereiro de 2012, 59 mm e 24,6 °C em março de 2012 e 250 mm e 23,1 °C em abril de 2012.

No início do experimento (Outubro de 2002) e antes da primeira (Agosto de 2004) e da segunda aplicação (Outubro de 2010) as características químicas do solo (0-20 cm) foram determinadas (Tabela 1).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizado, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro doses de calcário dolomítico (0, 1.000, 2.000 e 4.000 kg ha⁻¹), cujas características são: 23,3% de CaO, 17,5% de MgO e 87,5% de PRNT. As doses de calcário foram definidas de acordo com a análise química do solo na profundidade 0-0,20 m para elevar a saturação por bases a 70% (2.000 kg ha⁻¹), metade da dose recomendada (1.000 kg ha⁻¹), o dobro da dose recomendada (4.000 kg ha⁻¹) e uma controle (sem aplicação).

O critério pré-estabelecido no início do experimento para reaplicação dos produtos foi quando a saturação por bases, na profundidade amostrada de 0-0,20 m, apresentasse valores inferiores a 50%, considerando como referência o tratamento com a aplicação apenas de calcário (Tabela 1).

No início do experimento a calagem superficial foi realizada em 15 de outubro de 2002, nas doses previstas para cada tratamento de calcário. As reaplicações foram realizadas nos dias 19 de novembro de 2004 e 18 de outubro de 2010.

A cultura do milho foi semeada no dia 22 de dezembro de 2011, utilizando-se o híbrido 2B433, de ciclo médio e exigente em fertilidade do solo, no espaçamento de 0,45 m entre as linhas. Para a adubação de base nos sulcos foram utilizados 350 kg ha⁻¹ da formulação 08-28-16 (N-P₂O₅-K₂O), levando-se em conta as características químicas do solo e as recomendações para a cultura do milho (Cantarella et al., 1997). O controle de plantas daninhas foi realizado dia 12 de janeiro de 2012, com uso dos herbicidas Atrazine (2500 g ha⁻¹ do i.a.) e Nicossulfurom (50 g ha⁻¹ do i.a.). Em 17 de janeiro de 2012 foi realizada a adubação de cobertura, aplicando-se 150 kg ha⁻¹ de N, na forma de nitrato de amônio nas entrelinhas. Para o controle de pragas foram realizadas três aplicações, sendo a primeira de Lambda-cialotrina + Thiamethoxam (20 e 28 g ha⁻¹ do i.a., respectivamente) em 17/01/2012, a segunda de Deltametrina (21,6 g ha⁻¹ do i.a.) em 30/01/2012 e a terceira de Espinosade (48 g ha⁻¹ do i.a.) em 10/02/2012.

No dia anterior à colheita realizou-se a coleta de plantas para determinação dos componentes da

produção, e no dia 27 de abril de 2012 procedeu-se a colheita, utilizando-se colhedora de parcelas. Colheram-se as três fileiras centrais de plantas por 7 m de comprimento de cada parcela para avaliar a produtividade de grãos (13% de base úmida).

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias ajustadas à equações polinomiais à 5% de probabilidade pelo teste F, utilizando o programa Sisvar 4.2 (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 está contido os resultados dos teores de nutrientes, produção de matéria seca da parte aérea, componentes da produção e produtividade de grãos de milho. Apenas o S e o Zn não foram influenciados pela aplicação de calcário em superfície. Os teores de N e P nas folhas de milho aumentaram de forma quadrática com a calagem. Esse resultado pode ser decorrente da elevação do pH na camada superficial, que proporciona maior mineralização de nitrogênio orgânico do solo (Rosolem et al., 1990).

A aplicação superficial de doses de calcário aumentou os teores de Ca e Mg e reduziu os teores de K nas folhas de milho (Tabela 2). Fica evidente que possa ter ocorrido competição pelos sítios de troca de absorção, principalmente com o Mg, pela similaridade de raio iônico e potencial eletroquímico de absorção de ambos (Rahmatullah & Baker, 1981; Rehm & Sorensen, 1985; Peck & MacDonald, 1989; Patel et al., 1993; Fonseca & Meurer, 1997).

Considerando a soma dos três cátions, constatou-se 64% de K, 27% de Ca e 10% de Mg no controle, e 54% de K, 33% de Ca e 13% de Mg, na dose recomendada de calcário (2.000 kg ha⁻¹). Considerando que a relação nutricional ótima para cultura do milho está entre 60-28-12 e 68-22-10 (K-Ca-Mg, em %) no tecido foliar (Loué, 1963), observa-se que a calagem proporcionou pequeno desequilíbrio nutricional de cátions na planta. Resultados semelhantes foram observados por Caires et al. (2002), que observaram elevado desequilíbrio nutricional entre o Mg e K, contudo não constataram efeito na produtividade de grãos.

Quanto aos micronutrientes (Cu, Mn e Fe), observou-se que houve redução linear com a aplicação de doses de calcário em superfície (Tabela 2). Estes efeitos estão relacionados com o aumento do pH proporcionado pela calagem o que reduz a disponibilidade desses micronutrientes, conforme observado por Nascimento et al. (2005) estudando o Mn na cultura do milho.

A produção de matéria seca aumentou de forma quadrática com a aplicação de doses de calcário superficial, com a produção máxima (14.228 Mg ha⁻¹

¹) atingida na dose estimada de 2.450 kg ha⁻¹ (Tabela 2), podendo ser atribuído, principalmente, pela melhor nutrição em Ca e Mg. Esses nutrientes são fundamentais na estruturação da planta e na transformação de água, nutrientes e energia solar em carboidratos, consequentemente ocorre o aumento no acúmulo de matéria seca (Forestieri & de-Polli, 1990; Nwachuku & Loganathan, 1991). A população de plantas não foi influenciada pela aplicação superficial de calcário. Os resultados para a variável eram esperados, uma vez que muitos estudos evidenciam que este caráter é determinado geneticamente.

O número de grãos por espiga e a massa de 100 grãos foram ajustados a equações quadráticas, que refletiram diretamente no aumento da produtividade de grãos (Tabela 2). A maior produtividade de grãos (10.189 kg ha⁻¹) foi obtida na dose estimada de 3.315 kg ha⁻¹ de calcário, que corresponde a 49% maior que o a produtividade obtida no controle. Essa elevada produtividade de grãos pode ser explicada pela alta correlação com número de grãos por espiga (r= 0,94) e massa de cem grãos (r= 0,99).

De fato, o milho é considerado uma cultura responsiva à aplicação de corretivos, embora exista grande variabilidade genética com respeito à tolerância à acidez do solo. Vários trabalhos demonstraram aumentos na produtividade de grãos da cultura, justificados principalmente pelas melhorias na nutrição das plantas, proporcionada pela aplicação dos corretivos (Caires et al., 2004; Miranda & Rein, 2005). Oliveira et al. (1997) relataram que a aplicação de 6,6 Mg ha⁻¹ de calcário proporcionou a produtividade máxima para a produção de milho em Latossolo Vermelho-Escuro na região dos cerrados. Por outro lado, Raji e Quaggio (1997) determinaram que a dose econômica de calcário nos solos de cerrado para a cultura do milho foi de 9 Mg ha⁻¹.

CONCLUSÕES

A calagem melhora a nutrição da cultura do milho, e reflete diretamente nos componentes da produção e consequentemente em maiores produtividades de grãos.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pela concessão de bolsa ao segundo autor.

REFERÊNCIAS

CAIRES, E. F. Correção da acidez do solo em sistema plantio direto. **Informações agronômicas**. IPNI-International Plant Nutrition Institute, 2013.

CAIRES, E. F.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v. 26, p. 1011–1022, 2002.

CAIRES, E. F.; HALISKI, A.; BINI, A. R.; SCHARR, D. A. Surface liming and nitrogen fertilization for crop grain production under no-till management in Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 66, p. 41–53, 2015.

CAIRES, E. F.; JORIS, H. a. W.; CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. **Soil Use and Management**, v. 27, n. 1, p. 45–53, 12 mar. 2011.

CAIRES, E. F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 125–136, 2004.

CANTARELLA, H.; VAN RAIJ, B.; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 2nd ed. Bol. Tec. 100**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 40–54.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a program for statistical analysis and teaching. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36–41, 2008.

FONSECA, J. A.; MEURER, E. J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 47–50, 1997.

FORESTIERI, E. F.; DE-POLLI, H. Calagem, enxofre e micronutrientes no crescimento do milho e da mucuna preta num podzólico vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 165–172, 1990.

GATIBONI, L. C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J. P. C.; RHEINHEIMER, D. dos S.; KAMINSKI, J. Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 283–290, 2003.

LOUÉ, A. Contribuição para o estudo da nutrição catiônica do milho, principalmente a do potássio. **Fertilité**, v. 20, p. 1–57, 1963.

MIRANDA, L. N. De; MIRANDA, C. J. C. de; REIN, T. A. Utilização de calcário em plantio direto e convencional de soja e milho em Latossolo Vermelho Lime under no-tillage and conventional planting systems for soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 6, p. 563–572, 2005.

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C. Efeito residual

do calcário na produção de milho e soja em solo Glei pouco húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 209–215, 2000.

NASCIMENTO, C. W. A.; LEITE, P. V. V.; NASCIMENTO, R. S. M. P.; MELO, E. E. C. Influência da calagem no fracionamento e na disponibilidade de manganês em solos de Pernambuco. **Agropecuária Técnica**, v. 26, n. 1, p. 22–28, 2005.

NWACHUKU, D. A.; LOGANATHAN, P. he effect of liming on maize yield and soil proprieties in Southern Nigeria. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 22, p. 623–639, 1991.

OLIVEIRA, E. L.; PARRA, M. S.; COSTA, A. Resposta da cultura do milho, em um Latossolo Vermelho-Escuro álico, à calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 65–70, 1997.

PATEL, S. K.; RHOADS, F. M.; HANLON, E. A.; BARNETT, R. D. Potassium and magnesium uptake by wheat and soybean roots as influenced by fertilizer rate. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 24, n. 13-14, p. 1543–1556, 1 ago. 1993.

PECK, N. H.; MACDONALD, G. E. Sweet corn plant responses to P and K in the soil and to band-applied monoammonium phosphate, potassium sulfate, and magnesium sulfate. **American Society for Horticultural Science Journal**, v. 114, n. 2, p. 269–272, 1989.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M.; QUEIROZ, D. M.; MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C. Alterações de atributos químicos do solo e estado nutricional e características agronômicas de plantas de milho, considerando as modalidades de calagem em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 121–131, 2003.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000.

RAHMATULLAH; BAKER, D. E. Magnesium accumulation by corn (*Zea mays* L.) as a function of potassium-magnesium exchange in soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 45, p. 899–903, 1981.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. Methods used for diagnosis and correction of soil acidity in Brazil: overview. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 4., Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997.

REHM, G. W.; SORENSEN, R. C. Effects of Potassium and Magnesium Applied for Corn Grown on an Irrigated Sandy Soil1. **Soil Science**, v. 49, p. 1446–1450, 1985.

ROSOLEM, C. A.; PEREIRA, H. F. M.; BESSA, A. M.; AMARAL, P. G. Nitrogen in soil and cotton growth as affected by liming and N fertilizer. In: WRIGHT, R. J.; BALIGAR, V. C.; MURRMANN, R. P. (Ed.). **Plant-soil interactions at low pH**. Dordrecht: Kluwer, 1990. p. 321–325.

Tabela 1. Características químicas do solo antes do experimento (Outubro de 2002) e antes da primeira (Agosto de 2004) e segunda aplicação de calcário (Outubro de 2012).

Prof. m	pH (CaCl ₂)	M.O. g dm ⁻³	P (resina) mg dm ⁻³	H + Al	Al	K	Ca	Mg	CTC	V %
Outubro 2002										
0-0,20	4,2	21	9	37	6,5	1,4	16	6	65	37
Agosto 2004										
0-0,20	4,9	27	35	35	2,3	1,1	24	10	70	50
Outubro 2010										
0-0,20	4,7	27	35	42	4,0	1,6	23	14	78	47

Tabela 2. Teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Mn e Fe), matéria seca, componentes da produção e produtividade de grãos de milho em função das doses de calcário, safra 2011/12. Botucatu, SP.

Fatores	Calcário				Regressão	R ²
	0	1,000	2,000	4,000		
N, g kg ⁻¹	29,2	30,4	31,4	27,2	y = -0,000001x ² + 0,00248x + 29,066	0,97
P, g kg ⁻¹	3,11	3,16	3,25	3,18	y = -0,0000001x ² + 0,00004x + 3,12	0,88
K, g kg ⁻¹	9,70	7,80	7,14	7,29	y = 0,0000001x ² - 0,0020x + 9,638	0,99
Ca, g kg ⁻¹	4,04	4,04	4,32	4,31	y = -0,0000001x ² + 0,00016x + 4,0	0,75
Mg, g kg ⁻¹	1,49	1,52	1,66	1,69	y = 0,000055x + 1,4945	0,84
S, g kg ⁻¹	1,38	1,39	1,40	1,35	ns	-
Cu, mg kg ⁻¹	9,82	10,19	8,30	7,55	y = -0,000658x + 10,119	0,81

Zn, mg kg ⁻¹	15,0	15,9	14,6	16,2	ns	-
Mn, mg kg ⁻¹	78	59	55	32	$y = -0,011x + 75,73$	0,97
Fe, mg kg ⁻¹	227	195	165	200	$y = 0,00001x^2 - 0,052x + 229,57$	0,96
Matéria seca, Mg ha ⁻¹	7,1	8,7	9,2	9,5	$y = -0,000273x^2 + 1,67x + 7,185$	0,98
População, mil pl ha ⁻¹	88	93	83	82	ns	-
Índice de espiga	1,10	1,15	1,07	1,00	ns	-
Grãos por espiga, n ^o	351	435	426	436	$y = -0,000012x^2 + 0,0648x + 359,3$	0,83
Massa de 100 grãos, g	24,2	24,1	26,3	26,6	$y = 0,00067x + 24,12$	0,76
Produtividade, kg ha ⁻¹	4970	6453	6871	7314	$y = -0,0021x^2 + 1,416x + 5047$	0,97

ns: não significativo.