

Componentes da produção e produtividade de grãos de milho em função da calagem e gessagem superficial

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⁾ Professor; Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP; Botucatu, SP;

RESUMO: O uso da calagem e gessagem levam a modificação química e estrutural dos solos, envolvidos na resposta à componentes da produção e a produtividade de grãos nas culturas. Com o objetivo de avaliar os benefícios, como a nutrição e produtividade de grãos da cultura do milho, decorrentes da aplicação de calcário e gesso agrícola na superfície, em sistema de plantio direto (SPD) consolidado, em região de inverno seco, esse trabalho 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 utilizado foi em blocos casualizado, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por: 1 - controle, 2 - aplicação de calcário (2.000 kg ha^{-1}), 3 - aplicação de gesso (2.100 kg ha^{-1}), e 4 - aplicação de calcário + gesso ($2.000 \text{ kg ha}^{-1} + 2.100 \text{ kg ha}^{-1}$). Foram realizadas as seguintes avaliações: teores de nutrientes, população de plantas, componentes da produção e produtividade de grãos de Milho. A utilização da calagem e gessagem superficial melhora a nutrição da cultura do milho, e reflete diretamente nos componentes da produção e consequentemente em maiores produtividades de grãos.

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

INTRODUÇÃO

No Brasil, o cerrado é a principal região produtora de grãos do país, ocupa cerca de 205 milhões ha ou 23% do território nacional. Grande parte dos solos dessa região apresentam baixa fertilidade natural, elevada saturação de alumínio, e elevada capacidade de fixação de P (Fageria; Stone, 1999). A baixa fertilidade é uma característica de solos ácidos, assim a correção

desses solos é muito importante para crescimento adequado das culturas (Castro e Crusciol, 2013).

A calagem é a prática mais comumente utilizada para neutralizar a acidez do solo e restaurar a capacidade de produção, elevar a disponibilidade de nutrientes, e reduzir os níveis de elementos tóxicos (Caires et al., 2013). Essa prática no sistema plantio direto é realizada superficialmente, contudo, em curto prazo, os efeitos da calagem superficial ficam restritos as camadas superficiais do solo.

O gesso agrícola é um produto mais solúvel que o calcário, composto principalmente de sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), entretanto, sua adição no solo não altera o pH. O gesso aplicado na superfície do solo movimentam-se ao longo do perfil sob a influência da percolação de água (Caires et al., 1999). Como consequência obtém-se aumento no suprimento de cálcio e redução da toxidez de alumínio no subsolo (Caires et al., 2013). É, portanto, uma alternativa para melhorar o ambiente radicular no subsolo, e pode ser usado em solos ácidos, como um complemento para a calagem (Caires et al., 2003). Esse trabalho objetivou avaliar a nutrição e produtividade de grãos das culturas do milho, decorrentes da aplicação de calcário e gesso agrícola 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 $48^\circ 23'$ de longitude Oeste de Greenwich e $22^\circ 51'$ 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; 250 mm e 23,1 °C em abril de 2012.

As características químicas do solo (0-20 cm) foram determinadas em outubro de 2010 e os resultados foram: 27,0 g dm⁻³ de matéria orgânica; pH (CaCl₂) 4,7; 34,0 mg dm⁻³ de P (resina); 1,6; 23; 14; 42 mmol_c dm⁻³ de K, Ca, Mg e H+Al, respectivamente; e 47% de saturação por bases. Em agosto de 2004 foram coletadas amostras de solo para análise granulométrica (20-40 cm) e os resultados foram: 513, 360 e 127 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizado, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por: 1 - controle, 2 - aplicação de calcário (2.000 kg ha⁻¹), 3 - aplicação de gesso (2.100 kg ha⁻¹), e 4 - aplicação de calcário + gesso (2.000 kg ha⁻¹ + 2.100 kg ha⁻¹). As características do calcário foram, 23,3% de CaO, 17,5% de MgO e 87,5% de PRNT, e do gesso 16% de S e 20% de Ca. A dose de calcário foi definida de acordo com a análise química do solo na profundidade 0-0,20 m para elevar a saturação por bases a 70%. A dose de gesso foi de acordo com Rajj et al. (1997), sendo a dose recomendada (kg ha⁻¹) igual ao teor de argila (g kg⁻¹) da camada 0,20 – 0,40 m multiplicado por 6.

No início do experimento a calagem e a gessagem superficial foram realizadas em 15 de outubro de 2002, nas doses previstas para cada tratamento. 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). 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. Todos os tratamentos culturais foram realizados de acordo com a necessidade da cultura.

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 comparadas pelos teste LSD à 5% de probabilidade, utilizando o programa Sisvar 4.2 (Ferreira, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As aplicações de calcário e de calcário associado ao gesso proporcionaram maiores teores foliares de N, P e Ca, com aumento em relação ao controle de 14, 6 e 5%, respectivamente, pela calagem, e de 14, 6 e 10%, respectivamente, pela calagem associada ao gesso (Tabela 2). Isto pode ser decorrente da elevação do pH, que pode aumentar a atividade da nitrificação em até 5 vezes, de 0,18 para 0,93 µg NO₃⁻-N/g.h (Islam et al., 2006), a mineralização de N orgânico do solo (Rosolem et al., 1990) e a disponibilidade de P no solo (MacBride, 1994).

Os teores foliares de Mg aumentaram com a calagem e a calagem associada ao gesso em relação ao controle, em 70 e 40%, respectivamente (Tabela 2). A calagem superficial é conhecida por influenciar positivamente a absorção de Ca e Mg nas culturas em SPD estabelecido, uma vez que os produtos da dissociação do calcário elevam a disponibilidade de Ca e Mg trocável no perfil do solo, corroborando os resultados obtidos por Castro e Crusciol (2013) na cultura do milho.

A gessagem e a calagem associada ao gesso proporcionaram os maiores teores foliares de S, com incrementos de 19 e 25%, respectivamente, em relação ao controle (Tabela 2). Esses resultados são decorrentes do aumento nos teores de S-SO₄²⁻ no solo pela gessagem. O gesso agrícola é um subproduto da fabricação de ácido fosfórico possuindo em sua composição quantidades substanciais de enxofre (16% de S).

Os teores foliares de K, Cu, Zn, Mn e Fe, nos tratamentos de calagem e calagem associada ao gesso estes foram menores em relação ao controle e à gessagem (Tabela 2). Quanto aos K fica evidente que pode ter ocorrido competição pelos sítios de troca de absorção com o Ca e Mg, mas principalmente com o Mg, pela similaridade de raio iônico e potencial eletroquímico de absorção de ambos (Patel et al., 1993; Fonseca e Meurer, 1997). Caires et al. (2002) também observaram elevado desequilíbrio nutricional entre o Mg e K, contudo não constataram efeito na produtividade de grãos.

Com relação aos teores de Cu, Zn, Mn e Fe, o aumento do pH proporcionado pela calagem reduz a disponibilidade dos micronutrientes catiônicos no solo, aumentando a retenção no complexo coloidal ou reduzindo a solubilidade das formas químicas que controlam a sua concentração na solução do solo (Quaggio, 2000).

Com relação à produção de matéria seca e os componentes da produção, sendo este último pouco estudado nos trabalhos relacionados acidez do solo e aplicação de corretivos, a avaliação permite entender o porquê a acidez reduz a produtividade de grãos, ou seja, qual(is) estrutura(s) que comporá(ão) a produção da planta é mais sensível a acidez do solo, pois na grande totalidade dos trabalhos nesta linha de pesquisa avaliam apenas a produtividade de grãos e, ainda, em um número maior a produção de matéria seca da parte aérea.

Assim, constatou-se que a produção de matéria seca foi maior com a calagem, associada ou não ao gesso (Tabela 3), semelhantes aos resultados observados por Melo et al. (2011). Os autores atribuíram este efeito à melhor nutrição das plantas de milho proporcionada pela calagem.

A calagem associada ao gesso proporcionou o maior número de espigas por planta, seguida do tratamento calagem (Tabela 3). Isto pode ter ocorrido em decorrência da elevada acidez do solo ter prejudicado o desenvolvimento inicial das plantas, fase em que as espigas potenciais começam a ser determinadas, da fase V3 até a V5 (Ritchie et al., 2003). Prado (2001) observaram os maiores valores de espigas por plantas, de 0,99, na saturação por bases de 65% comparados à saturação por bases de 45%, com valores de 0,94, contudo os autores salientam que não houve diferença significativa.

O número de grãos por espiga e a massa de 100 grãos foram maiores nos tratamentos calagem e calagem associada ao gesso, seguidos da gessagem (Tabela 3), evidenciando que estes componentes ficaram limitados sob condições de elevada acidez. Estes resultados podem ser atribuídos aos maiores teores de Ca nestes tratamentos, visto que este nutriente é essencial na viabilidade e germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, que garantirão a fecundação da flor (Marschner, 2012). Assim, condições desfavoráveis durante o desenvolvimento dos grãos além de causar abortamento destes (Jacobs & Pearson, 1991), pode também reduzir a capacidade dos drenos de mobilizar fotoassimilados, ou seja, reduz a massa de 100 dos grãos (Tabela 3).

A produtividade de grãos aumentou em ordem crescente em função da aplicação de gesso, calcário e calcário associado ao gesso (Tabela 3). Este efeito foi reflexo dos observados nos componentes da produção, ou seja, o maior número de grãos por espiga e massa de 100 grãos no tratamento gessagem, em relação ao controle, e na calagem e calagem associada ao gesso, em relação ao controle e a gessagem, bem como, o maior

número de espigas por planta no tratamento calagem associada ao gesso, em relação ao controle, a gessagem e a calagem, foram determinantes para a produtividade de grãos.

CONCLUSÕES

A calagem e gessagem superficial 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 primeiro 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, 2011.
- 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.
- CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C. Yield and mineral nutrition of soybean, maize, and congo signal grass as affected by limestone and slag. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 673–681, 2013.
- 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.
- 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.
- ISLAM, A.; WHITE, R. E.; CHEN, D. Nitrification activity in acid soils of north-eastern Victoria, Australia, as affected by liming and phosphorus fertilisation. **Australian Journal of Soil Research**, v. 44, p. 739–744, 2006.
- JACOBS, B. C.; PEARSON, C. J. Potential yield of maize, determined by rates of growth and development of ears. **Field Crops Research**, v. 27, n. 3, p. 281–298, 1991.
- MACBRIDE, M. B. **Environmental chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 1994.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Amsterdam: Elsevier; Academic Press, 2012.
- MELO, L. C. A.; AVANZI, J. C.; CARVALHO, R.; SOUZA, F. S.; PEREIRA, J. L. A. R.; MENDES, A. D. R.; MACEDO, G. B. Nutrição e produção de matéria seca de milho submetido a calagem e adubação sulfatada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 193–199, 2011.
- 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.
- 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, 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 agrônomicas 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.
- PRADO, R. de M. **Saturação por bases e híbridos de milho sob sistema plantio direto** Scientia Agricola, 2001. .
- 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.
- 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.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. **Informações Agronômicas**, v. 103, p. 1–20, 2003.
- 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. Teores de macro e micronutrientes na folha diagnose do milho em função da gessagem e calagem superficial, num Latossolo Vermelho distroférico, em SPD. Na safra 2011/12. Botucatu, SP.

Fatores	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Mn	Fe
Tratamentos	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
Controle	27 c	3,1 b	9,7 a	4,1 c	1,0 b	1,6 b	9,8 a	15,0 a	78 a	227 a
Gesso	29 b	3,1 b	9,1 a	4,1 c	0,7 b	1,9 a	9,3 a	14,6 a	83 a	199 a
Calcário	31 a	3,3 a	7,1 c	4,3 b	1,7 a	1,6 b	8,3 b	14,6 a	54 b	165 b
C + G	31 a	3,3 a	8,1 b	4,5 a	1,4 a	2,0 a	7,6 b	14,4 a	48 b	177 b
Bloco	0,649	0,055	0,358	0,362	0,334	0,585	0,146	0,269	0,687	0,173
Tratamentos	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,010	0,446	0,000	0,008

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste t (p<0,05).

Tabela 2. Produção de matéria seca de parte aérea, população de plantas, número de espigas por planta, grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho em função da gessagem e calagem superficial, num Latossolo Vermelho distroférico, em SPD. Na safra 2011/12. Botucatu, SP.

Fatores	Matéria seca	População	Espigas por planta	Grãos por espiga	Massa de 100 grãos	Produtividade de grãos
---------	--------------	-----------	--------------------	------------------	--------------------	------------------------

Tratamentos	kg ha ⁻¹	mil pl ha ⁻¹	n ^o	n ^o	g	kg ha ⁻¹
Controle	10394 b	71 a	0,95 c	351 c	24,20 c	4970 d
Gesso	10989 b	68 a	0,92 c	397 b	25,39 b	5708 c
Calcário	14836 a	66 a	1,01 b	426 a	26,29 a	6872 b
C + G	14741 a	65 a	1,16 a	443 a	27,06 a	8586 a
Bloco	0,153	0,891	0,104	0,658	0,797	0,115
Tratamentos	<0,001	0,297	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste t ($p < 0,05$).