Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Efeito de doses de gesso agrícola na cultura do milho e alterações químicas no solo

Effect of gypsum rates in corn and chemical changes in the soil

Luiz Augusto do Amaral[1], João Paulo Ascari[1], Willian Marques Duarte[1], Inês Roeder Nogueira Mendes[1], Esdras da Silva Santos[1], Otávio Luiz Lenzi de Julio[1]

Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus de Tangará da Serra/MT. MT-358, 7 - Jardim Aeroporto, Tangará da Serra - MT, 78300-000 E-mail: luiz1162@hotmail.com

Recebido em: 12/06/2015 Aceito em:03/12/2016

RESUMO: A cultura do milho apresenta importância econômica no cenário agrícola, de modo que a região Centro Oeste detém a maior média de produtividade do Brasil. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de doses de gesso agrícola sobre a produtividade de milho cultivado em segunda safra e seus efeitos químicos no solo. O experimento foi realizado no Campus experimental da UNEMAT, Tangará da Serra – MT. O delineamento experimental foi em blocos casualisados (DBC) com cinco tratamentos (0 t ha^{-1}, 1 t ha^{-1}, 2 t ha^{-1}, 3 t ha^{-1} e 4 t ha^{-1} de gesso agrícola) em quatro repetições, totalizando 20 parcelas. Foi utilizado o híbrido de milho DKB 390 VT Pro2, e as parcelas foram constituídas de cinco metros de comprimento por quatro de largura, com espaçamento entre linhas de 0,50 m. Foi aplicado calcário dolomítico e gesso agrícola aos 60 e 30 dias antes da semeadura, respectivamente. Somente a variável diâmetro do caule e produtividade apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, onde os diâmetros superiores foram observados nas doses acima 2 t ha^{-1} e a maior produtividade obtida na dose de 4 t ha^{-1} de gesso. O efeito da aplicação do gesso proporcionou aumento na concentração de cálcio, magnésio e enxofre na camada de 20 a 40 cm de profundidade, assim como redução nos teores de alumino.

Palavras-chave: *Zea mays* L., produtividade, movimentação de nutrientes

ABSTRACT: The culture of maize has economic importance in the agricultural scenario, so that the Midwest region has the highest average yield in Brazil. The objective of this study was to evaluate the effect of gypsum doses on corn yield grown on second crop and its chemical effects on soil. The experiment was carried out in experimental campus UNEMAT, Tangara da Serra - MT. The experimental design was randomized blocks (DBC) with five treatments (0 t ha^{-1}, 1 t ha^{-1}, 2 t ha^{-1}, 3 t ha^{-1} and 4 t ha^{-1} of gypsum) with four replications totaling 20 plots. We used the corn hybrid DKB 390 VT Pro2, the plots consisted of five meters long by four wide, with spacing of 0.50 m. It was applied dolomitic limestone and gypsum at 60 and 30 days prior to sowing, respectively. Only the variable diameter of the stem and yield were significantly different between treatments, where higher diameters were observed in doses above 2 t ha^{-1} and the higher yield achieved at a dose of 4 t ha^{-1} gypsum. The effect of the application of the gypsum provided an increase in concentration of calcium, magnesium and sulfur into the layer of 20 to 40 cm deep, as well as reduction in aluminum content.

Key-words: *Zea mays* L., productivity, leaching of nutrients

INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) apresenta grande destaque econômico no cenário agrícola brasileiro, onde as estimativas de área cultivada e produção para safrinha 2015 são de 9.510,6 mil hectares e 51.548,4 mil toneladas de grãos, respectivamente. Neste cenário, o Estado de Mato Grosso participa com 34,15% e 35,70% da área cultivada e produção do país, respectivamente, apresentando produtividade média de 5.663 kg ha^{-1} (CONAB, 2015). O milho é uma cultura com alto potencial de rendimento e resposta às correções dos do solo. Porém, o cultivo na segunda safra, que corresponde ao período de fevereiro/março a

julho/agosto, apresenta riscos climáticos de deficiência hídrica (Broch & Ranno, 2009).

Os solos do cerrado apresentam baixo teor de nutrientes, elevado índice de acidez e alto teor de alumínio tóxico, que dificulta o desenvolvimento e crescimento das raízes em profundidade (Sousa & Lobato, 2004; Sousa et al., 2005). Atrelado a isto, a baixa capacidade de retenção de água no perfil do solo, pode agravar os problemas que restringem o desenvolvimento adequado das plantas submetidas a uma possível condição de estresse hídrico no cultivo safrinha (Sousa & Lobato, 2004).

Para melhor desenvolvimento da cultura em segunda safra, existe a necessidade de adequar as condições no solo, de modo que permitam a exploração do sistema radicular da planta em maiores profundidades no perfil, visando aumentar a absorção de nutrientes e água (Galvão & Miranda, 2004).

Dentre as possíveis técnicas de manejo de ser aplicada, a utilização do gesso agrícola (gessagem) tem sido uma das melhores alternativas para neutralizar a toxicidade de alumínio na camada subsuperficial do solo (Caires et al., 2003; Sousa & Lobato, 2004; Oliveira et al., 2007; Broch & Ranno, 2009).

Devido à solubilidade do gesso agrícola e a presença de água no solo, sua movimentação ao longo do perfil é maior, contribuindo para redução da toxidez de Alumínio no subsolo, aumentar a disponibilidade de enxofre e percolação de bases, que proporcionam melhoria do ambiente radicular nas camadas mais profundas do solo (Martins et al., 2002; Caires et al., 2003; Castro et al., 2013).

As respostas agronômicas do milho a aplicação de doses de gesso agrícola apresentam variações de acordo com cada tipo de solo, pois Maluf et al. (2010) não verificaram efeitos da aplicação de gesso em um Latossolo Vermelho Distroférrico Cambissólico, enquanto que Caires et al. (2004) em um Latossolo Vermelho Distrófico textura argilosa, observaram que a dose de 9 t ha^{-1} proporcionou maior produtividade da cultura, e vale salientar, que é de grande importância realizar a calagem anteriormente.

Neste sentido, novos estudos necessitam ser realizados para comprovar os benefícios e efeitos da aplicação de gesso agrícola no desenvolvimento do milho e as mudanças químicas ocorridas no solo. Deste modo, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito de doses de gesso agrícola sobre a produtividade de milho cultivado em segunda safra e seus efeitos químicos no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade do Estado do Mato Grosso - UNEMAT, Município de Tangará da Serra – MT, rodovia MT 358, km 07, localizada geograficamente a 14º37'55'' S, 57º28'05'' O. A região apresenta média pluviométrica de 1.800 mm anuais distribuídos nos meses de setembro a abril, e período seco entre maio e agosto. A temperatura média é de 24,4°C, a umidade relativa do ar fica entre 70% e 80% e a altitude é de 440,0 m (Martins et al., 2010; Dallacort et al., 2011). O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 2013), textura argilosa (61,5%), topografia plana e primeiro ano de cultivo agrícola.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso (DBC), com cinco tratamentos (0, 1, 2, 3 e 4 t ha^{-1} de gesso agrícola), quatro repetições totalizando 20 parcelas. Cada parcela foi constituída de cinco metros de comprimento e quatro metros de largura, totalizando 20 m^2 por parcela e área total de 400 m^2. Foi utilizado o híbrido de milho DKB 390 VT Pro2, indicado para a região de Tangará da Serra, onde apresenta boa qualidade de colmo, alto crescimento radicular e alto potencial produtivo.

Foi realizada uma análise de solo no mês de outubro de 2013, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. O preparo da área teve início no mês de novembro de 2013, onde foi realizada gradagem pesada com objetivo de eliminar as camadas compactadas do solo (Facual, 2006). A calagem foi realizada baseada no método de Elevação da Saturação de Bases proposto por Sousa et al. (1997), onde foi aplicado 4 t ha^{-1} de calcário dolomítico (28% CaO, 18% MgO, PRNT 75%) 60 dias antes semeadura para elevar a pH 6,0 conforme recomendado para a cultura, de acordo com os resultados da análise de solo (Tabela 1).

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Tabela 1. Características químicas do solo do local da instalação do experimento antes da aplicação de calcário e gesso agrícola, nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm de profundidade. Brasil, Tangará da Serra - MT, UNEMAT, 2014.

Camada	pH	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H	CTC
cm	$CaCl_2$	H_2O	----mg dm^{-3}--		----------cmol$_c$ dm^{-3}----------				
0 – 20	4,4	5,2	1,8	24	1,6	0,8	0,4	6,3	9,1
20 – 40	4,3	5,5	0,6	13	0,7	0,5	0,5	5,3	7,1
	MO	V	Sat. Al	Zn	Cu	Fe	Mn	B	S
	g dm^{-3}	%	%	----------mg dm^{-3}----------					
0 – 20	37,8	27,0	14,0	0,6	6,1	78,0	83,0	0,32	9,4
20 – 40	27,1	17,5	29,8	-	-	-	-	-	-

Foi adotado o espaçamento de 0,50 metros entre linhas e uma densidade de 60.000 plantas ha^{-1}. Como área útil de cada parcela foi selecionada duas linhas centrais, desconsiderando 0,5 m em cada extremidade como efeito de bordadura, resultando em 4 m^2.

A aplicação das doses de gesso (30% SO_4 e 20% Ca) foi calcula conforme as recomendações de Souza & Lobato (2004), sendo aplicadas a lanço no solo 30 dias antes da semeadura do milho, de acordo com as doses de cada tratamento. Posteriormente foi incorporado com uma gradagem leve para acelerar as reações químicas de solubilização no solo conforme afirmado por Ernani et al. (2001).

A adubação de semeadura foi realizada conforme os resultados obtidos na análise de solo (Tabela 1), seguindo as recomendações de Souza & Lobato (2004). Foi aplicado 67 kg ha^{-1} de N (suprido pelos 9% de N presentes no MAP), 750 kg ha^{-1} de MAP (48% P_2O_5 e 9% N), 280 kg ha^{-1} de cloreto de potássio (58% K_2O) e 20 kg ha^{-1} de sulfato de zinco (30% Zn). A semeadura foi realizada no dia 10/03/2014 de forma manual. Foi realizado o desbaste aos 10 dias após semeadura (DAS), aos 15 DAS (Fase fenológica V4) foi realizada a adubação de cobertura com 160 kg ha^{-1} de ureia e 55 kg ha^{-1} de cloreto de potássio.

O controle fitossanitário com fungicida e inseticida foi realizado conforme as necessidades da cultura, respeitando o nível de controle de cada espécie de inseto praga, enquanto que para as doenças foi realizado controle preventivo. Foi necessário realizar controle das plantas daninhas por meio de aplicação do herbicida Roundup WG com pulverizador costal.

No estádio fenológico R6 (maturação fisiológica) foram realizadas as avaliações da cultura, onde foram consideradas 10 plantas aleatórias da área útil de cada parcela, conforme metodologia proposta por Teixeira & Costa (2010).

As variáveis avaliadas foram: (AP): altura de planta (medido da base da planta até a altura da inflorescência masculina), (NF): número de folhas (média do número total de folhas), (DC): diâmetro do caule (medido no segundo internódio acima do nível do solo com auxílio de paquímetro digital), (CE): comprimento da espiga (medida do comprimento da base ao ápice da espiga), (DE): diâmetro da espiga (medida do diâmetro no terço inferior da espiga), (NFE): número de fileiras por espiga (contagem do número de fileiras com grãos na espiga).

Para avaliar a produtividade foram colhidas todas as plantas presentes na área útil, em seguida foi retirada a umidade dos grãos pelo método padrão da estufa a 105°C por 24 horas (Brasil, 2009) até chegar a 13% de umidade, em seguida extrapolada para kg ha^{-1}. Utilizando os grãos com umidade corrigida, foi feito o peso de mil grãos (PMG) (peso médio de 1.000 grãos com umidade de 13%).

Em relação aos efeitos químicos do solo, foram avaliadas as alterações de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), enxofre (S^{-}) e alumínio (Al^{3+}) nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, considerando a diferença entre a análise inicial e posterior da aplicação do gesso com base na metodologia proposta pela EMBRAPA (2011). Foi monitorado e registrado os dados climáticos obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia, Estação Meteorológica de Tangará da Serra/MT (Figura 1).

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

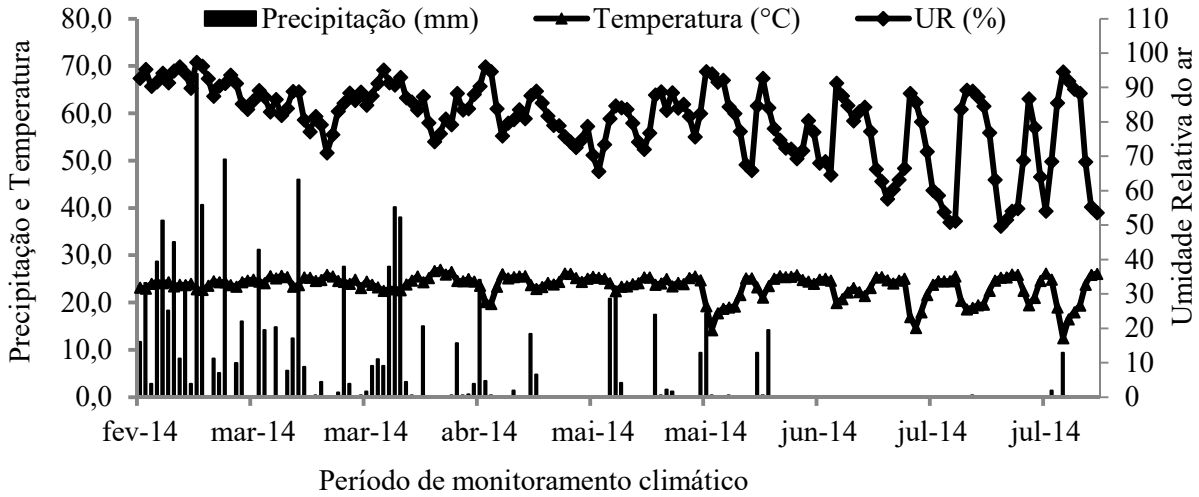


Figura 1. Variáveis climáticas monitoradas durante o período de condução do experimento. Brasil, Tangará da Serra - MT, UNEMAT, 2014. Fonte: INMET, estação Meteorológica de Tangará da Serra - MT, 2014.

Primeiramente os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, em seguida foi realizado o ajuste de regressão para os parâmetros cálcio, magnésio, enxofre e produtividade utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a aplicação das doses de gesso agrícola foi possível verificar que ocorreu movimentação e lixiviação de cálcio e magnésio no perfil do solo, além de liberação de enxofre e neutralização do alumínio no solo. Após a aplicação do gesso agrícola, a concentração de cálcio nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade do solo apresentaram aumento linear (Figura 2).

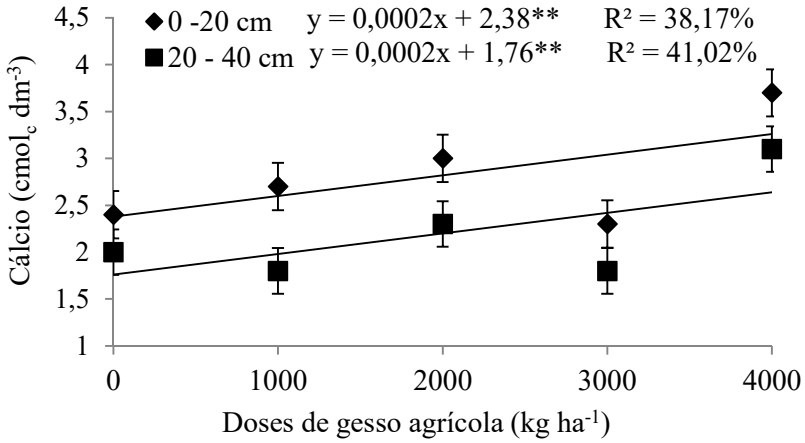


Figura 2. Efeito de doses de gesso agrícola sobre a concentração de Cálcio nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm de profundidade, em Latossolo Vermelho Distroférrico. ** Significativo a 5%.

Como o gesso apresenta grande mobilidade em solo úmido, pode-se observar efeito positivo na concentração de cálcio nas camadas subsuperficiais do solo. Após a aplicação do gesso na camada de 0 a 20 cm a concentração de cálcio aumentou 2,1 $cmol_c$ dm^{-3}, já a camada de 20 a 40 cm apresentou acréscimo de 2,4 $cmol_c$ dm^{-3} com a maior dose de gesso. A concentração de cálcio

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

disponível no solo obtida após a aplicação do gesso supre a necessidade nutricional da cultura por este nutriente, pois como relatado por Coelho (2006), para uma produção esperada de 5,8 t ha^{-1} de grãos a cultura necessita de 17 kg ha^{-1} de cálcio no solo.

A eficiência do gesso agrícola na lixiviação do cálcio no perfil do solo, se dá pela maior solubilidade que o mesmo apresenta na solução do solo quando em contato com água, ativando as reações químicas de neutralização do alumínio, liberação de enxofre e cálcio além de promover a movimentação de outros nutrientes no perfil do solo, como mencionado por Sousa & Lobato (2004).

Devido a esse comportamento do gesso agrícola, possivelmente no presente estudo as condições de fertilidade adequadas, boa disponibilidade hídrica e a não existência de impedimentos químicos como o alumínio no solo, podem ter contribuído para o desenvolvimento uniforme da cultura.

Os efeitos químicos da lixiviação de cálcio no perfil do solo em relação às doses de gesso foram similares aos observados pelos pesquisadores Ernani & Barber (1993); Ernani et al. (2001); Caires et al. (2001; 2002; 2004) em estudos conduzidos em um Latossolo Vermelho Distrófico com textura média, onde verificaram que houve aumento linear na movimentação do cálcio trocável no perfil do solo com aplicação de gesso agrícola.

Resultados superiores ao do presente estudo foram observados por Ernani et al. (2001) em um Latossolo Bruno Álico e um Cambissolo Húmico Álico com 55,0% e 40,0% de argila respectivamente, em relação aos métodos de aplicação dos corretivos, de modo que na aplicação de gesso agrícola na superfície do solo foi observado aumento da concentração de cálcio na camada de 0 a 20 cm em 150 $mmol_c$ kg^{-1}.

Em relação à lixiviação de cálcio no solo, os resultados observados no presente estudo divergem dos obtidos por Foloni et al. (2008), onde observaram aumento na concentração de cálcio em um Argissolo Vermelho Distroférrico com aplicação de gesso na dose superior a 8 t ha^{-1}. Solos arenosos com baixa fertilidade, pouca matéria orgânica a aplicação de gesso em altas doses pode causar problemas nutricionais as culturas. Entretanto a dose de gesso que promove maior lixiviação de nutrientes é variável entre os solos, podendo ocorrer em doses de 2,8 a 10,8 t ha^{-1} de gesso, devido as diferenças de energia da ligação dos cátions no solo, de acordo com o tipo de nutriente para formar uma ligação pareada com o sulfato e pela quantidade/intensidade do nutriente (Manetti, 2005).

Inicialmente o solo apresentava concentração de magnésio de 0,8 e 0,5 $cmol_c$ dm^{-3} nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm de profundidade respectivamente. Após a aplicação do gesso agrícola, os níveis de concentração apresentaram aumento linear nas referidas camadas de solo (Figura 3).

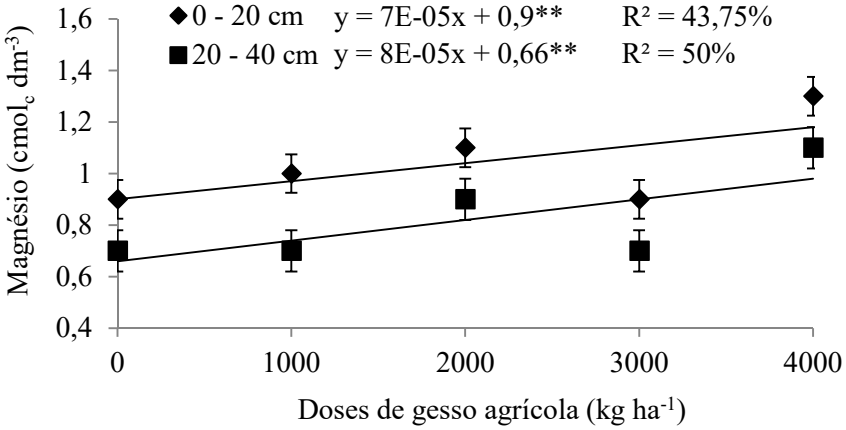


Figura 3. Efeito de doses de gesso agrícola sobre a concentração de Magnésio nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm de profundidade, em Latossolo Vermelho Distroférrico. ** Significativo a 5%.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

A movimentação do magnésio no perfil do solo ocorreu quando o sulfato se movimentou para as camadas inferiores acompanhado de cátions, promovendo aumento da concentração desses nutrientes na camada de 20 a 40 cm de profundidade. Essa movimentação é variável e fortemente relacionada com o tipo de solo em questão, pois como afirmado por Sousa et al. (2005), a aplicação da dose correta do gesso agrícola deve estar de acordo com a textura do solo em questão.

A concentração de enxofre no solo apresentou aumento linear em relação ao aumento das doses de gesso, de modo que a maior disponibilidade do nutriente nas camadas do solo está fortemente relacionada com aumento das doses de gesso (Figura 4).

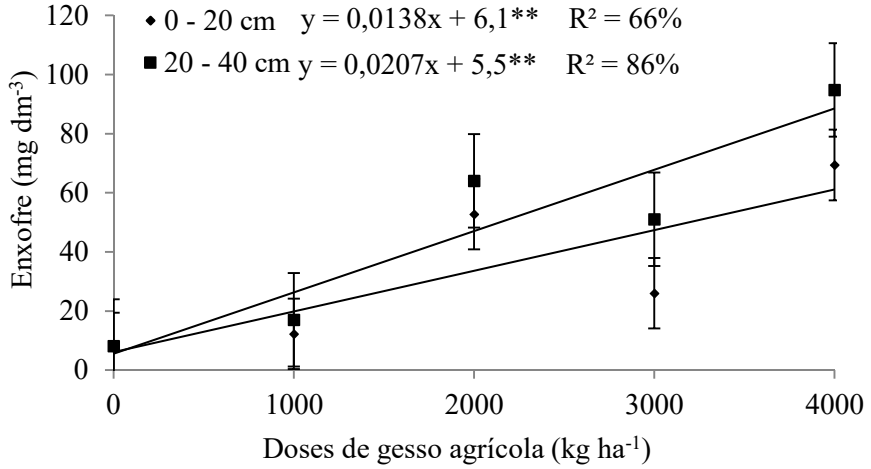


Figura 4. Efeito de doses de gesso agrícola sobre a concentração de Enxofre nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm de profundidade, em Latossolo Vermelho Distroférrico. ** Significativo a 5%.

Resultados encontrados neste estudo para camada subsuperficial corroboram com os observados por Foloni et al. (2008) em estudo realizado no estado de São Paulo, utilizando solo classificado como Argissolo Vermelho Distroférico com 76% de areia e 18% de argila, onde observaram aumento de 3 vezes na concentração de sulfato (SO_4^{-2}) nas camadas de 20 a 40 cm com aplicação de 3 t ha^{-1} de gesso.

Na dose de 4 t ha^{-1} observou-se aumento de 10 e 16 vezes na concentração de SO_4^{-2} nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade respectivamente, em relação à testemunha. Esses resultados corroboram com os observados por Foloni et al. (2008), que também observaram aumento similar na concentração de SO_4^{-2} da camada arável do solo.

As modificações químicas observadas no solo deste estudo em relação ao enxofre foram semelhantes às observadas por Soratto & Crusciol (2008) em Botucatu - SP, quando testando as modificações dos atributos químicos de um Latossolo Vermelho Distrófico com 34% de argila em resposta a aplicação de gesso, observaram aumento nos teores de SO_4^{-2} em todo o perfil do solo, principalmente nas camadas subsuperficiais do solo.

O gesso além de melhorar as condições do ambiente de exploração radicular com neutralização do alumínio, libera no solo enxofre e cálcio disponível para ser absorvido pelas plantas, fato este se torna importante, pois o solo do cerrado apresenta baixa concentração desses nutrientes em condições naturais.

A concentração de alumínio trocável no solo em ambas as camadas após a aplicação das doses de gesso foi zero em todos os tratamentos em relação à testemunha (Figura 5). Esses resultados corroboram com a afirmação de Coelho (2006) para se atingir adequado desenvolvimento da cultura, pois esse autor relata que o milho é uma cultura com pouca tolerância ao Alumínio tóxico, e

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

saturação acima de 20% da CTC pode ocasionar perdas de 7% a 47% na produtividade.

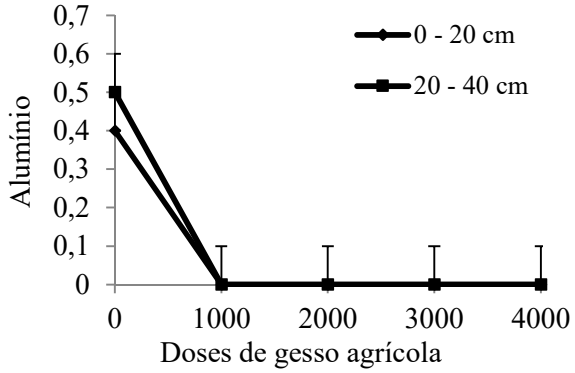


Figura 5. Efeito de doses de gesso agrícola (kg ha^{-1}) sobre a concentração de Alumínio (cmol$_c$ dm^{-3}) nas camadas de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm de profundidade, em Latossolo Vermelho Distroférrico.

O Alumínio trocável na camada arável e no subsolo foi neutralizado pela formação de um par iônico com o SO_4^{-2} proveniente do gesso. Com a eliminação de impedimentos químicos do ambiente de exploração radicular, as raízes apresentaram maior área no solo de absorção de água e nutrientes, os quais podem ser convertidos em aumento de produtividade. Resultados semelhantes foram observados por Sousa et al. (2005), onde relatam que o gesso aumenta a disponibilidade de cálcio e magnésio no solo, além de neutralizar o Alumínio, liberar enxofre e permitir maior absorção de nitrogênio, e com isso, pode apresentar incrementos de até 20 sacos/ha.

Com relação aos parâmetros avaliados de crescimento e produção da planta, houve diferença somente para diâmetro do caule e produtividade, onde os maiores diâmetros de caule foram observados nas doses de gesso acima de 2 t ha^{-1} e a maior produtividade verificada na dose de 4 t ha^{-1} de gesso agrícola. As variáveis AP, NF, DC, CE, DE, NFE, PMG não diferiram entre os tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito de doses de gesso agrícola (DG) sobre a variável Altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras por espiga (NFE) e peso de mil grãos (PMG) da cultura do milho. Brasil, Tangará da Serra - MT, UNEMAT, 2014.

DG	AP	NF	DC	CE	DE	NFE	PMG
	---m---		----------cm----------				-----g-----
T_1	2,55a	12,05a	18,04b	12,27a	47,44a	16,55a	309,59a
T_2	2,57a	12,40a	18,66b	12,15a	47,59a	16,30a	292,70a
T_3	2,57a	12,72a	19,44a	12,50a	47,37a	16,60a	301,86a
T_4	2,57a	12,45a	19,95a	12,69a	48,14a	17,00a	300,00a
T_5	2,57a	12,37a	19,45a	13,10a	47,60a	16,85a	297,92a
DMS	0,03	0,74	1,41	1,33	1,87	1,12	41,67
CV %	0,56	2,64	3,27	4,71	1,74	2,97	6,15

Médias com mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste Tukey ($p \leq 0,05$). T_1: testemunha; T_2: 1 t ha^{-1}; T_3: 2 t ha^{-1}; T_4: 3 t ha^{-1}; T_5: 4 t ha^{-1}.

A ausência de diferenças entre as variáveis podem estar atrelada ao fato da boa distribuição da precipitação pluviométrica durante o experimento, que apesar da irregularidade na distribuição das chuvas (Figura 1), a absorção de nutrientes possivelmente não foi prejudicada pela falta de água no solo, de modo que as plantas apresentaram desenvolvimento uniforme entre os tratamentos.

Os maiores valores de diâmetro do caule ocorreram nos tratamentos representados pelas maiores doses de gesso, o que indica, que a maior concentração de cálcio no solo pode ter contribuído para formação de parede celular estrutural. Esses resultados corroboram com Romero et al. (2003); Souza & Lobato (2004), onde observaram maior produção de fitomassa de milho em tratamentos com aplicação de fontes de cálcio.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

O resultado do presente estudo difere dos observados por Rheinheimer et al. (2005), onde ressaltaram que a cultura do milho é altamente responsiva a aplicação de gesso agrícola. Respostas diferentes também foram verificadas pelos pesquisadores Foloni et al. (2008) em estudo conduzido em casa de vegetação utilizando solo classificado em Argissolo Vermelho Distroférrico, onde observaram incremento de matéria seca na parte aérea das plantas de milho em função da aplicação de gesso.

No presente estudo ocorreu disponibilidade hídrica com frequência durante o ciclo da cultura, principalmente nos períodos de florescimento e enchimento de grãos, onde foram registrados 448,2 mm de chuva (Figura 1). De acordo Bergamaschi et al. (2001) e Albuquerque (2010), essa condição hídrica satisfaz as necessidades da cultura do milho para o clima brasileiro, que necessita de um volume hídrico entre 380,0 a 650,0 mm por ciclo.

Porém, a condição climática ocorrida no presente estudo não satisfaz todas as regiões produtoras de milho do Brasil, e ao considerar que um veranico pode comprometer seriamente a produção de milho (Foltran et al., 2004), o emprego de práticas agrícolas que favorecem o aumento da área de exploração radicular como a gessagem se torna importante (Penariol et al., 2003; Cruz et al., 2006).

A variável produtividade apresentou interação significativa entre as doses de gesso agrícola. Observou-se aumento linear da produtividade em função das doses de gesso, ocorrendo forte relação entre elas, como representada pelo valor de R^2= 97,69% (Figura 6).

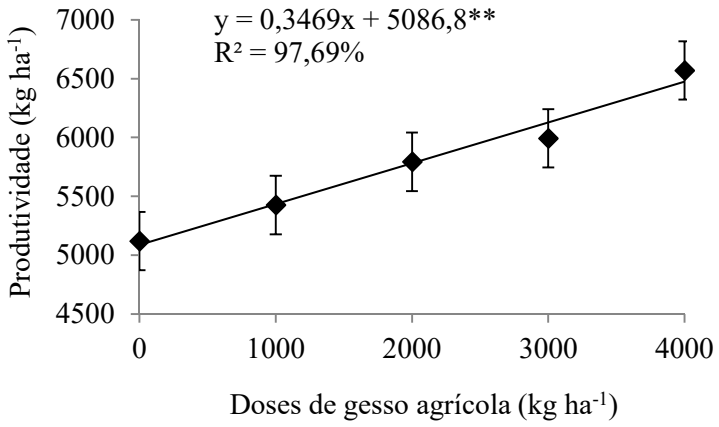


Figura 6. Efeitos de doses de gesso agrícola (kg ha^{-1}) sobre a produtividade (kg ha^{-1}) de milho segunda safra. Brasil, Tangará da Serra - MT, UNEMAT, 2014. ** Significativo a 5%.

Houve incremento linear na produtividade de milho com aumento das doses de gesso, sendo observada produtividade de 6.480 kg ha^{-1} com aplicação de 4 t ha^{-1} de gesso, no qual a cultura do milho apresentou-se mais produtiva. As variáveis diâmetro (DE) e comprimento da espiga (CE) não diferiram estatisticamente entre as doses de gesso, porem foi observado maiores calores de DE e CE para a dose de 4 t ha^{-1}, o que pode ter influenciado em ganhos de produtividade.

Entretanto, Sousa et al (2005) em ensaio conduzido com Latossolo Amarelo Distrófico, observaram a maior produtividade de milho de 5.525 kg ha^{-1} na dose de 1 t ha^{-1} de gesso, enquanto que Caires et al. (2004) verificaram maior incremento de produtividade na dose de 9 t ha^{-1} de gesso em um Latossolo Vermelho Distrófico.

O aumento na concentração de cálcio (Figura 2) pode ter influenciado em incrementos de produtividade (Figura 6) e crescimento do caule das plantas de milho (Tabela 2), estando de acordo com os resultados observados por Nolla et al. (2009), onde observaram que a cultura do milho aumenta o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular com aplicação de doses cálcio superiores as recomendadas a cultura.

Pode-se observar que as diferentes doses do gesso agrícola aplicadas apresentaram forte relação com a movimentação do cálcio (R^2: 41%), magnésio (R^2: 50%) e enxofre (R^2: 86%) na camada subsuperficial do solo, também

influenciaram em incrementos de produtividade (R^2: 97,69%). Com isso, fica evidente a importância da utilização da gessagem para maior rentabilidade na agricultura, porém vale ressaltar que, a dose do corretivo é variável conforme a textura do solo, afim de evitar lixiviação excessiva dos nutrientes.

CONCLUSÕES

A maior produtividade da cultura do milho foi observada com a aplicação de 4 t ha^{-1} de gesso agrícola. Os maior diâmetro do caule ocorreu nas doses superiores a 2 t ha^{-1} de gesso agrícola.

Houve movimentação e aumento da concentração de cálcio e magnésio para a camada de 20 a 40 cm de profundidade do solo, onde ocorreu liberação de enxofre e neutralização do alumínio trocável no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, P. E. P. **Manejo de irrigação na cultura do milho**. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Sistema de Produção: Versão Eletrônica). Acesso em: 26 novembro 2015. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/imanejo.htm>.

BERGAMASCHI, H.; RADIN, B.; ROSA, L. M. G.; BERGONCI, J. I.; ARAGONÉS, R.; SANTOS, A. O. Estimating maize water requirements using agrometeorological data. **Revista Argentina de Agrometeorologia**, Córdoba, v. 1, n. 1, p. 23-27, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 399 p.

BROCH, D. L.; RANNO, S. K. Fertilidade do Solo, Adubação e Nutrição da Cultura do Milho Safrinha. In: ROSCOE, R. et al. **Tecnologia e Produção:** Milho safrinha e Culturas de Inverno. Curitiba: MIDIOGRAF, 2009.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.

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**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 125-136, 2004.

CAIRES, E. F.; FELDHAUS, I. C.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J. Lime and gypsum application on the wheat crop. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 357-364, 2002.

CAIRES, E. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 213-223, 2001.

CASTRO, A. M. C.; RUPPENTHAL, V.; RANDO, E. M.; MARCHIONE, M. S.; GOMES, C. J. A. Calcário e gesso no desenvolvimento do milho cultivado em um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 1, p. 8-16, 2013.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. 1ª ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Circular técnica, 78).

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos:** Décimo levantamento, Safra 2014/2015. Brasília, v. 2, n. 10, p. 67-77, 2015.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; CONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. N.; OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. **Manejo da cultura do Milho.** 1ª ed. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12 p. (Circular técnica, 87).

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L.; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy,** Maringá, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª ed. Brasília: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Documentos, 132).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2013. 353 p.

ERNANI, P. R.; BARBER S. A. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetadas pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.10, n. 1, p.41-46, 1993.

ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 825-831, 2001.

FACUAL. Fundo de Apoio a Cultura Do Algodão. **Algodão:** Pesquisas e Resultados para o campo. 2ª ed. Cuiabá: FACUAL, 2006. 22 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FOLONI, J. S. S.; SANTOS, D. H.; CRESTE, J. E.; CÂMARA, M.; TIRITAN, C. S. Produção de matéria seca do milho e fertilidade do solo em função da gessagem em excesso. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 4, n. 2, p. 42-51, 2008.

FOLTRAN, R. et al. Resposta do feijoeiro ao enxofre em sistema plantio direto. In: FERTBIO, 2004, Lages. **Anais...** Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. CD-ROM.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. **Tecnologias de produção do milho.** 1ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2004. 366 p.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**, 2014. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 25 junho 2014.

MALUF, H. J. G. M.; RAMALHO, J. R. C.; COSTA, S. G.; SILVA, J. C. O.; PINTO, S. I. C. Influência de doses de gesso agrícola na morfologia e produtividade do milho (*Zea mays* L.). In: SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 3., 2010. **Anais**: Jornada Cientifica, Bambuí, 2010.

MARTINS, J. A.; DALLACORT, R.; INOUE, M. H.; SANTI, A.; COLLING, E. M.; COLETTI, A. J. Probabilidade de precipitação para a microrregião de Tangará a Serra, Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 291-296, 2010.

MANETTI, F. A. **Momento de aplicação de calcário e gesso em um Latossolo Vermelho Distrófico, no desenvolvimento inicial do milho**. 2005. 56 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu, 2005.

NOLLA, A.; PALMA, I. P.; SANDER, G.; VOLK, L. B. S.; SILVA, T. R. B. Desenvolvimento de milho submetido à aplicação de calcário e silicato de cálcio em um Argissolo Arenoso do noroeste paranaense. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 2, n. 4, p. 154-162, 2009.

OLIVEIRA, P. S. R.; FITTIPALDI, W. L. S. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, P. R.; GUALBERTO, R.; GUIMARÃES, A. M. Efeitos de tipos de preparo do solo e uso de gesso agrícola sobre as características químicas e produtividade de milho e braquiária em cultivo consorciado. **Scientia Agraria Paranaensis**, Cascavel, v. 6, n. 1, p. 53-65, 2007.

PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 52-60, 2003.

RHEINHEIMER, D. S.; ALVAREZ, J. W. R.; OSORIO FILHO, B. D.; SILVA, L. S.; BORTULUZZI, E. C. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 562-569, 2005.

ROMERO, J. L.; MAGALHÃES, P. C.; ALVEZ, J. D.; DURAES, F. O. M.; VASCONCELLOS, C. A. Efeito do cálcio sobre algumas características biofísicas e morfológicas de plantas de milho BRS-4154 submetidas ao alagamento do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 21-33, 2003.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em

superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 675-688, 2008.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso de gesso agrícola nos solos do cerrado**. 2ª ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2005. 19 p. (Circular técnica, 32).

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado:** correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004, 416 p.

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; LOBATO, E. **Avaliação dos métodos de determinação da necessidade de calcário em solos de cerrado.** 2. ed. Brasília: Embrapa cerrados, 1997, 14 p. (Circular técnica, 27).

TEIXEIRA, F. V.; COSTA, F. M. **Caracterização de Recursos Genéticos de Milho**. 1ª ed. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 10 p. (Comunicado técnico, 185).