

PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DO MILHO E FERTILIDADE DO SOLO EM FUNÇÃO DA GESSAGEM EM EXCESSO

José Salvador Simoneti Foloni ⁽¹⁾, Diego Henriques Santos ⁽²⁾, José Eduardo Creste ⁽¹⁾, Marcelo Câmara ⁽³⁾, Carlos Sérgio Tiritan ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Professor Doutor da Faculdade de Agronomia, Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE. Rodovia Raposo Tavares, km 572, 19067-175, Presidente Prudente-SP; ⁽²⁾ Doutorando em Agricultura, Faculdade de Ciências Agronômicas - Unesp. Fazenda Lageado, Botucatu-SP; ⁽³⁾ Discente da Faculdade de Agronomia, Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE. Rodovia Raposo Tavares, km 572, 19067-175, Presidente Prudente-SP.

RESUMO

O trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento vegetativo da parte aérea de plantas de milho, assim como alterações em atributos químicos do solo em função da aplicação de doses excessivas de gesso agrícola, independentemente de critérios de recomendação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, de Abril a Maio de 2005, com as seguintes doses de gesso: 0, 0,5, 1, 2, 4, 8, 16 e 32 t.ha⁻¹. Em todos os vasos foram aplicados 150 mg.dm⁻³ de P (MAP), 120 mg.dm⁻³ de K (KCl) e 25 mg.dm⁻³ de N (Nitrito de Amônio). O crescimento aéreo das plantas de milho respondeu positivamente à gessagem. A adição de gesso, com doses de até 32 t.ha⁻¹, não reduz a acidez ativa e a acidez potencial do solo. A gessagem aumenta os teores de Ca do solo, porém com incrementos expressivos somente a partir de 4 t.ha⁻¹ de gesso. A disponibilidade de Mg do solo é reduzida devido à gessagem. Os teores de SO₄²⁻ do solo são aumentados em até 10 vezes com a adição de 4 t.ha⁻¹ de gesso.

Palavras-chave: *Zea mays*; Cálcio; Gesso.

GROWTH OF THE SHOOT OF THE CORN AND SOIL FERTILITY IN FUNCTION OF EXCESSIVE GYPSUM APPLICATION

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the vegetative growth of the shoots of corn plants, in chemical attributes of the soil in function of the application of excessive doses of gypsum, independently of criteria of recommendation of correctives. The experiment was house vegetation, during the months of April to May of 2005. Doses of gypsum: 0, 0,5, 1, 2, 4, 8, 16 and 32 t.ha⁻¹. The soil was fertilized with 150 mg.dm⁻³ of P, 120 mg.dm⁻³ of K and 25 mg.dm⁻³ of N. The shoot growth of the corn plants answered positively to the gypsum. The addition of gypsum, with doses of up to 32 t.ha⁻¹, it doesn't reduce the acidity it activates and the potential acidity of the soil. The gypsum increases the of Ca of the soil, however with expressive increments only starting from 4 t.ha⁻¹ of gypsum. The readiness of Mg of the soil is reduced due to the gypsum. The SO₄²⁻ of the soil they are increased in until 1000% with the addition of 4 t ha⁻¹ of.

Key words: *Zea mays*; Calico; Gypsum

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais tradicional produzido no Brasil, e seu cultivo tem passado por notáveis transformações. Apesar de não haver grandes incrementos de área cultivada nos últimos anos, a evolução tecnológica tem resultado em aumentos consideráveis de produção. Embora o Brasil seja um dos maiores produtores mundiais de milho, a produtividade brasileira ainda é muito baixa. Vários fatores contribuem para que a produtividade nacional de milho não alcance patamares mais satisfatórios, como a utilização de pouca ou nenhuma tecnologia, devido ao baixo nível de capitalização dos pequenos produtores, que respondem por aproximadamente 60% da produção nacional.

O gesso agrícola é um subproduto da fabricação do ácido fosfórico. Ao contrário do que sucede quando se aplica calcário na superfície do solo, o gesso desce para as camadas mais profundas. Desloca o alumínio das partículas do solo transformando-o num composto não tóxico e enriquece em cálcio tais camadas, tendo como consequência maior crescimento das raízes em profundidade, maior resistência à seca, melhor aproveitamento da fertilidade do solo ou do adubo aplicado, maior produção (MALAVOLTA, 1989). Um dos critérios comumente empregados é o da aplicação com gesso de 25% da quantidade recomendada para o calcário, entendendo que essa quantidade do produto substitua igual quantidade de calcário (CASALE 1985).

Segundo Pavan (1984), o gesso aumenta os teores de cálcio e diminui a saturação de alumínio no subsolo. Como um produto mais solúvel e mais móvel do que o calcário, ao ser incorporado na superfície desce para as camadas mais profundas. Nessa movimentação ele deixa 60% do cálcio e do sulfato nas cargas negativas

(elétricas) da superfície. Os demais elementos continuam descendo a maiores profundidades junto com o gesso. Quando chega a baixo, o cálcio fica disponível permitindo as raízes chegarem até ele, devido em geral a falta de nutrientes nessas profundidades. Os sulfatos tendem a se combinar com o alumínio tóxico nessas camadas profundas, fazendo com que seja insolúvel e assim, torne-se atóxico.

O gesso não pode ser considerado corretivo de acidez do solo, pois, embora possa ocorrer aumento do pH, este é bastante insignificante. Isto se deve ao fato de que a base química que contem (SO_4^{-2}) é muito fraca (ALCARDE 1988). O gesso não deve ser considerado condicionador do solo, uma vez que não promove a melhoria consecutiva das propriedades físicas e químicas, como a capacidade de troca de cátions, ou a capacidade de retenção da água. Utilizado como corretivo da salinidade, apenas favorece a melhoria das propriedades químicas do solo, razão pela qual é caracterizado como fertilizante (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1982).

Em solos tropicais e subtropicais a presença de Al tóxico no solo ou subsolo tem importância fundamental no estabelecimento do sistema radicular das plantas, sendo um dos principais componentes dos efeitos da acidez do solo. Souza e Ritchey (1986) demonstraram que a aplicação de gesso pode melhorar sensivelmente o sistema radicular do milho em solos de cerrado. O efeito do cálcio no crescimento radicular do milho é tão importante que mesmo em camadas de solo compactadas tem sido encontrado resultados satisfatórios (ROSOLEM et. al., 1994).

Segundo Lopes e Alves (1981), comparando cinco materiais (superfosfato simples, calcário calcítico comercial, gesso, óxido de cálcio e

calcário calcítico micropulverizado), verificaram que os tratamentos mais eficientes na redução do Al no subsolo foram o superfosfato simples e o gesso. Alves e Lopes (1983) estudando combinações de doses duplas de calcário micropulverizado, pelo critério de calagem utilizado em Minas Gerais e Goiás, ou dose simples de calcário comercial mais dose simples de calcário micropulverizado com gesso, observaram que as mesmas foram altamente eficientes na diminuição da % Al, até a camada de 60-80 cm. Os autores observaram ainda que mesmo as doses maiores de gesso (4 t.ha^{-1}) não apresentaram sensíveis efeitos detrimenais no pH, e tão pouco na produção de matéria seca do milho.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento vegetativo da parte aérea de plantas de milho, assim como alterações em atributos químicos do solo em função da aplicação de doses excessivas de gesso agrícola, em condições controladas, independentemente de critérios de recomendação de corretivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente - SP, latitude $22^{\circ}07'30''$, longitude $51^{\circ}26'00''$ e altitude 435, durante os meses de Abril a Maio de 2005. Utilizou-se uma porção de solo coletada na camada de 0 a 20 cm de profundidade de um Argissolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 1999).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, que significa ser tropical com estação chuvosa e quente bem definida entre os meses de setembro a março, e inverno seco com temperaturas amenas entre os meses de abril a setembro.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições, onde foram empregadas doses de gesso correspondentes às seguintes quantidades: 0 (testemunha); 0,5; 1; 2; 4; 8; 16 e 32 t.ha^{-1} .

O volume de solo coletado para instalação do experimento foi seco ao ar, peneirado em malha 2 mm e encaminhado para caracterização de atributos químicos, de acordo com metodologia proposta por Raij et al. (2001). O ponto máximo de retenção de água do solo desestruturado (peneirado) foi determinado por método de saturação em funil (EMBRAPA, 1997), e o valor encontrado foi de 180 g.kg^{-1} . Os resultados da análise química do solo antes da instalação do experimento foram os seguintes: pH ($\text{CaCl}_2 \text{ 1 mol L}^{-1}$) 5,3; 13 g dm^{-3} de MO; 47 mg dm^{-3} de P_{resina} ; $19 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de H+Al; $1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K; $18 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca; $14 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg; $34 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de SB; $52 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de CTC; 64% de saturação por bases (V); 760 g kg^{-1} de areia; 60 g kg^{-1} de silte; 180 g kg^{-1} de argila.

De acordo com os tratamentos experimentais previamente planejados, foram feitas as aplicações das doses de gesso as porções de solo. O solo que recebeu gesso foi mantido em sacos plástico por 30 dias com o teor de água a 180 g.kg^{-1} (capacidade de campo). Em seguida, as porções de solo foram novamente secas ao ar, e adubadas com 150 mg.dm^{-3} de P (MAP), 120 mg.dm^{-3} de K (KCl) e 25 mg.dm^{-3} de N (Nitrato de Amônio), nas formas de KH_2PO_4 e $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$.

Os vasos utilizados no experimento continham 18 dm^3 de solo, que foi acondicionado a uma densidade de $1,2 \text{ g cm}^{-3}$, correspondente à do solo comumente encontrado no campo. Os tratamentos constituíram-se de oito doses de gesso agrícola (0, 0,5, 1, 2, 4, 8, 16 e 32 t.ha^{-1}). As doses de gesso aplicadas foram calculadas com base nas

quantidades de corretivo a serem utilizadas por unidade de volume de solo, tendo como base a correção efetiva de 2.000.000 dm³ por hectare, considerando-se 20 cm de profundidade do solo com incorporação por meio de aração e gradagem.

A semeadura do milho (Híbrido Simples AG-9010) foi realizada utilizando-se seis sementes por vaso. O início da emergência das plântulas ocorreu cinco dias após a semeadura, e cinco dias após a emergência (DAE), realizou-se o desbaste, deixando duas plantas por vaso. A umidade do solo foi mantida próxima à capacidade de campo do solo (180 g.kg⁻¹ de água), através de regas diárias.

Aos 50 DAE, fez-se a coleta da parte aérea das plantas de milho e estas foram submetidas à secagem em estufa de aeração forçada a 60°C, durante 72 horas, para a determinação da matéria seca. Imediatamente após a coleta das plantas coletou-se também amostras de solo, sendo quatro sub-amostras por vaso, retiradas aleatoriamente na camada de 0 a 20 cm de profundidade, com o auxílio do trado tipo sonda.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, e ajustaram-se equações lineares e quadráticas significativas a 5% de probabilidade pelo teste F, que apresentaram os maiores coeficientes de determinação (R²). Fez-se também um estudo de teste de médias, utilizando-se o teste Tukey a 5% de probabilidade, para as variáveis que apresentaram significância estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 01 encontram-se os valores de F, assim como os de outros parâmetros estatísticos, calculados por meio de análises de variância e regressão, para as seguintes variáveis estudadas no presente trabalho: massa da matéria seca da parte aérea das plantas de milho; pH do solo em solução de CaCl₂; acidez potencial do solo (H+Al); teores de cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺) e sulfato (S-SO₄²⁻) do solo; soma de bases e capacidade de troca catiônica (CTC) do solo. O crescimento aéreo do milho e os atributos do solo tiveram como causa de variação diferentes doses de gesso aplicadas 30 dias antes da semeadura das plantas.

De todas as variáveis estudadas, somente a acidez ativa (pH em CaCl₂) e a acidez potencial (H+Al) não foram sensíveis à gessagem (Tabela 01). Estes resultados eram esperados, em virtude das doses excessivas de gesso que foram utilizadas no presente experimento. A gessagem é prática agrônômica não muito usual no manejo de solos tropicais, que geralmente apresentam alta acidez natural. Porém, o que se buscou neste trabalho foi avaliar o excesso de gessagem (a gessagem excessiva) sobre o crescimento aéreo do milho e as amplitudes de variações de atributos do solo submetidos ao corretivo.

TABELA 01 - Valores de F calculados por meio das análises de variância e regressão, para as variáveis massa da matéria seca da parte aérea das plantas de milho, assim como para os atributos do solo pH, acidez potencial (H+Al), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺), sulfato (S-SO₄²⁻), soma de bases e capacidade de troca catiônica (CTC), em função da aplicação de doses de gesso

Causas da Variação	Variáveis analisadas								
	MS (parte aérea) (g planta ⁻¹)	pH CaCl ₂	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC	S-SO ₄ ²⁻ (mg.dm ⁻³)
Gessagem	4,34**	1,75 ns	5,30 ns	211,92***	5,40**	4,19**	207,01***	163,10***	129,18***
CV ⁽¹⁾ (%)	27,96	2,29	8,59	14,72	30,26	28,06	11,83	14,29	11,93
DMS ⁽²⁾	4,58	-	-	17,18	3,54	1,53	31,94	19,16	21,79
Média	7,01	4,89	20,75	49,16	4,94	2,30	113,80	56,50	76,97
Linear	8,25*	0,96 ns	2,01 ns	1476,18***	714,43**	0,33 ns	871,41***	1131,69***	893,91***
Quadrática	2,33 ns	0,32 ns	0,34 ns	0,61 ns	7,51*	2,93 ns	414,56***	1,76 ns	1,94 ns

*, ** e *** significativos a 5%, 1% e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns: não significativo. ⁽¹⁾ Coeficiente de variação. ⁽²⁾

Diferença mínima estatística pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Na figura 1A encontram-se os resultados de massa da matéria seca da parte aérea das plantas de milho, após 50 dias de cultivos em condições controladas, submetidas às diferentes doses de gesso agrícola.

Nota-se que o crescimento aéreo do milho foi estimulado em função do aumento das doses de gesso. Outro fato importante observado na figura

1A, é que o milho praticamente não teve seu crescimento aéreo muito alterado, desde a dose de gesso de 2 t.ha⁻¹ até 32 t.ha⁻¹. Ou seja, a gessagem foi aumentada mais de 15 vezes em termos de quantidade e a resposta das plantas pouco foi alterada.

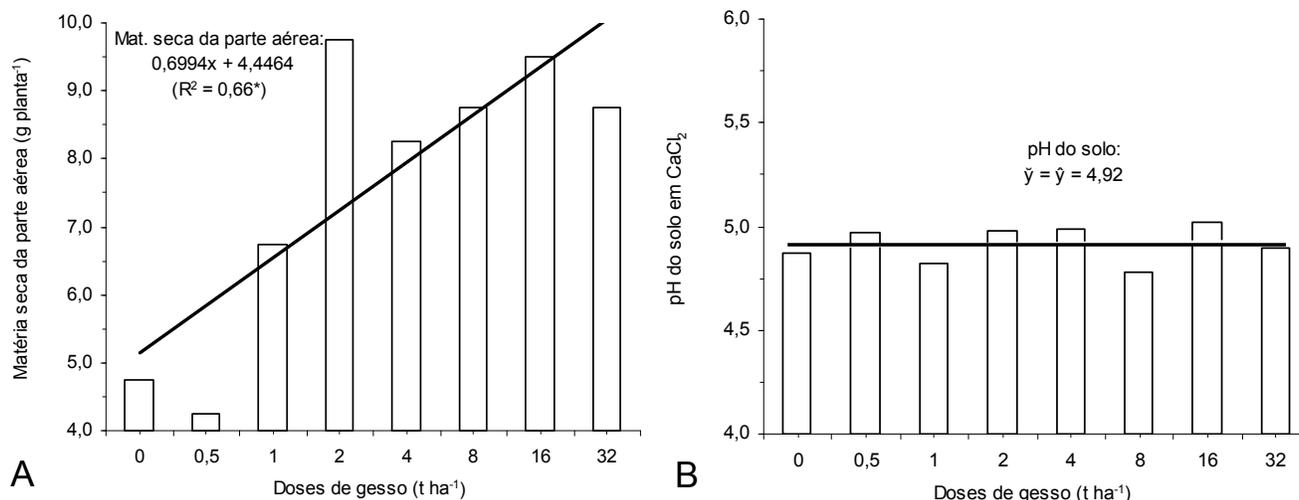


FIGURA 1 - Massa da matéria seca da parte aérea das plantas de milho em função da gessagem (A) e Valores de pH do solo, determinados em solução de CaCl_2 , em função da gessagem (B). *, ** e *** significativos a 5%, 1% e 0,1% de probabilidade, respectivamente. ns: não significativo

Em contrapartida, com $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ de gesso apenas houve um estímulo muito significativo ao crescimento do milho (Figura 1A), quando comparado ao tratamento testemunha ($0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ de gesso). O fertilizante pode ter incrementado a absorção de cálcio (Ca) e sulfato (SO_4^{2-}) das plantas de milho, com a dose de $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (relativamente baixa), e a partir da suficiência em termos de nutrição, o aumento das doses até $32 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ pouco acrescentaram.

A acidez ativa do solo, definida em função dos valores de pH determinado em solução de CaCl_2 , não foi alterada em função do aumento das doses de gesso aplicadas ao solo (Figura 1B).

Estes resultados estão de acordo com vários trabalhos disponíveis na literatura apresentados no decorrer dos anos de experimentação com gesso, ou seja, o CaSO_4 não corrige a acidez do solo em hipótese alguma, haja vista que foram utilizadas super doses do fertilizante, com extremos da ordem de $32 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ e não ocorreu nada em termos de variação da acidez ativa do solo.

Da mesma forma que ocorreu com a acidez ativa do solo (Figura 1B), a acidez potencial (H+Al) também não foi alterada em função da aplicação de doses excessivas de gesso no solo (Figura 2A). Portanto, em hipótese alguma se recomenda a correção da acidez do solo com o uso de gesso agrícola, é um erro passivo de falta de conhecimento de química de solo, como é comum no mercado agropecuário, onde empresas e engenheiros agrônomos recomendam a gessagem como forma de elevar o pH do solo.

Outro fato importante é que doses muito acima das recomendadas por institutos de pesquisa foram utilizadas no presente trabalho, e mesmo assim houve pouca redução da atividade de cátions ácidos do solo. Seria de se esperar que o ânion SO_4^{2-} proveniente do gesso agrícola surtisse algum efeito no que se refere a formação de pares iônicos, principalmente com o Al^{3+} do solo, reduzindo a sua atividade.

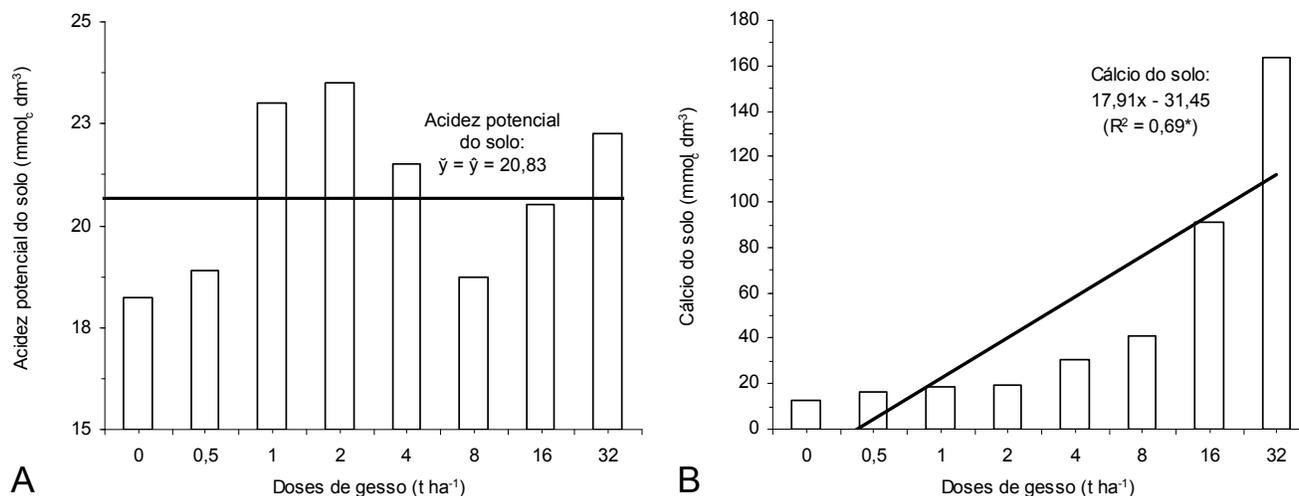


FIGURA 2 - Acidez potencial do solo (H+Al) em função da gessagem (A) e teores de cálcio do solo em função da gessagem (B). *, ** e *** significativos a 5%, 1% e 0,1% de probabilidade, respectivamente. ns: não significativo

O teor de cálcio presente no solo respondeu positivamente a gessagem a partir da dose de 8 t.ha⁻¹ (Figura 2B). Observa-se que os teores de cálcio foram elevados de cerca de 20 mmol_c.dm⁻³ para 40 mmol_c.dm⁻³ a partir da dose de 8 t.ha⁻¹ de gesso, sendo que até 4 t.ha⁻¹ não houve incrementos expressivos de cálcio, evidenciando que os métodos de recomendação oficiais de gessagem, a curto prazo (3 a 5 anos iniciais) talvez não alterem significativamente a oferta de cálcio no solo.

A gessagem causou efeito negativo sobre os teores de magnésio do solo (Figura 3A). Como era de se esperar, os ânions SO₄²⁻ em excesso formaram pares iônicos com cátions do solo como o Mg²⁺, e estes por sua vez foram translocados ou indisponibilizados no solo. O magnésio, na série liotrópica, possui menos energia de ligação aos colóides do solo do que o cálcio. Sendo assim, é comum observar, naturalmente, maiores perdas de magnésio do que de cálcio, haja vista que na grande maioria dos casos os teores de cálcio dos solos são superiores aos teores de magnésio. Portanto, a gessagem indisponibiliza magnésio nas

camadas superficiais do solo. É o efeito negativo da técnica, apesar de que a redução dos teores de magnésio na camada de 0 a 20 cm de profundidade tende a incrementar o subsolo. Além disso, seguindo a série liotrófica, é possível ter havido perdas excessivas por lixiviação, logo a necessidade de estudos para recomendações de doses adequadas.

O potássio do solo não sofreu alterações em função da gessagem (Figura 3B). Este resultado é contraditório, pois o magnésio (Figura 3A), que teoricamente seria menos vulnerável ao SO₄²⁻, apresentou-se mais indisponível em comparação ao potássio. A explicação pode ser dada em função da adubação excessiva que foi realizada com KCl antes da instalação do experimento, da ordem de 120 mg.dm⁻³ de K, o que muito provavelmente pode ter tamponado a indisponibilização de potássio a curto prazo. No caso do magnésio, os teores disponíveis eram originais do solo, e não houve adição deste nutriente.

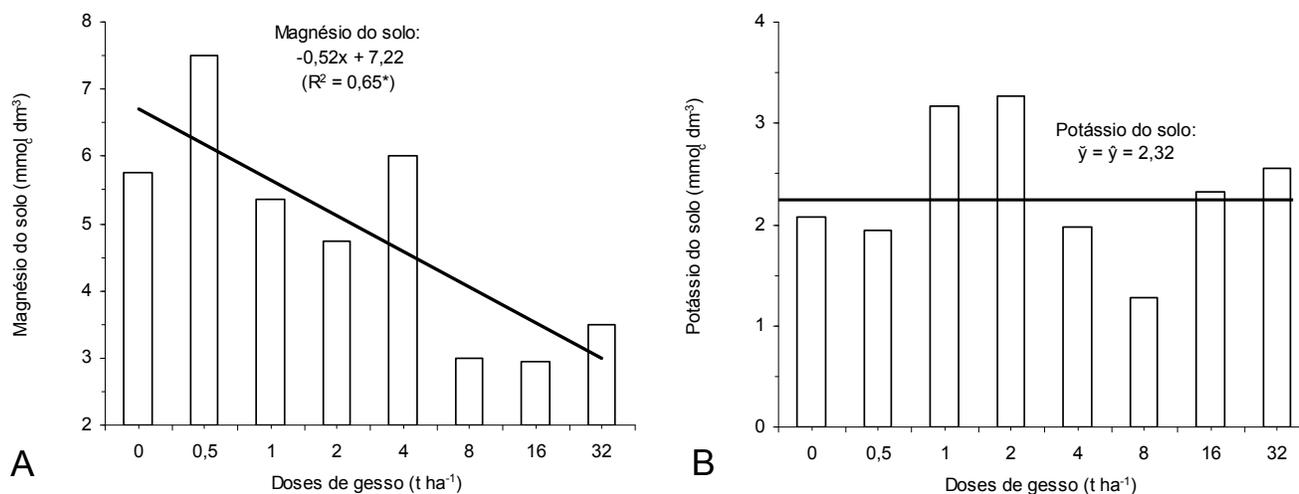


FIGURA 3 - Teores de magnésio do solo em função da gessagem (A) e teores de potássio do solo em função da gessagem (B). *, ** e *** significativos a 5%, 1% e 0,1% de probabilidade, respectivamente. ns: não significativo

Como era de se esperar, o sulfato (SO_4^{2-}) do solo foi responsivo à gessagem (Figura 4A). As doses de 0,5 e 1 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de gesso praticamente não alteraram a oferta de SO_4^{2-} no solo, com relação à testemunha (0 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de gesso).

A partir de 2 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de gesso houve uma adição de cerca de 3 vezes mais SO_4^{2-} no solo (Figura 4A). Com 4 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$, os teores de SO_4^{2-} foram elevados em mais de 10 vezes em comparação ao tratamento testemunha. O SO_4^{2-} , além de ser um nutriente requerido em quantidades relativamente elevadas pelas plantas cultivadas, apresenta uma grande capacidade de formar pares iônicos com cátions básicos do solo, como o Ca, Mg e K. Dessa forma, o gesso pode ser utilizado no manejo do solo com o objetivo de aumentar a translocação de

bases no perfil, melhorando a fertilidade das camadas mais profundas e estimulando o crescimento radicular para reduzir o estresse hídrico durante a condução das culturas.

A soma de bases (SB) do solo foi influenciada basicamente pela adição de cálcio, proporcionada pela gessagem (Figuras 2B e 4B), mesmo porque o aumento das doses de gesso reduziu os teores de magnésio do solo, e não alteraram os de potássio. Os aumentos na soma de bases foram pouco expressivos com doses de até 4 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de gesso, revelando que alterações efetivas de atributos químicos do solo dependem de quantidades muito maiores de gesso do que as comumente recomendadas.

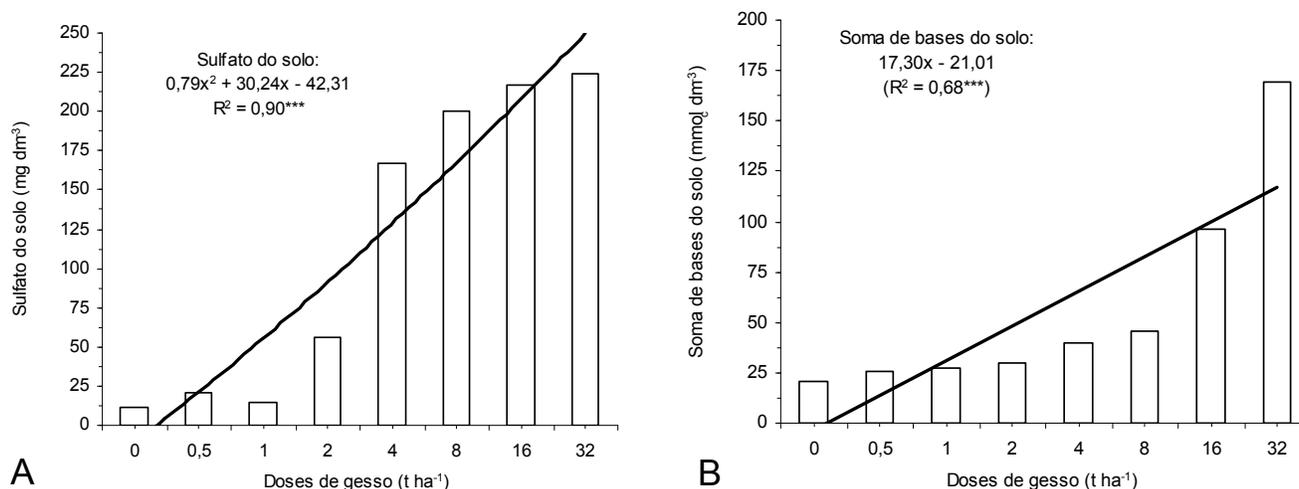


FIGURA 4 - Teores de sulfato do solo em função da gessagem (A) e Soma de bases (Ca+Mg+K) do solo em função da gessagem (B). *, ** e *** significativos a 5%, 1% e 0,1% de probabilidade, respectivamente. ns: não significativo

A Capacidade de Troca Catiônica (CTC) do solo foi incrementada pela adição de gesso, basicamente por causa do incremento nos teores de cálcio do solo (Figuras 2B e 5), pois a gessagem não reduziu a acidez potencial (Figura 1A).

As alterações na CTC foram efetivas somente a partir de 4 t.ha⁻¹ de gesso, e foram muito expressivas a partir de 16 t.ha⁻¹. Portanto, o gesso elevou a CTC do solo não pelo fato de ter

neutralizado o Al³⁺ e o H⁺, mas sim devido a adição de Ca. Esse é um erro de interpretação, pois a CTC do solo, em análise de rotina, seguindo a metodologia de Rajj e Quaggio (1983), é determinada indiretamente por meio da soma dos valores de H+Al e de Ca+Mg+K.

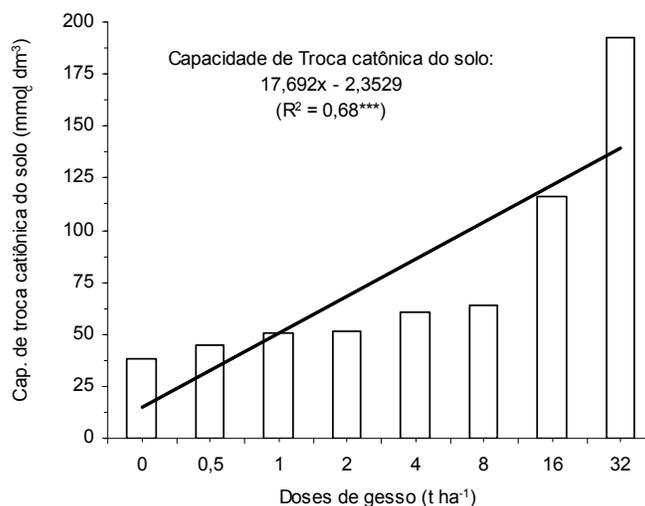


FIGURA 5 - Capacidade de Troca Catiônica (CTC) do solo em função da gessagem. *, ** e *** significativos a 5%, 1% e 0,1% de probabilidade, respectivamente. ns: não significativo

CONCLUSÕES

A gessagem em excesso, nas condições deste experimento, elevou os teores de cálcio e de sulfato do solo, além de proporcionar efeitos positivos nos valores de soma de bases, capacidade de troca catiônica e crescimento aéreo das plantas de milho, enquanto a disponibilidade de magnésio do solo foi reduzida.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. **Contraditória, confusa e polemica é a situação do uso do gesso na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. (Informações Agronômicas, nº. 41).
- ALVES, H. M. R.; LOPES, A. S. Redução da saturação de alumínio em profundidade pela aplicação superficial de calcário e gesso em latossolos sob vegetação de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 19., Curitiba. **Resumos...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1999. 412 p.
- LOPES, A. S.; ALVES, H. M. R. Efeitos da aplicação de corretivos e fertilizantes na diminuição da toxidez de alumínio em profundidade, em amostras de solos sob vegetação de cerrado em Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18., Salvador. Programa e Resumos... Salvador: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981.
- MALAVOLTA, E. **ABC da adubação. Agronômica**. 5.ed. São Paulo: Ceres, 1989. 292 p.
- PAVAN, M. A. **Aplicação de alguns conceitos básicos da química na disponibilidade dos íons Al³⁺ para as plantas**. Palestra apresentada no curso sobre "Manejo Químico dos Solos". SECITAP. FCAVJ/ UNESP, Jaboticabal. 1984. 34 p. (mimeografado).
- RAIJ, B. Van et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.
- ROSOLEM, C. A. et al. Sistema radicular e nutrição do milho em função da compactação do solo e calagem. Campinas: Bragantina, 1994b. p. 53.
- SOUZA, D. M. G.; RITCHEY, K. D. Correção de acidez subsuperficial: Uso de gesso no solo de cerrado. IN: DECHEN, A. R.; CARMELLO, Q. A. C. **Simpósio de Química e Fertilidade do Solo**. Campinas: Fundação Cargil, 1986. p. 91-113.