

Efeito do gesso agrícola na disponibilidade de enxofre e no rendimento da soja e milho safrinha

Diego Augusto Fatecha Fois¹, Maria do Carmo Lana¹, Laura Raquel Quiñónez Vera², Jimmy Walter Rasche Alvarez², Carlos Andrés Leguizamón Rojas² e Tales Tiecher³

Resumo: O enxofre (S) é um macronutriente essencial para as plantas e sua baixa disponibilidade no solo pode limitar a produtividade das culturas como a soja e o milho. Esse trabalho objetivou determinar a relação entre o rendimento das culturas de soja e milho safrinha e a disponibilidade de S no solo em função da aplicação de doses de gesso agrícola em um Latossolo sob sistema plantio direto. O experimento foi realizado no município de Minga Porá, Departamento de Alto Paraná, Paraguai, no período de setembro de 2014 a junho de 2016. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso com seis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em doses de gesso (0, 100, 200, 400, 800 e 1.600 kg ha⁻¹) aplicadas uma única vez em superfície em setembro de 2014. Após isso foram cultivadas duas safras da soja (2014/2015 e 2015/2016) e duas safras do milho safrinha (2015 e 2016). Avaliou-se rendimento absoluto, rendimento absoluto acumulado de grãos e os teores de S nas camadas 0–10, 10–20 e 20–40 cm. O teor de S no solo apresentou com as doses de gesso agrícola no solo de todas as camadas avaliadas, mas isso não resultou em aumento de produtividade das culturas e, conseqüentemente, não houve relação entre o teor de S disponível no solo das camadas de 0–10, 10–20 e 20–40 cm com o rendimento absoluto acumulado da soja e milho safrinha.

Palavras-chaves: *Glycine max* L.; *Zea mays* L.; gesso agrícola; rendimento.

Effect of agricultural gypsum on the availability of sulfur and on the yield of soybean and maize crops

Abstract: Sulfur (S) is an essential macronutrient for plants and its low availability in soil can limit the productivity of crops such as soybean and corn. The objective of this work was to determine the relationship between the yield of soybean and maize crops and the availability of S in the soil as a function of the application of agricultural gypsum doses in an Oxisol under no-tillage system. The experiment was carried out in the municipality of Minga Porá, Department of Alto Paraná, Paraguay, from September 2014 to June 2016. The experimental design was a randomized complete block design with six treatments and five replicates. The treatments consisted of gypsum doses (0, 100, 200, 400, 800 and 1,600 kg ha⁻¹) applied once in the surface in September 2014. After this, two soybean crops were cultivated (2014/2015 and 2015/2016) and two harvested maize crops (2015 and 2016). Absolute yield, absolute grain yield and S content in the 0-10, 10-20 and 20-40 cm layers were evaluated. The soil S content presented with soil gypsum doses of all strata evaluated, but this did not result in increased crop productivity and, consequently, there was no relationship between the

¹Universidade Estadual do Oeste de Paraná, Seção Fertilidade e Nutrição de Plantas, Pernambuco 1777, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil. E-mail: fatechadiego@hotmail.com, mariaac.lana@hotmail.com

²Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Rua 2, km. 10, San Lorenzo, Paraguai, E-mail: jwrasche@yahoo.com.ar, lauryqv@gmail.com, andresolos@hotmail.com

³Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, Av. Bento Gonçalves 7712, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: tales.tiecher@ufrgs.br

available S content in the soil of the layers of 0 -10, 10-20 and 20-40 cm with the cumulative absolute yield of soybean and safflower maize.

Key words: *Glycine max* L.; *Zea mays* L.; gypsum, yield.

Introdução

Estima-se que cerca de 95% do enxofre (S) no solo está na forma orgânica (SHERER, 2001). Desta forma a disponibilidade deste nutriente está estreitamente relacionada com o teor e a velocidade de mineralização da matéria orgânica (MO). Em solos argilosos e altamente intemperados como os Latossolos, o sulfato (SO_4^{-2}) é adsorvido aos óxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al) em condições de baixo pH (POZZA *et al.*, 2009). Em áreas manejadas sob plantio direto, tem se observado a formação de um gradiente de concentração de nutrientes e da MO ao longo do perfil, devido ao cultivo sem revolvimento do solo (DALLA NORA e AMADO, 2013). Os maiores valores de pH e de P na camada superficial do solo faz com que o SO_4^{-2} seja mais facilmente lixiviado para camadas subsuperficiais (20–40 cm), onde o solo possui maior capacidade de sorver sulfato (CASAGRANDE *et al.*, 2003). Por isso é importante avaliar a disponibilidade de S em camadas mais profundas do solo.

Nas áreas de baixa fertilidade e MO da região Oriental do Paraguai, o S é um dos nutrientes que limita a produtividade de milho e soja (FATECHA *et al.*, 2017). A ocorrência de deficiência deste nutriente no solo, está ligada principalmente aos usos de fertilizantes com baixa concentração de S e uma alta remoção do elemento pelos grãos, sem sua reposição. O S é absorvido em grandes quantidades e participa da síntese de aminoácidos (cistina, cisteína e metionina) e na formação de proteínas (ROUACHED *et al.*, 2009). Também é constituinte de vários compostos orgânicos como vitaminas, coenzimas e fitohormônios (NAZHAR *et al.*, 2011). Sendo assim, a falta deste nutriente ocasiona desequilíbrio no metabolismo e menores produtividades (SOAUD *et al.*, 2011).

O requerimento de S das culturas varia de acordo com a espécie e produção estimada. As exigências são de cerca de 10 kg ha⁻¹ para as gramíneas que são menos exigentes; 30–40 kg ha⁻¹ para as leguminosas com exigência intermedia e até 70–80 kg ha⁻¹ em crucíferas e liliáceas com alta exigência (FERREIRA *et al.*, 2007). Entretanto, segundo Rasche *et al.* (2004), em culturas exigentes, se este nutriente se encontra em níveis mais altos no solo, a planta absorve quantidade maior que a necessária, caracterizando um consumo de luxo.

O gesso agrícola é uma importante fonte de S e Ca. Além de fornecer esses nutrientes, pode diminuir a atividade de Al^{3+} no perfil do solo devido ao incremento de Ca no sistema e

ao formar pares iônicos com SO_4^{-2} (ERNANI *et al.*, 2007). O efeito nas plantas pela aplicação de gesso são complexas e contraditórias (MASCHIETTO, 2015). Para a soja, não se tem encontrado efeitos significativos de produtividade ao uso de gesso (Caires *et al.*, 2003; 2006; 2011; NEIS *et al.*, 2010). Porém tem resultados com aumento de rendimento de grãos na cultura de milho (CAIRES *et al.*, 2006; 2011; 2016; DALLA NORA e AMADO, 2013; VICENSI *et al.*, 2016). Além disso, GARBUIO (2006) e PAULETTI *et al.*, (2014) observaram aumento na produtividade do milho em solos com baixa saturação de Al e altos teores de Ca, e em safra com deficiência hídrica respectivamente.

No Paraguai os trabalhos realizados com aplicação de gesso como fonte de S em culturas de grãos é ainda incipiente. Watanabe (2013) (soja/trigo), Rodriguez (2016) (milho safrinha) e Klock (2016) (soja) não encontraram resposta em produtividade das culturas. Por isso são necessários estudos para gerar subsídios para o estabelecimento de recomendações, critérios de tomada de decisão e doses a serem utilizadas. Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar a relação entre a produtividade de soja e milho safrinha e a disponibilidade de S em função da aplicação de doses de gesso agrícola num Latossolo sob sistema plantio direto no Departamento do Alto Paraná, Paraguai.

Material e métodos

O experimento foi realizado numa área agrícola no município de Minga Porá, departamento de Alto Paraná, Paraguai. A área experimental vem sendo utilizada em sistema plantio direto há mais de 10 anos, em sucessão de culturas, cultivando soja no verão e milho ou trigo no inverno. O solo foi classificado, segundo López *et al.* (1995), como Rhodic Kandiodox com textura muito argilosa e de fertilidade baixa, equivalente ao Latossolo Vermelho distróférico (LVd) no Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (EMBRAPA, 2014). A caracterização físico-química do solo antes da instalação dos experimentos e da aplicação de calcário é apresentada na Tabela 1.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é tipo Cfa, subtropical úmido, mesotérmico, com verões quentes e invernos com geadas ocasionais. Na Figura 1 encontram-se os dados de precipitação pluviométrica monitorada para os locais durante o período de acompanhamento do experimento (FECOPROD, 2014). Registraram-se precipitações no primeiro ano agrícola de setembro de 2014 a julho de 2015, de 1.852 mm, com uma ampla variação, mostrando que as chuvas são más distribuídas durante o ano, mais

coabrindo satisfatoriamente os requerimentos hídricos da soja de 450 a 800 mm e do milho de 550 a 800 mm (RIVETTI, 2007).

No segundo ano agrícola de agosto de 2015 a junho de 2016 as quantidades diminuíram para 1.188 mm ficando abaixo da média histórica de 30 anos nesta região de 1.590 mm, mais sem comprometer as produtividades dos cultivos.

Tabela 1- Resultado da análise química e física do solo da área experimental nas camadas 0–10, 10–20 e 20–40 cm de profundidade.

Característica	Unidade	Profundidade da camada de solo (cm)		
		0–10	10–20	20–40
pH ⁽¹⁾	cmol _c dm ⁻³	4,7	4,2	4,1
Al ⁽²⁾	cmol _c dm ⁻³	1,25	1,35	1,45
H+Al ⁽³⁾	cmol _c dm ⁻³	6,7	9,7	9,8
Ca ⁽²⁾	cmol _c dm ⁻³	2,66	2,31	2,10
Mg ⁽²⁾	cmol _c dm ⁻³	1,30	1,0	0,75
K ⁽⁴⁾	cmol _c dm ⁻³	0,70	0,61	0,50
SB	cmol _c dm ⁻³	4,7	3,9	3,4
CTC _{pH7,0}	cmol _c dm ⁻³	11,4	13,6	13,1
Saturação por bases	%	41	29	26
Saturação por Al	%	21	26	30
Matéria orgânica ⁽⁷⁾	g kg ⁻³	42	35	20
P ⁽⁴⁾	mg dm ⁻³	26,3	12,4	5,2
S ⁽⁵⁾	mg dm ⁻³	7,1	7,6	8,1
Areia ⁽⁶⁾	g kg ⁻³	430	420	380
Silte ⁽⁶⁾	g kg ⁻³	140	130	160
Argila ⁽⁶⁾	g kg ⁻³	430	450	460

⁽¹⁾ pH em CaCl₂, relação 1:2,5. ⁽²⁾ Extrator KCl 1 mol L⁻¹. ⁽³⁾ Extrator acetato de Ca 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0. ⁽⁴⁾ Extrator Mehlich-1. ⁽⁵⁾ Extrator Ca(H₂PO₄)₂ 500 mg L⁻¹ de P em HOAc 2 mol L⁻¹ ⁽⁶⁾ Método do densímetro ⁽⁷⁾ Walkley-Black (LANA *et al.*, 2016).

Foram avaliadas duas safras de soja (2014/2015 e 2015/2016) e duas de milho safrinha (2015 e 2016), utilizando delineamento de blocos ao acaso, com seis doses de gesso agrícola de 0, 100, 200, 400, 800 e 1.600 kg ha⁻¹ e cinco repetições. As unidades experimentais mediam 8 × 8 m (64,0 m²) totalizando 1.920 m² de área total. A aplicação do gesso em superfície em dose única foi realizada em setembro de 2014 sobre palhada de trigo. Três meses antes da aplicação do gesso (junho de 2014) aplicou-se calcário dolomítico com 90% de PRNT. A aplicação foi realizada a lanço na superfície do solo, na dose de 2,5 Mg ha⁻¹, a qual foi calculada para elevar a saturação por bases a 70% na camada de 0–20 cm.

A cultivar de soja transgênica SYNGENTA 9070 de ciclo médio (112 a 114 dias) e hábito de crescimento indeterminado, foram semeados no dia 4 de outubro de 2014 (safra

2014/2015) e 24 de setembro de 2015 (safra 2015/2016). O espaçamento entrelinhas utilizado foi de 45 cm, com 12 sementes por metro linear, numa densidade de 250.000 sementes ha⁻¹.

O milho safrinha cultivar híbrido PIONEER 4285 de ciclo precoce (138 dias) foi semeado nos dias 4 de fevereiro de 2015 (safra 2015) e 30 de janeiro de 2016 (safra 2016), sob palhada de soja. O espaçamento entrelinhas utilizado foi de 80 cm, com 5 sementes por metro linear, numa densidade de 60.000 sementes ha⁻¹. Aplicaram-se 200 kg ha⁻¹ de fertilizante NPK 0-30-20 na semeadura da soja, e 80 kg ha⁻¹ de N, com 20 kg ha⁻¹ na semeadura e 60 kg ha⁻¹ de N em cobertura no estágio V4, utilizando ureia (45-0-0) como fonte nitrogenada na cultura de milho safrinha, baseado na análise do solo.

Durante o ciclo da soja tanto na primeira e segunda safra foram necessárias aplicações de *tiametoxan* + *clorotalonil* no tratamento de semente para controlar ataque de insetos e fungos das sementes e protegê-las contra fungos do solo. Para controle de ervas invasoras das áreas foram realizadas aplicações de *glyphosato*. Contra ataque de lagartas iniciais se aplicaram *cipermetrina* e para controle de percevejos aplicações de *imidacloprid*. Para o manejo de doenças foi realizado três aplicações de fungicidas com os produtos *pyraclostrobin* 13,3% + *epoxiconazole* 5%. As colheitas de soja foram realizadas entre 4 e 7 de fevereiro de 2015 (safra 2014/2015) e 28 e 30 de janeiro de 2016 (safra 2015/2016).

As sementes de milho foram tratadas com *Imidacloprid* (125 g 100 kg⁻¹ de sementes) e *Thiodicarb* (700 g 100 kg⁻¹ de sementes). Não houve manejo de plantas daninhas na cultura em função do estabelecimento do consórcio com *Brachiaria ruziziensis* com fins de cobertura em todos os tratamentos. Para o controle de pragas e doenças tanto no primeiro e segundo ano foram realizadas duas aplicações de inseticidas, sendo a primeira de *Endosulfan* 35% (1,5 cm³ ha⁻¹ do i.a.) e a segunda de *Cipermetrina* (60 cm³ ha⁻¹ do i.a.) respectivamente. As colheitas foram realizadas em dia 5 de junho de 2015 (safra 2015) e 28 de maio de 2016 (safra 2016).

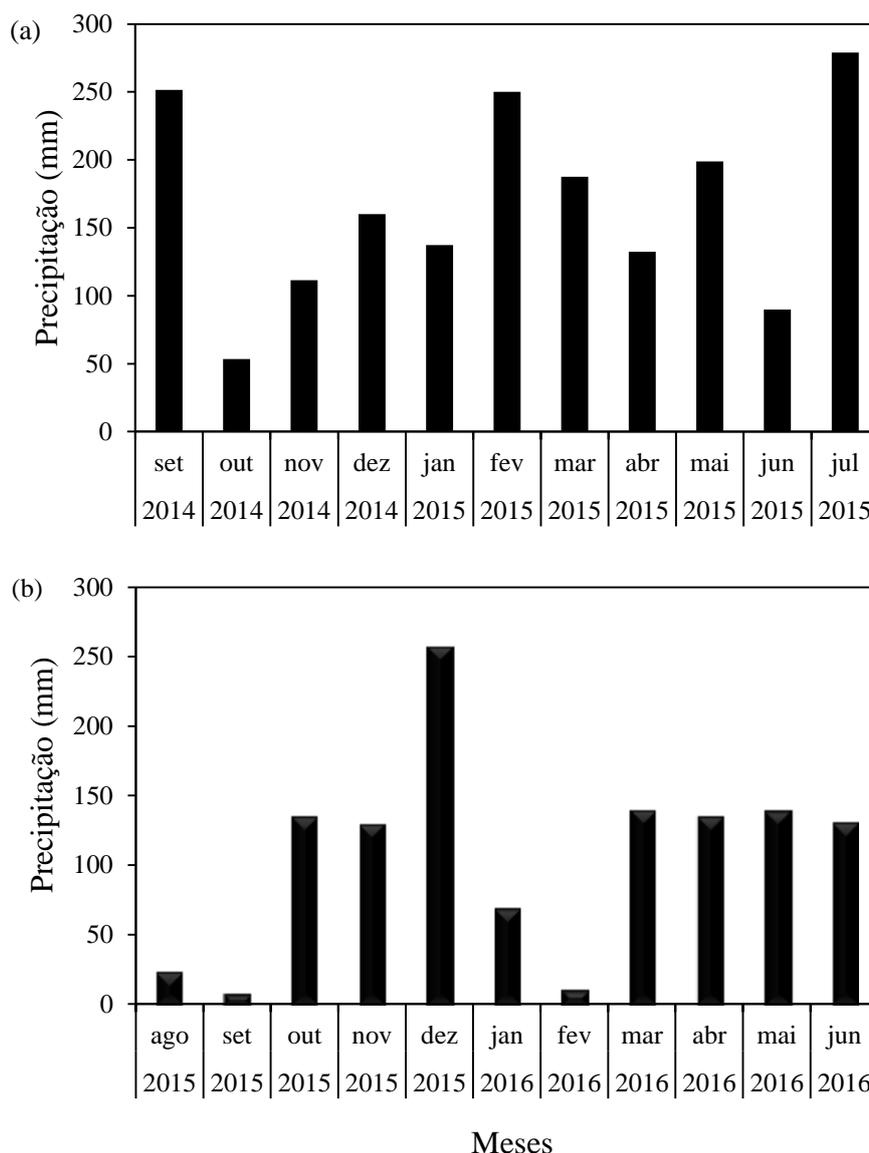
Para determinar o rendimento de grãos das culturas, foi coletada de forma manual a área útil de 3,2 metros quadrados. Posteriormente a produção de grãos foi ajustada para uma umidade de 13%. O rendimento absoluto acumulado (RAA) foi obtido somando os rendimentos absolutos das culturas de soja e milho safrinha de cada safra.

Amostras de solo foram coletadas após a colheita do milho, 20 meses após a aplicação de gesso, utilizando uma pá de corte, com 3 subamostras por parcela para compor uma amostra composta das camadas de 0–10, 10–20 e 20–40 cm. Posteriormente foi determinado o teor de S disponível extraído com fosfato de cálcio (500 mg L⁻¹ de P em ácido acético

(HOAc) 2 mol L⁻¹) com posterior determinação pelo método turbidimétrico, segundo os métodos descritos por Lana *et al.* (2016).

Os dados foram submetidos a análise de variância. Quando os efeitos foram significativos ($p < 0,05$), aplicou-se o teste de Tukey e ajustadas equações de regressão utilizando o programa INFOSTAT (Di RENZO *et al.*, 2011).

Figura 1 - Precipitação pluviométrica mensal nos períodos de setembro de 2014 a julho de 2015 (a) e agosto de 2015 a junho de 2016 (b), durante a experimentação a campo. Minga Porá. Departamento de Alto Paraná, Paraguai



Resultados e discussão

A produtividade da soja e milho safrinha não foi afetada pela aplicação de doses de até 1.600 kg ha⁻¹ de gesso agrícola em todas as safras avaliadas (Tabela 2). Resultados similares

foram observados por Caires *et al.* (2001) e Rampim *et al.* (2011) utilizando doses de até 12 Mg ha⁻¹ em condições similares de clima e solo. A falta de resposta pode ser devido ao curto período de tempo entre a aplicação de gesso e as avaliações. Os efeitos positivos da gessagem podem ser observados após mesmo após 2 ou 3 anos da sua aplicação (Caires *et al.*, 1998; 1999; 2011).

Mottin *et al.* (2016) e Soares (2016) também não encontraram resposta do milho safrinha a aplicação do gesso como fonte de S. Nesse contexto Soratto *et al.* (2010), comprovaram que a probabilidade de resposta em gramíneas é maior quando se realiza a aplicação conjunta de S com altas doses de N.

Tabela 2 - Rendimento absoluto (RA) e rendimento absoluto acumulado (RAA) de grãos submetidos a diferentes doses de gesso agrícola. Minga Porá, Departamento de Alto Paraná, Paraguai, 2014/2016.

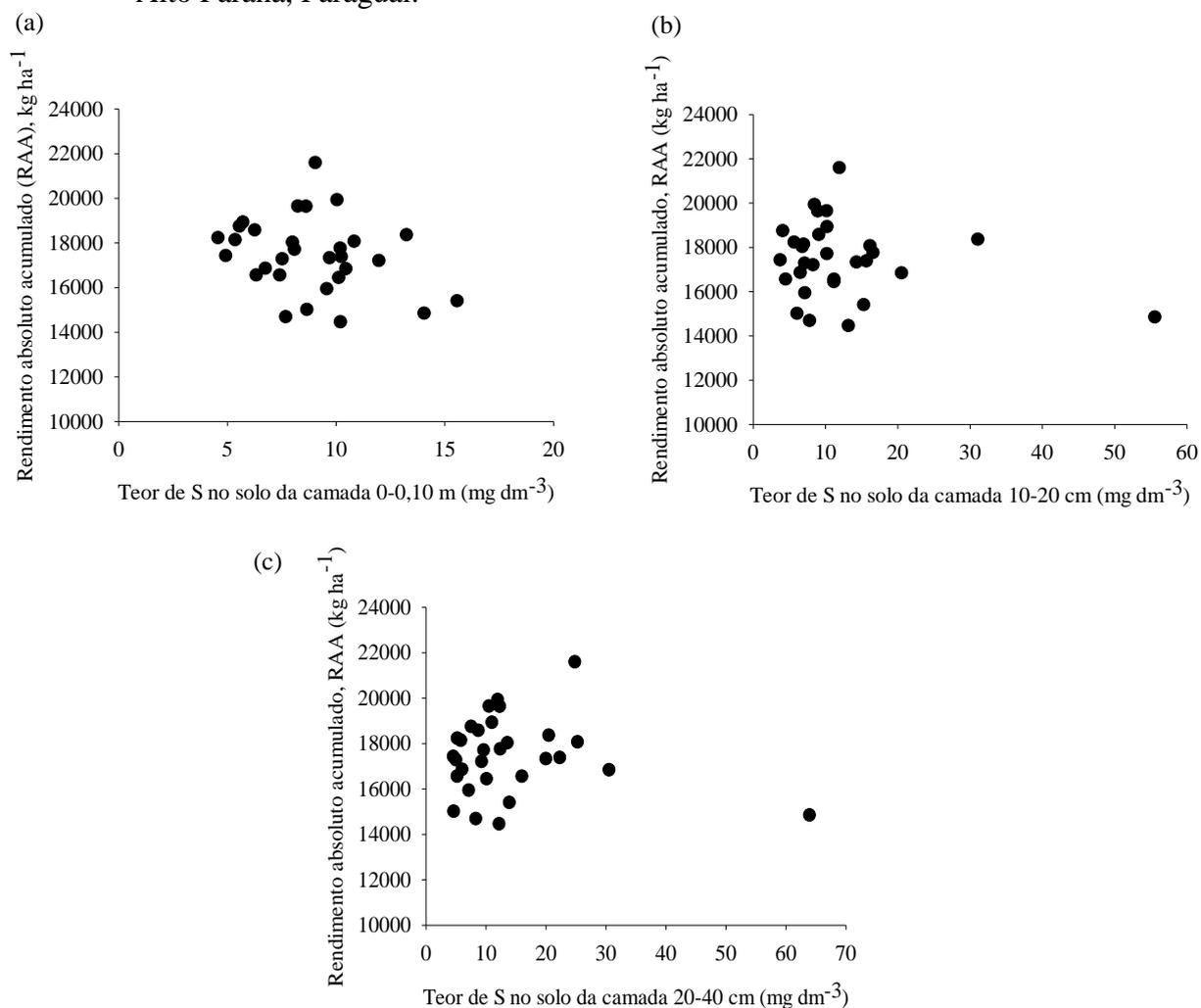
Tratamento	Soja	Milho	Soja	Milho	RAA
	2014/2015	2015	2015/2016	2016	
	-----		Mg ha ⁻¹	-----	
Dose de gesso (kg ha ⁻¹)					
0	2,8 ^{ns}	3,6 ^{ns}	4,0 ^{ns}	6,1 ^{ns}	16,5 ^{ns}
100	3,1	4,3	4,0	6,3	17,7
200	3,1	4,9	3,7	6,8	18,5
400	3,1	4,3	3,7	5,6	16,7
800	3,0	4,0	3,9	6,0	16,9
1600	3,1	4,3	4,0	5,7	17,1
CV%	10,30	13,15	5,81	9,42	9,45

*significativo em nível de 5%, pelo teste F; ns = não significativo em nível de 5% pelo teste F.

Não houve relação entre o rendimento absoluto acumulado das culturas de soja e milho safrinha com os teores de S disponíveis no solo nas profundidades de 0–10, 10–20 e 20–40 cm (Figura 2). Também não houve relação com a interpretação dos teores de S disponível no solo com a produção. A Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (SC) (CQFS-RS/SC, 2016), agrupa as culturas de acordo com suas exigências em S, estabelecendo o nível de suficiência de S de 10 mg dm⁻³ para soja e 5 mg dm⁻³ para o milho. Tiecher *et al.* (2012) também não observaram relação entre os teores de S disponíveis no solo com rendimentos das culturas de soja, girassol, feijão e mamona.

A escassa relação entre a soja e milho com os teores de S no solo, demonstraram que o S não foi nutriente limitante para as plantas de soja e milho sob essas condições. O S nativo proveniente da mineralização S contida na MO e o S depositado via atmosférica (TIECHER *et al.* 2013) provavelmente foi suficiente para suprir as necessidades das culturas, reduzindo a dependência do S aplicado via gesso agrícola.

Figura 2 - Relação entre o rendimento absoluto acumulado e teores de S disponível no solo das camadas 0–10 (a), 10–20 (b) e 20–40 cm (c). Minga Porá, Departamento de Alto Paraná, Paraguai.

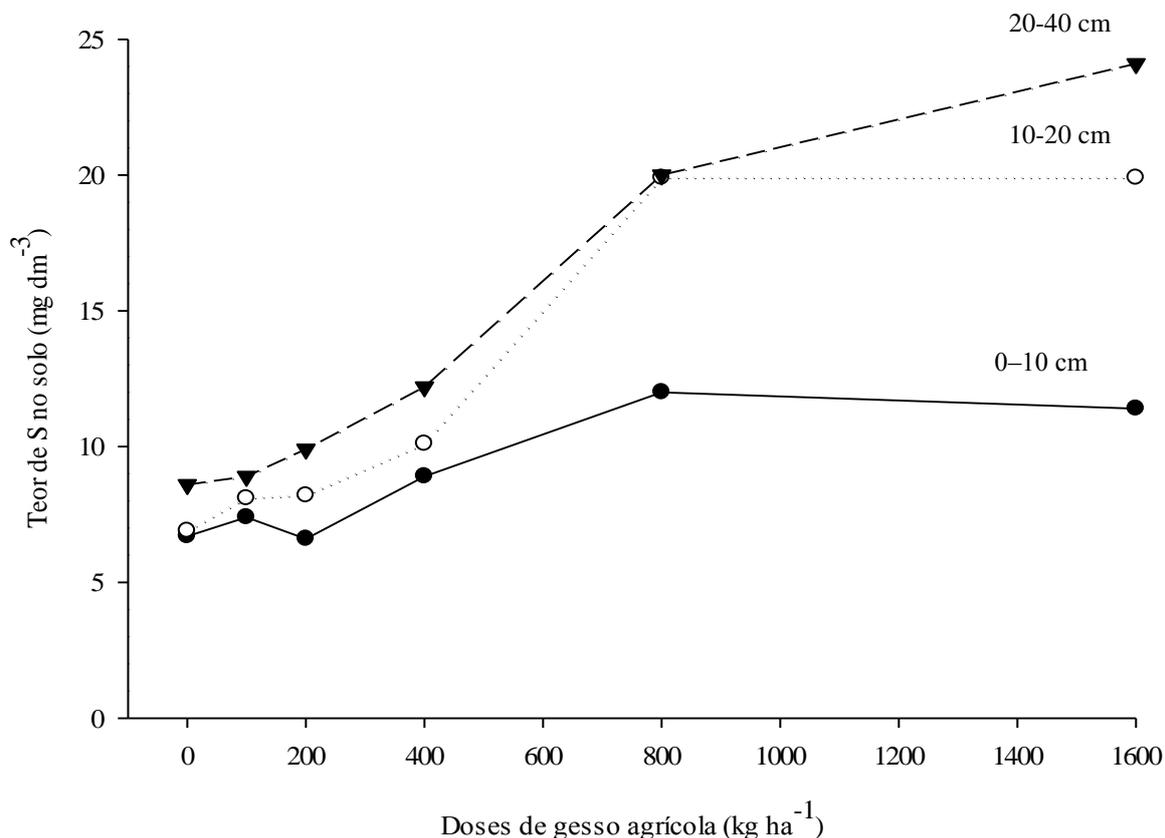


Os tratamentos com aplicação de diferentes doses de gesso apresentou uma tendência quadrática significativa nos teores de S disponíveis no solo nas três profundidades (Figura 3). No tratamento com a maior dose de gesso agrícola, o teor de S disponível no solo aumentou de 6,6 a 11,4 mg dm⁻³; 8,1 a 19,9 mg dm⁻³; e de 8,9 a 24,1 mg dm⁻³ nas camadas de 0–10, 10–20 e 20–40 cm em relação à testemunha, respectivamente.

Não houve interação significativa entre as doses de gesso agrícola e profundidade nos teores de S disponível. O teor de S aumentou nas três camadas avaliadas, podendo observar-se maior acumulação de S na camada de solo mais profunda (20–40 cm), semelhante ao observado por *Moda et al.* (2013). A migração de S da camada superficial às camadas mais

profundas ocorre devido à alta mobilidade do sulfato quando forma um par iônico neutro com o íon Ca (RAIJ, 2008; SORATTO e CRUSCIOL, 2008).

Figura 3 - Relação entre as doses de gesso agrícola e teores de S disponível no solo nas camadas de 0–10, 10–20 e 20–40 cm. Minga Porá, Departamento de Alto Paraná, Paraguai.



Conclusões

O teor de S disponível no solo aumentou com as doses de gesso agrícola até 40 cm de profundidade, mas isso não aumentou a produtividade de soja e milho safrinha nas duas safras avaliadas, mesmo quando os teores de S estiveram abaixo dos níveis críticos estabelecidos para essas culturas. Conseqüentemente, não houve relação entre o rendimento das culturas com os teores de S disponível no solo.

Esses resultados indicam que o S nativo proveniente da mineralização S contida na matéria orgânica do solo e o S depositado via atmosférica provavelmente foi suficiente para suprir as necessidades das culturas no local de estudo.

Agradecimentos

Ao CONACYT- Paraguai por financiar parte do trabalho dentro do marco do projeto 14-INV-130 denominado “Manejo sustentável da fertilidade do solo para a produção de alimentos”.

À Universidade Estadual do Oeste de Paraná e a Universidade Nacional de Assunção pelo apoio mediante a utilização da infraestrutura e equipes necessárias para o trabalho a campo e laboratório.

Referências

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 27–34, 1998.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 1, p. 315–327, 1999.

CAIRES, A.F.; FONSECA, A.F.; FELDHAUS, I.C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v. 25, n.1, p. 1029-1040, 2001.

CAIRES, E; BLUM, J; BARTH, G; GARBUJO, F; KUSMAN, M. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, MG, v. 27, p. 275-286. 2003.

CAIRES, E.F.; KUSMAN, M.T.; BARTH, G.; GARBUJO, 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.

CAIRES, E.; GARBUJO, F.J.; ALLEONI, L.R.; CAMBRI, M.A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.87-98, 2006.

CAIRES, E.F.; JORIS, H.A.; 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.

CAIRES, E.F.; ZARDO FILHO, R.; BARTH, G.; JORIS, H.A. Optimizing Nitrogen Use Efficiency for No-Till Corn Production by Improving Root Growth and Capturing NO₃-N in Subsoil. **Pedosphere**, v. 26, p. 474-485, 2016.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. Ed. Porto Alegre, 2016.

DALLA NORA, D.; AMADO, T.J.C. Improvement in Chemical Attributes of Oxisol Subsoil and Crop Yields under No-Till. **Agronomyc Journal**, v. 105 p. 1393-1403, 2013.

DI RIENZO, J.A.; CASANOVES F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L. **Grupo InfoStat**, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ra.ed. Brasília, DF, 2014. 353p.

ERNANI, P.R., MIQUELLUTI, D.J., FONTOURA, S.M.V., KAMINSKI, J.; ALMEIDA, J.A. Downward Movement of Soil Cations in Highly Weathered Soils Caused by Addition of Gypsum. **Journal Commun Soil Science Plant Anal**, v. 37, p. 571-586, 2007.

FATECHA, D.A.; JOHN, R.W.; SEBEM, E.; SAMANIEGO, M.L.R.; HAHN, E.O.; RASCHE, J.W. 2017. Clasificación de parámetros químicos de suelos agrícolas de los Departamentos de Misiones, Itapúa y Alto Paraná. **Tecnología Agraria**, v.2, 1, p. 8-13.

FECOPROD. Federación de Cooperativas de Producción. **Agroclimate Fecoprod. 2017**. Disponível em: [http://fecoprod .agroclimate.org](http://fecoprod.agroclimate.org). Acesso 30.jun.2017

FERREIRA N., R.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, F.N.; FONTES, R.L.; CANTARUTTI, R.B.; LIMA N., J.C. **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, MG, 2007. 1017p.

GARBUIO, F.J. **Alterações químicas do solo, nutrição, produção e qualidade de grãos de milho em função da aplicação de gesso em sistema plantio direto**. 2006. 71p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2006.

KLOCK, C. **Dosis de Yeso (Sulfato de Calcio) Y su efecto en el pH del suelo y el cultivo de la Soja (Glycine max)** 2016. 61p. Tesis de Grado (Carrera de Ingeniería Agronómica)- Universidad Nacional del Este, Facultad de Ingeniería Agronómica, Itakyry. 2016.

LANA, M.C.; FEY, R.; FRANDOLOSO, J.F.; RICHART, A.; FONTANIVA, S. **Análise química de solo e tecido vegetal: práticas de laboratório**. 2da ed. UNIOESTE, Marechal Cândido Rondón, 2016. 153p.

LÓPEZ, O.; GONZALEZ, E.; DE LLAMAS, P.; MOLINAS, A.; FRANCO S.; GARCÍA, S.; RIOS, E. **Estudio de Reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la Región Oriental del Paraguay**. Proyecto de Racionalización del uso de la tierra. SSERNMA/MAG/Banco Mundial. Asunción, PY, 1995. 296p.

MASCHIETTO, E. **Gesso agrícola na produção de milho e soja em solo de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto**. 2009. 58 p. Disertação. (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2009.

MODA, L.R.; BORGES, B.M.M.; FLORES, R.A.; DOS SANTOS, C.L.R.; PRADO, R.M.; SOUSA, J.I. Gessagem na cultura da soja no sistema de plantio direto com e sem adubação potássica. **Revista Agroambiente On-line**, v.2, n. 7, p. 129-135, 2013.

MOTTIN, M.C.; SEIDEL, E.P.; D.A.L; MOLIN, J.V.F. Resposta da cultura do milho (*Zea mays*) a épocas de adubação NPK e doses de gesso. In: XX Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água, 2016, **Anais**, Foz do Iguaçu – PR, 3p.

NAZHAR, R.; NOUSHINA, I.; MASOOD, A.; SYEED, S. AND KHAN, N.A. Understanding the significance of sulfur in improving salinity tolerance in plants. **Environmental and Experimental Botany**. v.70, p. 80-87, 2011.

NEIS, L.; PAULINO, H.B.; DE SOUZA, E.M.; DOS REIS, O.F.; PINTO, FA. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 409-416. 2010.

PAULETTI, V.; PIERRI, D.E.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A.C.V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 38, p. 495-505, 2014.

POZZA, A.A.A.; CURTI, N.; GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.G.S.M.; COSTA, E.T.S.; ZULIANI, D.Q.; MOTTA, P.E.F.; MARTINS, R.S.; OLIVEIRA, L.C.A. Adsorção e dessorção aniônicas individuais por gibbsita pedogenética. **Química Nova**, v.32, n 1, p. 99-105, 2009.

RAMPIM, L.; LANA, M.; FRANDOLOSO, J.F.; FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 1687-1698, 2011.

RASCHE, JW. **Disponibilidade e resposta de culturas ao enxofre em solos do Rio Grande do Sul**. 2004. 97p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Santa Maria, BR,UFSB, 2004.

RAIJ, B. Uso do gesso agrícola na agricultura. **Informações Agronômicas**, 117. Piracicaba: POTAFOS, p.14-15, 2007.

RIVETTI, A.R. Producción de maíz bajo diferentes regímenes de Riego complementario en Rio Cuarto, Córdoba, Argentina. **Revista Científica**, v. 39, p. 29-39, 2007.

RODRÍGUEZ, A. **Yeso agrícola y su efecto en el cultivo de maíz zafriña**. 2016. 64 p. Tesis de Grado (Carrera de Ingeniería Agronómica)- Universidad Nacional del Este, Facultad de Ingeniería Agronómica, Itakyry. 2016.

ROUACHED, H.; SECCO, D.; BULAK, A. Getting the most sulfate from soil: Regulation of sulfate uptake transporters in *Arabidopsis*. **Journal of Plant Physiology**, v.166, p. 893-902, 2009.

SCHERER, H.W. Sulphur in crop production. **Europea Journal of Agronomy**, v.14, p. 81-111, 2001.

SOARES, G. **Gesso e fósforo na sucessão soja/milho safrinha**. 2016. 90p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Jatáí, Goiás, Brasil, Universidade Federal de Goiás. 90 p.

SOAUD, A.A.; DARWISH, F.H.; SALEH, M.E.; EL-TARABILY, K.A.; ARIZUM, M.S. Y RAHMAN,MM. Effects of elemental sulfur, phosphorous micronutrients and *Paraccocus versutus* on nutrient availability of calcareous soils. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, n.5, p. 554-561, 2011.

SORATTO, R.; CRUSCIOL, C.A. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 32, p. 675-688, 2008.

SORATTO, R.; CRUSCIOL, C.A.; MELLO, F. Componentes da produção e produtividade de cultivares de arroz e feijão de calcário e gesso aplicados na superfície do solo. **Bragantia**, Campinas, v.4, n.69, p.965-974, 2010.

TIECHER, T.; RHEINHEIMER, D.S.; RASCHE J.W.; BRUNETTO, G.; MALLMAN, F.J.; PICCIN, R. Resposta de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetida à adubação sulfatada. Solos e Nutrição de Plantas. **Bragantia** Campinas, SP, v.20, n.10, p.1-10, 2012.

TIECHER, T.; SANTOS, D.R.; ALVAREZ, J.W.R.; MALLMANN, F.J.K.; PICCIN, R.; BRUNETTO, G. Respostas de culturas à adubação sulfatada e deposição de enxofre atmosférico. **Revista Ceres**, v.60, n.3, p.420-427, 2013.

VICENSI, M.; MÜLLER, M.M.L.; KAWAKAMI, J.; NASCIMENTO, R.; MICHALOVICZ, L.; LOPES, C. Do Rates and Splitting of Phosphogypsum Applications Influence the Soil and Annual Crops in a No-Tillage System. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 40 p. 1-17, 2016.

WATANABE, S. **Aplicación de yeso y cal agrícola en la sucesión soja – trigo en siembra directa en un Ultisol**. 2013. 103 p. (Disertación – Maestría en Suelos y Ordenamiento Territorial) – Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, San Lorenzo, Paraguay, 2013.

ZAMBROSII, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES. E.F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 37, n. 1, p. 110-117, 2007.