

## Fornecimento de Enxofre no Sistema de Cultivo Soja-Milho<sup>(1)</sup>.

**Claudinei Kappes<sup>(2)</sup>; Leandro Zancanaro<sup>(3)</sup>; Fabio Vieira de Jesus<sup>(4)</sup>; Eros Artur Bohac Francisco<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Programa de Monitoramento e Adubação (PMA) da Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso (Fundação MT).

<sup>(2)</sup> Pesquisador; Fundação MT; Rondonópolis, MT; E-mail: [claudineikappes@fundacaomt.com.br](mailto:claudineikappes@fundacaomt.com.br); <sup>(3)</sup> Gestor Técnico e Pesquisador; Fundação MT; Rondonópolis, MT; <sup>(4)</sup> Assistente de Pesquisa, Fundação MT; Rondonópolis, MT; <sup>(5)</sup> Diretor Adjunto; International Plant Nutrition Institute – IPNI Brasil; Rondonópolis, MT.

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de fontes de enxofre sobre a produtividade da soja e do milho. Os experimentos foram conduzidos no município de Sapezal – MT, durante os anos agrícolas de 2011/12 e 2012/13. Foram testados seis tratamentos dispostos em blocos ao acaso, com quatro repetições: superfosfato triplo; superfosfato simples; superfosfato simples + triplo; enxofre elementar (no sulco de semeadura e a lanço) e gesso agrícola. As parcelas foram constituídas por 16 linhas com 15 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m entre si. Os resultados foram submetidos ao teste F, comparando-se as médias pelo teste de Scott-Knott. A aplicação superficial de gesso no ano agrícola 2011/12 proporcionou maior massa de mil grãos e produtividade de soja e altura final de planta de milho. A produtividade do milho segunda safra não foi incrementada pelo efeito residual das fontes de enxofre aplicadas na cultura antecessora.

**Termos de indexação:** *Glycine max*, *Zea mays*, produtividade.

### INTRODUÇÃO

A exigência de enxofre pelas culturas varia de acordo com a espécie e com a produtividade. No grupo das culturas de média/alta exigência incluem-se as leguminosas, que, de um modo geral, são mais exigentes que as gramíneas, em função de seu teor mais elevado de proteínas (Alvarez et al., 2007; Rheinheimer et al., 2005). Em função disso, a soja é uma cultura exigente neste nutriente e há possibilidade de resposta à adubação com enxofre, especialmente em solos de Cerrado. A deficiência de enxofre nos solos ocorre em razão da baixa fertilidade, associada ao baixo teor de matéria orgânica, ao aumento da exportação de enxofre pelos grãos, causados por produtividades elevadas, à lixiviação de sulfato (Rheinheimer et al., 2005; Vitti et al., 2007) e à textura do solo.

Nos solos de Cerrado, assim como nos solos não adubados de regiões úmidas do Brasil, mais de 90% do enxofre está na forma orgânica. Isto é

comprovado pelas altas correlações verificadas entre os teores de carbono orgânico ou nitrogênio total e os teores de enxofre total ou orgânico. Em condições de solos bem drenados, praticamente todo o enxofre mineral está na forma de sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), proveniente da mineralização da matéria orgânica. O sulfato é praticamente a única forma de enxofre absorvida pelas raízes. A preocupação de avaliar a capacidade do solo em suprir as necessidades de enxofre das culturas tem aumentado nas últimas décadas, devido à constatação de deficiência do nutriente, principalmente em regiões de clima tropical.

A importância do enxofre para a cultura da soja está ligada à formação de aminoácidos, necessários para a formação de proteínas. Atualmente, o enxofre está se tornando um nutriente limitante para as produções das culturas, sendo que as principais razões para esse aumento da necessidade envolvem: (i) maior produtividade das culturas, requerem mais enxofre; (ii) aumento do uso de fertilizantes concentrados que contém pouco enxofre e; (iii) redução das reservas de enxofre do solo com as perdas de matéria orgânica devido à mineralização e à erosão. Resultados de pesquisa com enxofre não são frequentes no Brasil, pois para se conseguir isolar o efeito deste nutriente é preciso trabalhar com produtos puros, e muitas vezes o enxofre é ou foi aplicado nas áreas cultivadas via fertilizantes compostos, como nutriente secundário, caso dos sulfatos, superfosfato simples e gesso agrícola.

Neste sentido, realizaram-se estes trabalhos com o objetivo de verificar a influência de fontes de enxofre sobre a produtividade da soja e do milho segunda safra.

### MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no município de Sapezal – MT, em uma propriedade particular (13° de latitude Sul), durante os anos agrícolas de 2011/12 e de 2012/13. A região está sob bioma de Cerrado, cujo clima predominante, segundo classificação de Köppen, é o do tipo Aw. A

precipitação média é entre 1.200 e 1.800 mm e a temperatura média anual entre 22 e 23 °C.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico e de textura argilosa (Embrapa, 2006), cujos atributos químico-físicos estão apresentados na **tabela 1**. Os experimentos foram instalados em área cultivada em “sistema plantio direto”.

### Tratamentos e amostragens

Foram avaliados seis tratamentos com quatro repetições (**Tabela 2**), os quais foram dispostos em blocos casualizados. As parcelas experimentais foram constituídas por 16 linhas de 15 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m.

**Tabela 2** – Descrição dos tratamentos estudados.

Tratamento	Modo de aplicação	Fonte de P	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> S	
			— kg ha <sup>-1</sup> —	
STP	Sulco	STP	60	0
SSP	Sulco	SSP	60	36 <sup>(2)</sup>
SSP+STP	Sulco	SSP+STP	60	18 <sup>(2)</sup>
S elementar	Sulco	STP	60	36
S elementar	Lanço <sup>(1)</sup>	STP	60	36
Gesso	Lanço <sup>(1)</sup>	STP	60	36 <sup>(2)</sup>

Legenda: STP – superfosfato triplo; SSP – superfosfato simples.  
<sup>(1)</sup> Na safra 2011/12 realizada aos 15 dias após a emergência e na safra 2012/13 realizada no dia da semeadura. <sup>(2)</sup> Enxofre na forma de sulfato.

No ano agrícola 2011/12, a cultivar de soja utilizada foi a TMG 1176 RR (grupo de maturação 7.6), com semeadura realizada no dia 29/10/2011 e colheita no dia 23/02/2012. Em pré-semeadura, aplicou-se 85 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O via cloreto de potássio (KCl), a lanço. No sulco de semeadura foram aplicados 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> via STP ou SSP, conforme o tratamento. Posteriormente, no dia 26/02/2012, semeou-se milho (DKB 390 PRO – híbrido simples e de ciclo precoce) para avaliação do efeito residual das fontes de enxofre aplicadas na cultura antecessora. No sulco de semeadura foram aplicados 52 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 10 kg ha<sup>-1</sup> de N via fosfato monoamônico (MAP). Na presença de 50% das plantas com a quinta folha expandida (V<sub>5</sub>) (Ritchie et al., 2003), foi realizada aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N via ureia e de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O via KCl. A colheita foi realizada no dia 25/07/2012.

No ano agrícola, a cultivar de soja utilizada foi a TMG 1174 RR (grupo de maturação 7.4), com semeadura realizada no dia 19/10/2012 e colheita no dia 12/02/2013. No sulco de semeadura foram aplicados 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> via STP ou SSP, conforme o tratamento. Logo após a semeadura, aplicou-se 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O via KCl a lanço. As demais práticas fitotécnicas, na soja e no milho,

foram realizadas conforme as suas necessidades.

Foram avaliadas as seguintes características: i) teor de enxofre foliar no florescimento da soja; ii) altura final de planta; iii) massa de mil grãos; e iv) produtividade (obtida a partir da trilha mecânica e pesagem dos grãos oriundos das espigas colhidas na área útil das parcelas, com correção para 13% de umidade – base úmida). A produtividade da soja e do milho foi determinada em dois pontos amostrais por parcela, sendo cada ponto constituído por duas linhas adjacentes com 4,0 m de comprimento. Desse modo, a produtividade foi obtida pela média aritmética entre os dois pontos amostrados.

### Análise estatística

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação superficial de gesso no ano agrícola 2011/12 proporcionou maior massa de mil grãos e produtividade de soja e altura final de planta de milho (**Tabela 3**). Por outro lado, Nogueira & Melo (2003) não obtiveram incrementos de produtividade de soja com a aplicação de gesso em solo de textura média (310 g kg<sup>-1</sup>) com baixo teor de matéria orgânica (22 g dm<sup>-3</sup>). Os autores atribuíram essa falta de resposta de produtividade às doses de gesso aos teores adequados de enxofre no solo, tendo sido a quantidade proveniente da mineralização da matéria orgânica suficiente para suprir as necessidades da cultura.

No presente trabalho, a supremacia da aplicação de gesso em relação às demais fontes de enxofre testadas pode estar relacionada ao fornecimento de cálcio no solo e às melhorias do ambiente de crescimento do sistema radicular das plantas. Fato comprovado com as menores produtividades observadas com a utilização das demais fontes. O gesso agrícola, um subproduto da indústria de ácido fosfórico que contém principalmente sulfato de cálcio, quando aplicado em superfície, seguido por lixiviação para subsolos ácidos, resulta em melhor crescimento do sistema radicular e maior absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas (Carvalho & Raij, 1997), em decorrência do aumento da concentração de cálcio, da formação de espécies menos tóxicas de alumínio (AlSO<sub>4</sub><sup>+</sup>) e da precipitação de alumínio. Os aumentos de produtividade das culturas, pela ação do gesso agrícola, são usualmente relacionados ao suprimento de cálcio e a neutralização do alumínio no solo (Kappes, 2009).



A massa de mil grãos e produtividade do milho, cultivado no ano agrícola 2011/12, não foram influenciadas pelo fornecimento de enxofre (**Tabela 3**), portanto, não foram incrementadas pelo efeito residual das fontes aplicadas na cultura antecessora. O teor de enxofre foliar, altura final de planta e produtividade da soja, cultivada no ano agrícola 2012/13, não foram influenciadas pelo fornecimento de enxofre. Os teores médios de enxofre foliar no florescimento ficaram dentro da faixa considerada satisfatória para a cultura, que é de 2,0 a 3,0 g kg<sup>-1</sup> (Kuhiraha et al., 2008).

Condizente ao observado no primeiro ano de estudo, a aplicação superficial de gesso no ano agrícola 2012/13 proporcionou maior massa de mil grãos de soja, embora não tenha diferido, estatisticamente, da aplicação de SSP no sulco de semeadura, o que pode estar relacionada à solubilidade desta fonte. O SSP é um fertilizante de rápida solubilidade e com teor de 12% de S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> na sua composição, disponibilizando facilmente o enxofre para as culturas. Já outras fontes, como o sulfurgran que apresenta 90% de enxofre na forma elementar, precisa sofrer algumas reações de oxidação no solo para ficar disponível, sendo transformados em SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>. Segundo Horowitz & Meurer (2006), as plantas somente conseguem absorver o enxofre elementar aplicado no solo depois de sua oxidação a sulfato, oxidação esta catalisada por enzimas produzidas principalmente por microrganismos. Broch et al. (2011) avaliaram a aplicação de fontes de enxofre (SSP, MAP sulfurado + sulfurgran, sulfurgran, enxofre elementar, gesso granulado, Fosmag 509M6, gesso agrícola a lanço e testemunha, sem a aplicação) na cultura da soja e concluíram que a maioria das fontes foi eficiente em fornecer este nutriente para a soja, porém, o enxofre elementar não foi eficiente em disponibilizar enxofre para a cultura.

## CONCLUSÕES

A aplicação superficial de gesso no ano agrícola 2011/12 proporcionou maior massa de mil grãos e produtividade de soja e altura final de planta de milho.

A produtividade do milho segunda safra não foi incrementada pelo efeito residual das fontes de enxofre aplicadas na cultura antecessora.

## REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V. H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C. H. et al. Enxofre. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. et al. (Eds.). Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, 2007. p.595-644.

BROCH, D. L.; PAVINATO, P. S.; POSSENTI, J. C. et al. Produtividade da soja no cerrado influenciada pelas fontes de enxofre. *Revista Ciência Agronômica*, 42:791-796, 2011.

CARVALHO, M. C. S. & RAIJ, B. van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. *Plant and Soil*, 192:37-48, 1997.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

HOROWITZ, N. & MEURER, E. J. Oxidação do enxofre elementar em solos tropicais. *Ciência Rural*, 36:822-828, 2006.

KAPPES, C. Gesso agrícola é condicionador de solo. *Revista Campo & Negócios*, 79:6-8, 2009.

KURIHARA, C. H.; STAUT, L. A. & MAEDA, S. Faixas de suficiência de nutrientes em folhas de soja, em Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, definidas pelo uso do método DRIS de diagnose do estado nutricional. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 30., 2008. Resumos. Londrina: Embrapa Soja, 2008. (Documentos, 304).

NOGUEIRA, M. A. & MELO, W. J. Enxofre disponível para a soja e atividade de arilsulfatase em solo tratado com gesso agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:655-663, 2003.

RHEINHEIMER, D. S.; ALVAREZ, J. W. R.; OSORIO FILHO, B. D. et al. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. *Ciência Rural*, 35:562-569, 2005.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J. & BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. Piracicaba: Potafós, 2003. 20p. (Informações Agronômicas, 103).

VITTI, G. C.; FAVARIN, J. L.; GALLO, L. A. et al. Assimilação foliar de enxofre elementar pela soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:225-229, 2007.

**Tabela 1** – Atributos químicos e físicos do solo da área experimental nas camadas de 0 a 0,2 m, 0,2 a 0,4 m e 0,4 a 0,6 m, antes da instalação do experimento.

0 a 0,2 m														
pH do solo	P	K	S	Ca	Mg	Al	H	V	m	MO	Argila	Areia	Silte	
H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>	—	—	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	—	—	%	—	g dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>	—	—	
5,3	4,5	7	23	11	1,0	0,4	0,4	3,7	26	7,2	20	440	427	133
0,2 a 0,4 m														
pH do solo	P	K	S	Ca	Mg	Al	H	V	m	MO	Argila	Areia	Silte	
H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>	—	—	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	—	—	%	—	g dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>	—	—	
5,2	4,5	3,7	19	14	0,8	0,4	0,4	3,2	26	8,2	16	490	377	133
0,4 a 0,6 m														
pH do solo	P	K	S	Ca	Mg	Al	H	V	m	MO	Argila	Areia	Silte	
H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>	—	—	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	—	—	%	—	g dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>	—	—	
5,2	4,4	2,8	17	22	0,7	0,3	0,5	2,8	24	11,5	13	506	360	134

Extratores: P e K (Mehlich-1 – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N + HCl 0,05N); S (fosfato de cálcio); Ca, Mg e Al (cloreto de potássio – 1 mol L<sup>-1</sup>); H (acetato de cálcio a pH= 7); MO (bicromato de potássio).

**Tabela 3** – Teste F e valores médios de teor de enxofre foliar (S), altura final de planta (AFP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) de soja e de milho segunda safra em função do fornecimento de enxofre.

Tratamento	Soja (2011/12)			Milho (2011/12)			Soja (2012/13)			
	AFP (cm)	MMG (g)	PROD kg ha <sup>-1</sup>	AFP (cm)	MMG (g)	PROD kg ha <sup>-1</sup>	S g kg <sup>-1</sup>	AFP (cm)	MMG (g)	PROD kg ha <sup>-1</sup>
STP / sulco	71,5	129,3 b	2.576 d	235,7 b	332,9	9.567	2,38	50,8	118,1 b	2.553
SSP / sulco	73,1	133,2 b	2.907 c	236,7 b	348,2	10.928	2,27	52,6	125,4 a	2.689
STP+SSP/sulco	66,8	132,5 b	2.866 c	237,2 b	339,8	10.080	2,29	52,0	115,7 b	2.738
S elementar/sulco	74,5	131,0 b	2.773 c	232,5 c	338,9	9.472	2,33	53,0	117,9 b	2.516
S elementar/lanço	63,8	131,2 b	3.016 b	232,7 c	346,2	10.239	2,15	51,1	115,4 b	2.702
Gesso / lanço	73,1	138,8 a	3.255 a	242,0 a	337,9	9.797	2,23	55,5	135,4 a	2.766
Média geral	70,5	132,7	2.899	236,2	340,7	10.014	2,27	52,5	121,3	2.661
Teste F	ns	*	**	**	ns	ns	ns	ns	**	ns
CV (%)	9,2	2,3	6,2	1,1	2,8	6,9	12,7	4,1	8,9	7,4

Legenda: STP – superfosfato triplo; SSP – superfosfato simples. \*\*, \* e ns – significativo a 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV – coeficiente de variação.