

## Eficiência agrônômica de diferentes fertilizantes contendo enxofre para a cultura do milho

Agronomic efficiency of different fertilizers containing sulphur for the corn culture

CZYCZA, R.V.<sup>1</sup>; FONTANIVA, S.<sup>2</sup>; LANA, M.C.<sup>3</sup>; FRANDOLOSO, J.F.<sup>3</sup>; VALE, F.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Mestrando no Programa de Pós Graduação Solos e Nutrição de Plantas – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz ESALQ/USP, Piracicaba – SP, CEP: 13418-900

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE.

<sup>3</sup> Professor do Centro de Ciências Agrárias - Universidade Estadual do Oeste do Paraná

<sup>4</sup> Mosaic Fertilizantes do Brasil – Piracicaba - SP

e-mail: rvczycza@esalq.usp.br

### Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta na produção de grãos da cultura do milho, assim como a eficiência agrônômica relativa (EAR), em função de seis diferentes formulações de fertilizantes contendo enxofre. O experimento foi realizado em Latossolo Vermelho eutroférico textura muito argilosa, em sistema de semeadura direta, no município de Marechal Cândido Rondon (PR). Foram avaliados seis fertilizantes: fosfato diamônio (DAP, 18 % de N e 46 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), considerado testemunha com zero de S; a formulação 14-34-00 + 8,5 % de S, considerado como fertilizante padrão; e as formulações testadas FORAM identificadas como: ACT33B (11-38-00 + 12 % de S total); ACT33C (8-22-00 + 20 % de S); MES15 (13-33-00 + 15 % de S) e MESZ (12-40-00 + 10 % de S e 1 % de Zn). O delineamento experimental utilizado foi blocos inteiramente casualizados com quatro repetições. As parcelas foram compostas de 6 linhas com 5 m de comprimento e 0,9 m de espaçamento entre linhas; as avaliações foram realizadas nos quatro metros centrais nas 4 linhas centrais de cada parcela. Adubações de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O foram realizadas com base no teor do solo e tabelas de recomendação de adubação. Ocorreu resposta na produção de grãos em função do incremento das doses de S, sendo a EAR maior para os fertilizantes ACT33C e MES15 em comparação ao fertilizante padrão 14-34-00 + 8,5 % de S. A aplicação dos fertilizantes com S, além de terem proporcionado um aumento na produtividade da cultura, aumentaram o teor do elemento no solo.

Palavras - Chave: Eficiência Agrônômica, enxofre, milho.

### Abstract

This work aimed to evaluate the answer in corn yield, as well as the relative agronomic efficiency (RAE), in function of six different formulations of sulphur fertilizers. The experiment were conducted in Latossols Red eutroférico loamy texture, in no tillage system in the county of Marechal Cândido Rondon (PR). Six fertilizers were evaluated: diamonio phosphate (DAP, 18 % of N and 46% of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), considered as check with zero of S; the formulation 14-34-00 + 8,5% of S, considered as standard fertilizer; and the formulations tested were identified as: ACT33B (11-38-00 + 12% of total S); ACT33C (8-22-00 + 20% of S); MES15 (13-33-00 + 15% of S) and MESZ (12-40-00 + 10% of S and 1% of Zn). The experimental design used was blocks completely randomized with four replications. Each plot was composed by six lines with 5 m long and 0,9 m spacing between lines; the evaluations were made on the four central lines and on the four central meters of each plot. Manurings of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O were made with tables of manuring recommendation. The yield increased with increment of the application of S, being larger RAE for the fertilizers ACT33C and MES15 in comparison with the standard fertilizer 14-34-00 + 8,5% of S. The application of fertilizers with S, besides increasing the yield of the culture, provided an increase of the amount of the element in the soil.

Key-words: Relative Agronomic efficiency (RAE), Sulphur, Corn.

## Introdução

O enxofre, assim como outros nutrientes, apresentam significativa importância no desenvolvimento das plantas, por fazer parte da constituição protéica, síntese de clorofila, formação de ferredoxina, entre outros constituintes (Alvarez et al., 2007). No entanto, as pesquisas com este elemento tiveram início no Brasil na década de 50, pois até então não era dada a devida importância ao elemento em função dos solos apresentarem teores consideráveis. Entretanto, com o cultivo intensivo os estoques foram decrescendo e, atualmente, diversos trabalhos indicam a eficiência da aplicação de S para a cultura do milho, tanto nos solos do Brasil como em outros países (Yamada et al., 2007, Rehm, 2005).

O S predomina no solo na fração orgânica, com mais de 90 % do total do S presente no solo. Além da matéria orgânica do solo (MOS) influenciar na sua dinâmica e disponibilidade às plantas, a disponibilidade de S é afetada pelos teores de P, onde competem por sítios de adsorção nos colóides minerais, assim como diretamente relacionado com a aplicação de N no solo. O enxofre é geralmente aplicado como fertilizante em culturas comerciais na forma de sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Entretanto, pesquisas demonstraram que a forma elementar do enxofre ( $\text{S}^0$ ) pode ser considerada fertilizante, desde que as condições do solo, fonte e cultura na qual o elemento for aplicado, permitam a conversão da forma elementar para sulfato. Existe a possibilidade de em alguns solos, o  $\text{S}^0$  se tornar mais eficiente que o  $\text{SO}_4^{2-}$  em função do efeito residual (Alvarez et al., 2007). Portanto, há necessidade de mais estudos para melhor entendimento da dinâmica do S no solo e verificação de sua eficiência em diferentes solos (Rehm, 2005).

Neste contexto, foi realizado um ensaio para a cultura do milho, utilizando diferentes fontes de fertilizantes com diferentes formas e concentrações de S (Mosaic Fertilizantes do Brasil).

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no município de Marechal Cândido Rondon, PR, na safra agrícola 2005/2006, sob Latossolo Vermelho eutrófico com textura muito argilosa (> 60 % de argila). O cultivo foi realizado sob semeadura direta, testando diferentes fertilizantes. O delineamento experimental foi constituído de blocos ao acaso com 4 repetições e as parcelas foram constituídas por 6 linhas com 5 metros de comprimento e espaçamento de 0,9 m entre linhas, sendo avaliados os 4 metros centrais das 4 linhas centrais de cada parcela.

Foram avaliados os fertilizantes: fosfato diamônio (DAP, 18 % de N e 46 % de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), considerado testemunha com zero de S; a formulação 14-34-00 + 8,5 % de S, considerado como fertilizante padrão; e as formulações testadas identificadas como: ACT33B (11-38-00 + 12 % de S total); ACT33C (8-22-00 + 20 % de S); MES15 (13-33-00 + 15 % de S) e MESZ (12-40-00 + 10 % de S e 1 % de Zn). Com exceção da fonte 14-34-00, na qual todo enxofre estava na forma de sulfato, as outras fontes apresentavam metade do S na forma de sulfato, e a outra metade na forma elementar ( $\text{S}^0$ ) (Mosaic Fertilizantes do Brasil). As doses de S aplicadas estão apresentadas no quadro 2. Como o objetivo era avaliar o efeito do S nestes fertilizantes, foram fixados os teores de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  em 38, 130 e 70  $\text{kg ha}^{-1}$ , respectivamente, na semeadura, sendo que o nivelamento de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  foi realizado utilizando-se, respectivamente, as fontes uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. Três semanas após a emergência do milho foi realizada uma aplicação em cobertura de 100  $\text{kg ha}^{-1}$  de N na forma de uréia. Todos os tratamentos culturais, exceto a aplicação do fertilizante em cobertura, foram realizados mecanicamente.

Foram avaliados produtividade, teores de nutrientes no tecido foliar e grãos, análise química do solo após o cultivo, altura de plantas, densidade populacional, número de grãos e massa de grãos por espiga. A caracterização química do solo está apresentada no Quadro 1. A análise estatística constituiu de análise de variância para identificar as diferenças significativas entre os tratamentos pelo procedimento ANOVA e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % utilizando o programa SAEG (1999).

Quadro 1: Caracterização química do solo da área de instalação do experimento

Prof. cm	M.O. <sup>(1)</sup> g dm <sup>-3</sup>	pH	P <sup>(2)</sup> CaCl <sub>2</sub> mg dm <sup>-3</sup>	S <sup>(3)</sup> mg dm <sup>-3</sup>	H+Al <sup>(4)</sup>	K <sup>(2)</sup>	Ca <sup>2+</sup> <sup>(5)</sup>	Mg <sup>2+</sup> <sup>(5)</sup>	SB	CTC	V	Al
0-20	21,00	5,30	8,00	6,30	3,10	0,17	4,60	1,90	6,70	9,80	68,00	0,00
20-40	17,00	4,90	3,00	17,40	4,20	0,08	3,50	1,60	5,20	9,40	55,00	0,00
40-60	14,00	4,90	1,00	17,70	3,60	0,10	3,10	1,50	4,70	8,30	56,00	0,00

<sup>(1)</sup>Método Walkey-Black; <sup>(2)</sup>Extrator Mehlich-1; <sup>(3)</sup>S(SO<sub>4</sub>)<sup>2-</sup> Extrator Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>; <sup>(4)</sup>pH em SMP (7,5); <sup>(5)</sup>Extrator KCl;

## Resultados e Discussão

Foi detectada diferença significativa na produção de grãos em função dos tratamentos, conforme Quadro 2. As fontes testadas representadas pelos códigos ACT33C e MES15 com 20 e 15% de S respectivamente, apresentaram incremento de 1450 e 1247 kg ha<sup>-1</sup> de grãos em relação a testemunha (DAP), sendo que esta diferença representou um ganho de 27 e 23 %, respectivamente. Este incremento pode ter ocorrido em função da maior dose de S fornecida pelos fertilizantes conforme quadro 2. Incrementos significativos na produção de grãos em função da aplicação de S foram encontrados por (Rehm, 2005). Os demais tratamentos não se diferenciaram estatisticamente, porém houve incrementos na produtividade de 631, 1246 e 807 kg ha<sup>-1</sup> para 14-34-00, ACT33B e MESZ respectivamente em comparação à testemunha. Mesmo não apresentando diferença estatística, este incremento pode se tornar viável em função do preço de mercado do milho, que atualmente está em U\$13,00 a saca de 60 kg (CBOT, 2008).

Quadro 2: Percentagem de S para cada fertilizante, doses aplicadas em cada tratamento, médias de produção obtidas, e teor de enxofre residual no solo após cultivo na camada de 0-20 cm

Tratamentos	S no Fertilizante	S Aplicado	Produtividade	S solo após cultivo
	%	kg ha <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>
DAP	0	0	5360,7 b	11,1 b
14-34-00	8,5	21,7	6502,7 ab	16,3 ab
ACT 33B	12	41,5	5991,2 ab	13,8 ab
ACT 33C	20	95	6812,2 a	24,4 a
MES15	15	43,8	6606,7 a	14,0 ab
MESZ	10	34,8	6117,7 ab	13,1 ab
			<b>Valor de F</b>	
			4,292*	3,09*
DMS			1166,69	12,30
<b>CV (%)</b>	-	-	8,14	34,59

\* Diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade.

Para a EAR, considerou-se como fertilizante padrão (100%) o de formulação comercial 14-34-00 com 8,5 % de S, e como testemunha o DAP com zero de S. Conforme figura 1, a maior EAR foi constatada para as fontes ACT33C e MES15, com eficiência de 27 e 9 %, respectivamente, em relação à formulação 14-34-00+8,5 % de S. Isso indica que parte do enxofre elementar contido nas fontes foi oxidado e tornou-se disponível às plantas, principalmente quando se observa o resultado do MES15 (7,5 % de S como sulfato e 7,5 de S como elementar) comparado com o teor de S da fonte padrão, que estava na forma de sulfato. Respostas semelhantes foram obtidas por Prochnow et al., (2007) que verificaram contribuição do S<sup>0</sup> no desenvolvimento do milho. Respostas diferentes foram obtidas com as fontes ACT33B e MESZ com 55 e 66 % de EAR, respectivamente. Isto pode ter ocorrido devido à menor dosagem de S fornecida por essas fontes em relação aos outros tratamentos, associado a não liberação completa do S elementar no primeiro cultivo.

Após a colheita, foi determinado o teor de S residual no solo na profundidade de 0-20 cm, conforme o Quadro 2 para a cultura do milho. Houve diferença estatística somente entre a

testemunha e o tratamento de maior dose fornecida (ACT33C) com 95 kg ha<sup>-1</sup> de S aplicado. Para os demais tratamentos, mesmo não havendo diferença significativa, houve um acréscimo nos teores de 2 a 5,2 mg dm<sup>-3</sup> de S, em comparação com a testemunha.

Além destas variáveis, foram determinadas o teor de S no tecido foliar e grãos, massa de grãos, altura plantas, população final, número de grãos, macronutrientes no tecido foliar entre outros, no entanto, ambos não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos

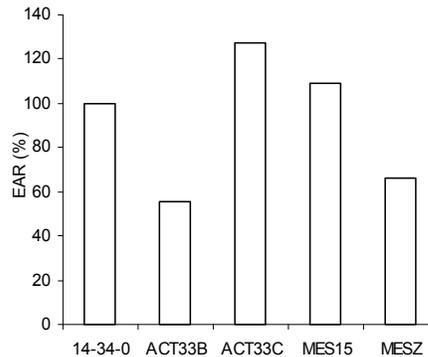


Figura 1: Índice de Eficiência Agrônômica (IEA) dos fertilizantes testados na cultura do milho.

## Conclusões

- 1 – A cultura do milho respondeu positivamente à aplicação de enxofre.
- 2 – O enxofre elementar contido nas fontes contribuiu para o fornecimento de S para o solo e para a nutrição das plantas.
- 2 – As fontes ACT33C e MES15 apresentaram EAR superior, respectivamente de 27 e 9 % em comparação com o fertilizante padrão (14-34-00 + 8,5 % de S).

## Referências

ALVAREZ, V.H., ROSCOE, R., KURIHARA, C.H., PEREIRA, N.F. Enxofre. In: NOVAIS, R. F. NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa – MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. X, p. 595-644.

CBOT, **Chicago Board of trade**, in: [www.cbot.com](http://www.cbot.com), acesso maio de 2008.

PROCHNOW, L.I.; FAIRCHILD, D., OLSON, R.; LAMBAIS, M., Pereira, J., **Agronomic Effectiveness of Sources of Sulfur in Four Brazilian Soils**, ASA-CSSA-SSSA - International Annual Meetings, New Orleans, Louisiana, - USA, November 2007.

REHM, G.W., **Sulfur Management for Corn Growth with Conservation Tillage**. Published in Soil Sci. Soc. Am. J. 69:709–717, 2005.

YAMADA, T.; ALBADALLA, S.R.S.; VITTI, C. **Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira**, Piracicaba, IPNI Brasil - SP, 722 pg 2006.