

ENXOFRE APLICADO VIA FOLIAR NA CULTURA DA SOJA [*Glycine max* (L.) Merrill]

Foliar application of sulfur on soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] crop

Pedro Milanez de Rezende¹, Everson Reis Carvalho², Jacinto Pereira Santos³,
Messias José Bastos de Andrade⁴, Helio Peres de Alcantara⁵

RESUMO

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar doses de enxofre aplicadas via foliar no acúmulo de nutrientes na planta e na produtividade da soja. O ensaio foi constituído por 7 tratamentos sendo utilizado o produto S300 (S=26%, densidade=1,16) nas dosagens 1,0; 2,0 e 3,0 l.ha⁻¹ e S800 (S=56%, densidade=1,43) com doses 0,5; 1,0 e 1,5 l.ha⁻¹ e um tratamento controle, sendo todas as aplicações realizadas em R₃. As parcelas foram constituídas por 4 linhas espaçadas de 0,50m sendo utilizadas como área útil as duas fileiras centrais. A produtividade dos grãos foi alterada significativamente pela aplicação do S, com destaque para S300 2,0 e 3,0 l.ha⁻¹ e S800 1,0 e 1,5 l.ha⁻¹ que proporcionaram rendimento de 2641, 2636, 2621 e 2549 kg.ha⁻¹. Em relação aos nutrientes verificou-se que teor de Ca e S na planta foram elevados com a aplicação de S foliar.

Termos para indexação: Adubação foliar, enxofre, soja.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate doses of foliar sulfur application on the accumulation of nutrients in the plant and on the productivity of the soybean crop. The experiment consisted of seven treatments using the product S300 (S=26%, density =1,16) with doses 1,0; 2,0 and 3,0 l./ha⁻¹ and S800 (S=56%, density =1,43) with doses 0,5; 1,0 and 1,5 l./ha⁻¹, and a control, with all of the applications being carried out in R3 stage. The plots consisted of 4 rows with 5,0m in length, spaced at 0,50m, utilizing the two central rows. The productivity of the grains was altered significantly by the application of sulfur for treatments S300 2,0 and 3,0 l.ha⁻¹ and S800 1,0 and 1,5 l.ha⁻¹ that yielded 2641, 2636, 2621, and 2549 kg./ha⁻¹. With respect to nutrients, it was confirmed that the content of Calcium and Sulfur in the plants was high with the foliar application of sulfur.

Index terms: Foliar fertilization, sulfur, soybean.

(Recebido em 10 de abril de 2008 e aprovado em 10 de outubro de 2008)

INTRODUÇÃO

A soja é um dos cultivos extensivos mais importantes do Brasil e, por isso, há grande preocupação em que a adição de fertilizantes ocorra da forma mais racional possível. Dos macronutrientes essenciais para as plantas, o enxofre é um dos elementos menos estudado. Na cultura da soja, é requisitado na mesma ordem de grandeza que os nutrientes fósforo e magnésio, sendo exigidos aproximadamente 10 kg de enxofre para cada 1.000 quilos de grãos produzidos. Segundo Yamada & Lopes (1998), a soja está entre os maiores exportadores de enxofre da agricultura brasileira, com 77,3 mil toneladas por ano.

Entre os nutrientes, o enxofre se aproxima funcionalmente do nitrogênio. Embora a quantidade de enxofre nas plantas seja de 3 a 5% da quantidade encontrada de nitrogênio, esses nutrientes compartilham grande versatilidade em reações de oxidação-redução, atributo esse que os torna fundamentais no metabolismo das plantas, além do mais, o enxofre é constituinte de alguns aminoácidos e de várias coenzimas. As assimilações de N e S são bem coordenadas, ou seja, a deficiência de um elemento reprime a via assimilatória do outro (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

A deficiência de enxofre ocorre em algumas regiões do Brasil devido aos seguintes fatores: baixa fertilidade do

¹Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Titular – Departamento de Agricultura/DAG – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – pmrezend@ufla.br – Bolsista do CNPq.

²Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Fitotecnia – Departamento de Agricultura/DAG Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – eversonreiscarvalho@hotmail.com – Bolsista Capes

³Engenheiro Agrícola, Doutor – Departamento de Agricultura/DAG – Universidade Federal de Tocantins/UFT – Cx. P. 66 – Campus do Gurupi – 77400-000 – Tocantins, TO – santosjp@uft.edu.br

⁴Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutor em Fitotecnia, Professor – Departamento de Agricultura/DAG – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – mandrade@ufla.br – Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

⁵Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Fitotecnia – Departamento de Agricultura/DAG – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – hphelioperes@hotmail.com

solo associada à pequena quantidade de matéria orgânica, aumento de exportação dos nutrientes pelos grãos causados por produtividades elevadas, uso de fertilizantes que contêm pouco ou nenhum S em sua composição, lixiviação de sulfato e também a redução do uso de produtos fitossanitários que apresentam enxofre (MALAVOLTA, 1982; TISDALE et al., 1995). Em relação a sua disponibilidade nos solos, a forma orgânica constitui importante reserva de S do solo, representando mais de 90% do total desse nutriente na maioria dos solos (SOLOMONS et al., 2005).

Como alternativas para suprir os solos com enxofre, podem-se usar adubos que o contêm em sua formulação, usar gesso agrícola, aumentar o teor de matéria orgânica e também na aplicação via foliar. A absorção de S pelas folhas e raízes dá-se nas formas de SO_2 , S-cisteína, S^0 e como ânion SO_4^{-2} , forma presente na solução do solo e predominantemente absorvida pelas culturas (PRATES et al., 2006). O sulfato é translocado tanto no xilema quanto no floema, sendo prontamente trocável entre essas vias (LARSON et al., 1991), chegando até as folhas, onde é incorporado a esqueletos carbônicos. Segundo Hartmann et al. (2006), compostos contendo S reduzido podem ser transportados tanto na direção acrópeta para as folhas em desenvolvimento, quanto na basípeta para o caule e as raízes.

Entre as várias maneiras de se fornecer nutrientes às plantas, o valor da adubação foliar não pode ser descartado, sendo ela, muitas vezes a alternativa mais eficiente para a solução de problemas específicos e/ou complemento de uma adubação via solo. Uma das vantagens mais enfatizadas da adubação foliar é o alto índice de utilização, pelas plantas, dos nutrientes aplicados nas folhas em relação à aplicação feita no solo.

Estudando a resposta da soja à aplicação de enxofre em Ponta Grossa (PR), Sfredo et al. (2003) utilizaram para a instalação do experimento S-elementar, com 98% de S e um tratamento com aplicação foliar, cuja fonte foi GRAP® 520 com S=52% (676 g/l) e d=1,30. Nas safras de 2000/01 e 2002/2003, as respostas não foram significativas, apesar de haver diferenças de até 3 sacas por hectare, em relação ao controle (sem S). Nessa localidade, a aplicação foliar foi a que proporcionou a maior produção (3.049 kg ha⁻¹), superando a testemunha em 10,36% (293 kg).

Silva et al. (2003) verificaram que a aplicação foliar de ³⁵S resultou em pronta absorção e rápida translocação do radioisótopo para todas as partes da planta de soja. Mais recentemente Vitti et al. (2007), trabalhando em casa de vegetação com vasos, observaram que o enxofre

elementar aplicado às folhas de soja é assimilado pela planta, independente da dose e da natureza da fonte desse nutriente. O fornecimento de S foliar praticamente dobrou o teor foliar de S, que passou de 0,7 g kg⁻¹ no controle, para 1,4 g kg⁻¹ nos tratamentos adubados, o que indica que a correção de deficiências pode ser suplementada pela aplicação via foliar. A aplicação foliar de enxofre elementar apresentou eficiência superior à da aplicação feita no solo.

Vários produtos têm sido colocados no mercado com função de suprir as plantas desse elemento via foliar. Dentro desse contexto, objetivou-se, no presente trabalho, verificar a influência da aplicação foliar de enxofre, utilizando os produtos enxofre S-300 e enxofre S-800 em diferentes dosagens, na absorção e acúmulo do nutriente na planta e na produtividade da cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill].

MATERIALE MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Milanez, município de Itutinga - MG, situada a 21°21'50''S e 44°37'00''W e altitude de 917m. A região Sul de Minas Gerais apresenta crescente interesse pelo cultivo da soja, onde Guimarães et al. (2008) e Rezende & Carvalho (2007) obtiveram resultados satisfatórios. A temperatura média anual da região é de 19,4°C, com média máxima de 28,2°C. O clima segundo Koppen é do tipo Cwb mesotérmico, com inverno seco. O período seco máximo ocorre nos meses de junho, julho e agosto, com médias mensais abaixo de 30 mm. Durante o período chuvoso, os meses que apresentam maiores precipitações são dezembro e janeiro, com médias mensais variando de 190 a 270 mm. Os totais pluviométricos anuais atingem a média de 1.200 mm. (CEMIG, 20- -).

O experimento foi instalado em lavoura de soja cultivar Vencedora, implantada em sistema de semeadura direta sobre a palha, em 20/11/2005, em um solo tipo Cambissolo, com as seguintes características: pH em água 5,9 (acidez média), P (Mehlich 1): 1,8 mg.dm⁻³ (muito baixo), K: 70 mg.dm⁻³ (médio), S (fosfato monocalcico em ácido acético): 7,4 mg.dm⁻³ (médio), Ca: 1,7 cmolc.dm⁻³ (médio), Mg: 1,3 cmolc.dm⁻³ (bom), CTC efetiva (t): 4,3 cmolc.dm⁻³ (médio), M.O.: 3,5 dag.kg⁻¹ (médio).

A adubação de semeadura foi feita de acordo com a análise de solo e as interpretações de acordo com Ribeiro et al. (1999), utilizando-se 400 kg.ha⁻¹ do formulado 4-30-10. As sementes, foram inoculadas com duas estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* veiculado em material turfoso, com concentração de 4,0 x 10⁹ células por grama, em dose calculada para fornecer 1.200.000 células por semente. Todos os tratamentos receberam,

sempre que necessário, os tratamentos culturais indispensáveis à cultura, como as capinas e pulverizações contra a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), utilizando-se fungicida do grupo químico das estrobilurina + triazol (Ópera; 0,5 l.ha⁻¹).

As parcelas foram constituídas de quatro fileiras de 5,0 m e espaçadas de 0,5 m, mantendo-se a densidade de 13 pl.m⁻¹. Foram avaliadas como parcela útil as duas fileiras internas, retirando-se 0,5 m de cada extremidade, a título de bordadura.

Para a instalação do experimento, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com 7 tratamentos e 3 repetições, utilizando dois produtos: Quimifol S-300 com 26% de S e densidade 1,16 (1,0; 2,0; e 3,0 l.ha⁻¹) e S-800 com 56% de S e densidade 1,43 nas dosagens (0,5; 1,0 e 1,5 l.ha⁻¹) e um tratamento controle sem aplicação de S. As aplicações nessas parcelas foram realizadas no estádio R₃ (FEHR & CAVINES, 1977), utilizando-se pulverizador costal de gás carbônico, à pressão constante de 2,8 kgf.cm⁻².

Aos 15 dias após aplicação realizou-se amostragem de folhas para determinação dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), coletando-se o quarto trifólio, a partir do ápice, em 20% das plantas das fileiras úteis. As folhas coletadas foram cuidadosamente lavadas com água destilada, posteriormente colocadas em imersão em solução com detergente neutro seguida de uma nova lavagem com água destilada, com a finalidade de eliminar o fertilizante presente nas superfícies das folhas. A produtividade foi avaliada tomando-se os dados da parcela útil, sendo os mesmos corrigidos para 13% de umidade e convertidos em kg ha⁻¹.

Os resultados foram analisados pelo programa Sisvar® e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, de análise de variância, verifica-se que os tratamentos testados alteraram

significativamente a produtividade e o teor de cálcio e de enxofre.

Em relação à produtividade, verificou-se variação de 2000 (controle) a 2641 kg.ha⁻¹ para o S3 2,0, o que representa aumento de 32,05% (641 kg.ha⁻¹). Resultados significativos foram também observados para os tratamentos S3 3,0 (2636), S8 1,0 (2621) e S8 1,5 (2549 kg.ha⁻¹) que superaram o controle em 31,80 (636), 31,05 (621) e 27,45 (549 kg.ha⁻¹), conforme apresenta-se na Tabela 2.

Aumentos na produtividade em função da aplicação de S na cultura da soja tem sido obtidos em algumas oportunidades. Sfredo & Klepker (2003), comparando aplicações de enxofre via foliar e solo, no cerrado do estado do Piauí, no município de Bom Jesus, constataram que a aplicação foliar proporcionou rendimento de 3107 kg.ha⁻¹ sendo superior a maior dose aplicada ao solo, mostrando ser alternativa viável o fornecimento desse nutriente, para a cultura da soja.

Por sua vez, Silva et al. (2003), constataram que a aplicação foliar de S resultou em pronta absorção e rápida translocação do radioisótopo para todas as partes da planta de soja. Mais recentemente, Vitti et al. (2007), com trabalho em casa de vegetação, estudando a eficiência da adubação foliar e no solo com enxofre elementar, concluíram que a realizada via foliar apresentou eficiência superior à aplicação feita no solo. Nessa situação, a média dos tratamentos adubados superaram o tratamento testemunha em 66,32% (9,49 g.planta⁻¹ de matéria seca).

Quanto aos teores foliares de macronutrientes, observam-se diferenças significativas para Ca e S. Em relação ao Ca verifica-se aumento significativo somente para o tratamento S3 3,0, quando comparado com os demais; isso não apresenta nenhuma implicação prática, pois o produto aplicado não apresentava Ca em sua composição.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância (quadrados médios) para produtividade (Prod.) de grãos, N, P, K, Ca, Mg e S obtidos no experimento adubação foliar com enxofre, ano agrícola 2005/06, Itutinga, MG.

CV	G.L	Prod.	N	P	K	Ca	Mg	S
		kg.ha ⁻¹				(g.kg ⁻¹)		
Blocos	2	104688,76	4,56	0,02	0,09	0,73	0,02	0,01
Tratamento	6	214886,14*	4,81	0,02	2,80	8,23 *	0,11	0,04 *
Resíduo	12	68198,09	8,82	0,01	1,12	1,48	0,14	0,01
CV(%)		10,85	10,90	9,18	7,00	8,00	10,69	5,61

*significativo, a 5 % de probabilidade.

Tabela 2 – Resultados médios para produtividade de grãos, N, P, K, Ca, Mg e S, obtidos no experimento adubação foliar com enxofre, ano agrícola 2005/06, Itutinga, MG.

Trat.	Prod.	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg.ha ⁻¹						
Cont.	2000 b	25,07	0,97	14,57	13,83 b	3,60	1,20 b
S3 1,0	2256 b	27,40	1,13	15,33	15,26 b	3,70	1,23 b
S3 2,0	2641 a	28,16	1,13	16,10	15,20 b	3,20	1,50 a
S3 3,0	2636 a	26,27	1,07	15,10	18,40 a	3,43	1,30 b
S8 0,5	2146 b	27,07	1,23	16,43	13,17 b	3,30	1,40 a
S8 1,0	2621 a	27,87	1,10	13,53	15,67 b	3,57	1,30 b
S8 1,5	2549 a	28,87	1,20	14,90	15,07 b	3,70	1,50 a

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5%.

No caso do enxofre, é importante ressaltar que os dados amostrados indicam um nível baixo desse elemento na planta, haja vista que os valores considerados adequados encontram-se na faixa de interpretação de 2,1 a 4,0 g.kg⁻¹, em plantas de soja na condição de campo (MALAVOLTA et al., 1997). Esses baixos resultados podem ter ocorrido em função do baixo teor de M.O. e do S natural do solo, e em razão das pequenas doses de S utilizadas no experimento. Mesmo nessa situação, a aplicação dos produtos S3 2,0 l.ha⁻¹ e S8 0,5 e 1.5l. ha⁻¹ proporcionaram aumento no teor desse elemento na planta de 25, 17 e 25%, respectivamente em relação ao controle, o que indica que a correção de deficiência pode ser suplementada com aplicação foliar. Esses resultados concordam com os obtidos por Vitti et al. (2007), que estudando o efeito da assimilação foliar de enxofre na cultura da soja constataram aumento de 0,7 no controle para 1,4 g.kg⁻¹ no tratamento foliar. Resultados obtidos anteriormente, por outros pesquisadores Jolivet et al. (1995) e Legris-Delaporte et al. (1987), também indicaram esse elemento utilizado em aplicação foliar, como sendo eficaz no fornecimento de S às plantas.

Em relação aos demais nutrientes verifica-se que, apesar de não ter ocorrido diferenças significativas com a aplicação dos produtos, N e P apresentaram menor acúmulo no tratamento controle, o que evidencia relação promissora de benefício do S para absorção desses nutrientes.

CONCLUSÃO

A adubação foliar nas doses de S3 2,0 e 3,0 l.ha⁻¹ e S8 1,0 e 1,5 l.ha⁻¹ aumentaram o rendimento de grãos na ordem de 32,05; 31,80; 31,05 e 27,45%, respectivamente, em relação ao controle.

A aplicação do produto S3, na dosagem de 3.0 l.ha⁻¹, proporcionou um aumento no teor de Ca na planta, o mesmo sendo verificado para a aplicação dos produtos S3 2,0 l.ha⁻¹ e S8 0,5 e 1.5 l.ha⁻¹, que aumentaram o teor de S em 25%, 17% e 25%, respectivamente, em relação à testemunha.

AGRADECIMENTO

A FAPEMIG -Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais pelo apoio financeiro fornecido à condução do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Estudo climatológico da bacia de controle da UHE Camargos**. Belo Horizonte, [20- -]. Nota técnica OP - PEZ- 003-90.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2006.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stage of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. 11 p.
- GUIMARÃES, F. DE S.; REZENDE, P. M. DE; CASTRO, E. M. DE; CARVALHO, E. DE A.; ANDRADE, M. J. B. DE; CARVALHO, E. R. Cultivares de soja [Glycine Max (L) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.4, p.1009-1106, jul./ago., 2008.
- HARTMANN, T.; MULT, S.; RENNENBERG, H.; HERSCHBACH, C. Leaf adent differences in sulfur assimilation and allocation in poplar (*Populus tremula x P. Alba*). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, p. 1077-1088, 2006.

- JOLIVET, P.; BERGERON, E.; ZIMERSKI, A.; MEUNIER, J. C. Metabolism of elemental sulphur and oxidation of sulphite by wheat and spinach chloroplasts. **Phytochemistry**, v. 38, p. 9-14, 1995.
- LARSON, M.; PUERVES, J. V.; CLARCKSON, D. T. Translocation and cycling through roots of recently absorbed nitrogen and sulfur in wheat (*Triticum aestivum*) during vegetative and generative growth. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 82, p. 345-352, 1991.
- LEGRIS-DELAPOORTE, S.; FERRON, F.; LANDRY, J.; COSTES, C. Metabolization of elemental sulfur in wheat leaves consecutive to its foliar application. **Plant Physiology**, v. 85, p. 1026-1030, 1987.
- MALAVOLTA, E. **Nitrogênio e enxofre nos solos e culturas brasileiras**. São Paulo: SN Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio, 1982. 59 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- PRATES, H. S.; LAVRES JÚNIOR, J.; MORAES, M. F. O enxofre como nutriente e agente contra pragas e doenças. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 115, p. 8-9, 2006.
- REZENDE, P. M. DE; CARVALHO, E. DE A. Avaliação de cultivares de soja [*Glycine Max* (L.) Merrill] para o Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.6, p.1616-1623, Nov./dez., 2007.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; VICENTE, V. H. A. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.
- SFREDO, G. J. et al. Resposta da soja à aplicação de enxofre, em Ponta Grossa, PR. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 25., 2003, Uberaba, MG. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2003. p. 139-140.
- SFREDO, G. J.; KLEPKER, D. Resposta da soja à aplicação de enxofre nos cerrados do Piauí. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 25., 2003, Uberaba, MG. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2003. p. 136-137.
- SILVA, D. J.; VENEGAS, V. H. A.; RUIZ, H. A.; SANTANNA, R. Translocação e redistribuição de enxofre em plantas de milho e de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 715-721, 2003.
- SOLOMONS, D. et al. Sulphur apéciation and biogeochemical cycling in long-term arable cropping of subtropical soils: evidence from wet-chemical reduction and SK-edge XANES spectroscopy. **European Journal of Soils Science**, v. 56, p. 621-634, 2005.
- TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. 4. ed. New York: Macmillan, 1995.
- VITTI, G. C.; FAVARIN, J. L.; GALLO, L. A.; PIEDADE, S. M. S.; FARIA, M. R. M.; CICARONE, F. Assimilação foliar de enxofre elementar pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 225-229, 2007.
- YAMADA, T.; LOPES, A. S. **Balço de nutrientes na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafós, 1998. (Informações agronômicas, 84).