

EFEITO DE FONTES E DE ADITIVOS NA ABSORÇÃO DE ³⁵S VIA FOLIAR PELO FEJJOEIRO

J.A. de OLIVEIRA Jr.; I.C. RÊGO; W.B. SCIVITTARO; O.F. DE LIMA FILHO; R. STEFANUTTI;
G.R. GONZÁLES; A.E. BOARETTO

Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP - C.P. 96 - CEP:13400-970 - Piracicaba, SP

RESUMO: Foi conduzido em casa de vegetação um experimento com o objetivo de avaliar o efeito de fontes de enxofre, na presença ou não de aditivos (uréia e glicose), sobre a absorção do elemento pelas folhas de feijoeiro. Os tratamentos: soluções de ácido sulfúrico e de sulfatos de amônio, potássio, magnésio, manganês e zinco marcadas com ³⁵S, contendo ou não os aditivos, foram aplicados ao primeiro trifólio das plantas para avaliar a absorção e translocação de enxofre. Os resultados permitiram concluir que 33% do S adicionado foi absorvido, e desse total 27% foi translocado, não havendo influência dos aditivos sobre esses processos. O ácido sulfúrico e o sulfato de amônio destacaram-se como os melhores fornecedores de enxofre, via foliar, para o feijoeiro.

Descritores: absorção foliar, ³⁵S, uréia, sacarose, feijão, *Phaseolus vulgaris*

SOURCES AND ADDITIVE EFFECTS ON ³⁵S FOLIAR UPTAKE BY BEAN PLANTS

ABSTRACT: A greenhouse experiment was carried out with the aim of evaluating the effect of sulphur sources, in the presence or absence of additives (urea and glucose), on the sulphur uptake by bean leaves. The treatments: solutions of sulphuric acid, ammonium, potassium, magnesium, manganese and zinc sulphates labelled with ³⁵S, containing or not the additives, were applied to the first trifoliolate of the plants to assess the sulphur uptake and translocation. The results enable to conclude that 33% of the added sulphur was absorbed, and 27% out of this total was translocated. The additives did not have any influence on uptake and translocation. The sulphuric acid and ammonium sulphate solutions were the best sulphur suppliers for the bean plant.

Key Words: foliar uptake, ³⁵S, urea, glucose, bean, *Phaseolus vulgaris*

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, casos de deficiência de enxofre têm ocorrido com maior frequência devido à diminuição no uso de fertilizantes que contenham esse nutriente. Por essa razão, a aplicação de enxofre tornou-se necessária para a manutenção e aumento da produtividade das culturas.

A adubação foliar consiste em uma maneira de se fornecer o enxofre para as plantas. Mas em se tratando de um macronutriente, essa prática deve ser empregada como uma medida complementar à adubação via solo (CHAMEL, 1970; FREIRE *et al.*, 1981).

Por se tratar de um processo fisiológico, a absorção foliar de nutrientes é influenciada por características da planta, da solução fertilizante e por fatores ambientais. Nesse sentido, THORNE (1955) relatou a influência da fonte de nutriente empregada sobre esse processo.

É conhecido, também, que a adição de algumas substâncias à solução pulverizante pode

influenciar a eficiência da absorção foliar de nutrientes. Dentro desse contexto, a uréia tem se destacado como aditivo por aumentar a velocidade de absorção de cátions e ânions (FREIRE *et al.*, 1981). Esse efeito foi atribuído por YAMADA *et al.* (1965) ao aumento da permeabilidade das membranas cuticulares na presença da uréia.

O emprego de açúcares, especialmente da sacarose, como aditivo de soluções fertilizantes também tem sido estudado por alguns autores. COOK & BOYTON (1952); MALAVOLTA (1980) relataram a diminuição do efeito benéfico da uréia sobre a absorção de outros nutrientes na presença desse açúcar. Por outro lado, BOARETTO *et al.* (1984) não observaram influência da sacarose sobre a absorção foliar de fósforo proveniente de diferentes fontes em feijoeiro.

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes fontes de enxofre na presença ou não de uréia ou glicose sobre a absorção desse elemento pelas folhas de feijoeiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido sob, condições de casa de vegetação, em vasos contendo uma planta de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) cv. Carioquinha com 20 dias de idade.

Prepararam-se soluções contendo uma fonte de enxofre na presença ou não de glicose ou uréia, segundo os tratamentos descritos na TABELA 1. A concentração de enxofre contida nessas soluções foi de 0,2% e para a glicose e uréia de 0,5%. A cada solução foi adicionada quantidade suficiente de ^{35}S livre de carregador para se obter uma atividade específica de 370 kBq/mL.

As soluções foram aplicadas ao primeiro trifólio das plantas, auxiliando-se de pincéis com a extremidade revestida com algodão. Através de pesagens das soluções, anteriores e posteriores à aplicação, determinou-se a quantidade de solução adicionada a cada tratamento, que em média foi 0,18 mg/planta.

Uma semana após a aplicação dos tratamentos realizou-se a coleta do experimento. Essa consistiu na separação das plantas de feijoeiro em três partes: primeiro trifólio (Parte A), onde aplicaram-se as fontes de enxofre; porção da planta superior ao primeiro trifólio (Parte B); restante da parte aérea e raízes (Parte C).

TABELA 1- Soluções aplicadas nos diferentes tratamentos e seus respectivos pH.

Aditivos	Tratamentos	pH
Sem aditivo	Testemunha + ^{35}S - (T)	6,46
	Ácido Sulfúrico + ^{35}S - (AS)	1,04
	Sulfato de Amônio + ^{35}S - (SA)	5,62
	Sulfato de Potássio + ^{35}S - (SK)	6,16
	Sulfato de Magnésio + ^{35}S - (SMg)	6,40
	Sulfato de Manganês + ^{35}S - (SMn)	4,62
Glicose	Sulfato de Zinco + ^{35}S - (SZn)	5,16
	Testemunha + ^{35}S - (T-G)	6,75
	Ácido Sulfúrico + ^{35}S - (AS-G)	1,05
	Sulfato de Amônio + ^{35}S - (SA-G)	5,77
	Sulfato de Potássio + ^{35}S - (SK-G)	6,36
	Sulfato de Magnésio + ^{35}S - (SMg-G)	6,54
Uréia	Sulfato de Manganês + ^{35}S - (SMn-G)	4,79
	Sulfato de Zinco + ^{35}S - (SZn-G)	5,40
	Testemunha + ^{35}S - (T-U)	7,22
	Ácido Sulfúrico + ^{35}S - (AS-U)	1,09
	Sulfato de Amônio + ^{35}S - (SA-U)	5,96
	Sulfato de Potássio + ^{35}S - (SK-U)	6,66
	Sulfato de Magnésio + ^{35}S - (SMg-U)	7,02
	Sulfato de Manganês + ^{35}S - (SMn-U)	5,38
	Sulfato de Zinco + ^{35}S - (SZn-U)	5,82

Em seguida à coleta, os trifólios tratados com ^{35}S foram lavados em água destilada por três vezes consecutivas (ORIOLI & JIMÉNEZ, 1964), a fim de se remover a solução de enxofre não absorvida pelos mesmos. As demais partes da planta foram lavadas em água corrente. Todo esse material vegetal foi seco em estufa à 65°C e submetido à digestão nitro-perclórica, para a determinação dos teores totais de enxofre, potássio, magnésio, manganês e zinco dos extratos. Aliquotas desses extratos foram, também, utilizadas para a determinação do ^{35}S por cintilação líquida.

Calculou-se o total de enxofre absorvido via foliar através do somatório das contagens obtidas no primeiro trifólio e no restante da planta. Por outro lado, a quantidade de enxofre translocada foi calculada a partir das contagens determinadas nas partes não tratadas.

Os tratamentos constituíram um fatorial 7x3, sendo dispostos em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Considerou-se como fatores de tratamento as fontes de enxofre com sete níveis e os aditivos com três níveis. Os dados obtidos foram analisados pelo sistema analítico estatístico (SAS).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A TABELA 2 contém o resumo da análise de variância relativo à quantidade de enxofre proveniente do fertilizante determinada para cada parte da planta. Nota-se que, de maneira geral, apenas o fator fonte de enxofre afetou significativamente o parâmetro avaliado.

Houve diferenças entre fontes na absorção de enxofre pelas folhas de feijoeiro, como pode ser observado pelos dados apresentados na TABELA 3. As fontes ácido sulfúrico e sulfato de amônio promoveram maior absorção de enxofre, sendo

seguidas pelos sulfatos de manganês, zinco e magnésio. O sulfato de potássio foi a fonte que proporcionou menor absorção do nutriente. O desempenho dessa fonte foi inferior ao tratamento testemunha, o qual continha apenas o isótopo radioativo ^{35}S . É provável que as diferenças observadas estejam relacionadas ao pH das soluções fertilizantes empregadas.

As fontes que apresentaram menor valor de pH favoreceram a absorção de enxofre. Esses resultados discordam daquele encontrado por ORIOLI & JIMÉNEZ (1964), os quais não verificaram diferenças na absorção de enxofre ao compararem soluções com valores de pH variando entre 2,2 e 8,8. No entanto, ao trabalharem com fontes de fosfato de pH variável, SWANSON & WHITNEY (1953) observaram maior absorção de fósforo por folhas de feijoeiro a partir de soluções que apresentaram menor valor de pH.

As diferenças entre fontes na absorção de enxofre podem, também, estar associadas ao efeito dos cátions acompanhantes do sulfato, como relatado por CAMARGO & SILVA (1975); DECHEN & NEVES (1988). Na Figura 1 são apresentados os valores referentes à quantidade total de enxofre absorvida pelo feijoeiro uma semana após a aplicação dos tratamentos, mostrando ainda quanto desse nutriente permaneceu no local de aplicação. Nota-se que, em média, 33% do enxofre aplicado foi absorvido nesse período. Desse total cerca de 73% mantiveram-se nos trifólios que receberam os tratamentos. Esses resultados foram próximos aos relatados por FLOR (1981), tendo sido inferiores, porém, àqueles encontrados por ORIOLI & JIMENÉS (1964), os quais verificaram absorção de 80% do enxofre total utilizado, após 48 horas da aplicação, e aos obtidos por BOARETTO *et al.* (1986) que observaram uma taxa de absorção de 50% após 16 horas.

TABELA 2- Valores de F da análise de variância do parâmetro quantidade de enxofre proveniente do fertilizante.

Causa de Variação	Parte A	Parte B	Parte C	Total
Fontes Enxofre (F)	9,25**	5,04**	7,99**	10,28**
Aditivos (A)	1,69ns.	0,16ns.	1,34ns.	1,57ns.
Interação Ax F	1,46ns.	1,70ns.	2,34*	1,69ns.

ns. Não significativo.

* Significativo em nível de 5%

** Significativo em nível de 1%

TABELA 3. Quantidade de enxofre proveniente do fertilizante nas plantas de feijoeiro.

Trat.	mg			Total
	Parte A	Parte B	Parte C	
T	43,2b (17,6) ¹	7,7ab (3,2)	12,4abc (5,1)	63,4bc (25,9)
AS	94,5a (38,6)	12,0a (5,0)	18,0a (7,5)	124,5a (51,1)
SA	66,5ab (31,8)	9,8ab (4,9)	14,5ab (7,1)	90,8ab (43,8)
SK	37,3b (15,5)	4,1b (1,7)	7,7c (3,2)	49,1c (20,4)
SMg	47,0b (20,9)	7,2ab (3,1)	10,0bc (4,4)	64,1bc (28,4)
SMn	61,7ab (23,1)	7,0ab (2,6)	10,3bc (3,9)	79,1bc (29,6)
SZn	56,7b (22,4)	7,0ab (2,9)	9,1bc (4,4)	72,8bc (29,7)

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna não diferem significativamente, em nível de 5% , pelo teste de Tukey.

¹ Os valores entre parênteses representam a porcentagem do enxofre aplicado, encontrado na planta.

A quantidade de enxofre translocada do primeiro trifólio representou, em média, 27% do total aplicado (Figura 2), evidenciando a pouca mobilidade desse elemento no interior da planta. Comportamento semelhante foi descrito por CROCOMO & NEPTUNE-MÉNARD (1961); ORIOLI & JIMÉNEZ (1964); BOARETTO *et al.* (1986).

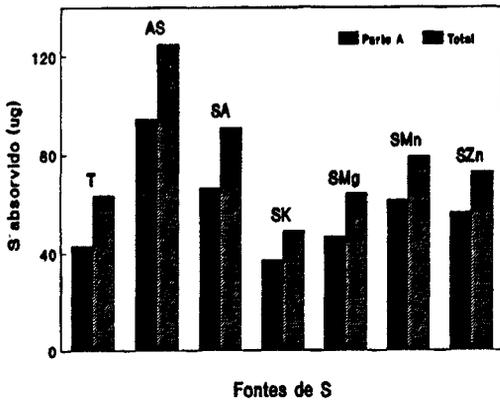


Figura 1. Quantidade de enxofre absorvida pelo feijoeiro e que permaneceu no local de aplicação (Parte A).

Do primeiro trifólio, o enxofre migrou para as folhas novas (Parte B) e para a porção inferior

do caule e raízes (Parte C), sendo que esta última apresentou atividade ligeiramente superior à determinada nas folhas novas. Isto sugere que na fase de desenvolvimento em que o feijoeiro se encontrava, as raízes requereram quantidade de enxofre igual ou superior à necessária para a formação das folhas novas, discordando dos resultados apresentados por CROCOMO & NEPTUNE-MÉNARD (1961), os quais verificaram em cafeeiro, serem as folhas novas o órgão de maior acúmulo de enxofre.

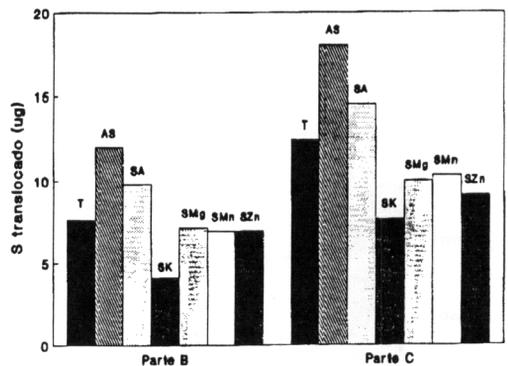


Figura 2. Quantidade de enxofre translocada do primeiro trifólio para a porção da planta superior ao primeiro trifólio (Parte B) e restante da parte aérea e raízes (Parte C).

A utilização de aditivos não afetou significativamente a absorção foliar do enxofre (TABELA 2), confirmando os resultados relatados por BOARETTO *et al.* (1984). Provavelmente, fatores inerentes às soluções empregadas tenham sido responsáveis pela não expressão do efeito dos aditivos sobre a absorção foliar de enxofre pelas plantas.

Os tratamentos utilizados não afetaram os teores de potássio e magnésio no tecido vegetal. Esses resultados são explicados pela pequena quantidade aplicada desses cátions acompanhantes do sulfato, não sendo suficiente para alterar significativamente a sua concentração na planta. Encontrou-se como teores médios de potássio e de magnésio os valores de 2,4% e 0,51%, respectivamente.

As fontes e os aditivos influenciaram significativamente a concentração de manganês nos trifólios que receberam os tratamentos (Figura 3). Nota-se que no tratamento em que se aplicou sulfato de manganês, os teores de manganês foram maiores que nos demais tratamentos. Esse comportamento foi intensificado pela presença de aditivos, de modo especial pela uréia.

Pela Figura 4 observa-se que os teores de zinco no primeiro trifólio (Parte A), para o tratamento em que se utilizou como fonte de enxofre o sulfato de zinco, foram significativamente superiores aos outros tratamentos, independentemente da presença de aditivos.

Os resultados relativos aos teores de manganês e zinco no tecido vegetal revelaram que o emprego desses micronutrientes, como ion

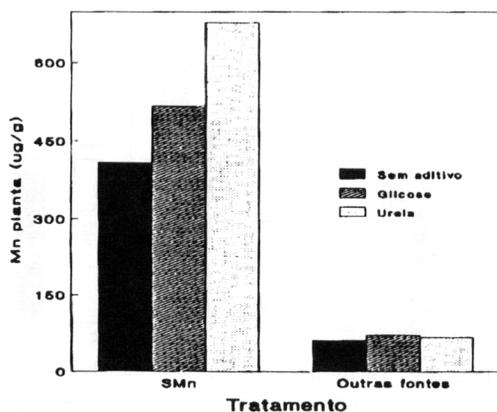


Figura 3. Teores de manganês no primeiro trifólio em função das fontes e dos aditivos aplicados.

acompanhante do sulfato, foi eficiente no seu fornecimento para o feijoeiro. Verificou-se, entretanto, que a translocação foi pequena, podendo ser explicada pela pouca mobilidade desses elementos na planta (MALAVOLTA, 1980).

CONCLUSÕES

1- Aproximadamente 33% do enxofre aplicado ao primeiro trifólio de feijoeiro foi absorvido no período de sete dias. Desse total 27% foram translocados para o restante da parte aérea e raízes.

2- O ácido sulfúrico e o sulfato de amônio foram as melhores fontes fornecedoras de enxofre para as plantas. Ao contrário, o sulfato de potássio promoveu a menor absorção desse elemento.

3- A aplicação de uréia e de sacarose não influenciou a absorção e translocação do enxofre aplicado às folhas de feijoeiro.

4- A aplicação dos sulfatos de manganês e de zinco aumentou os teores foliares desses micronutrientes.

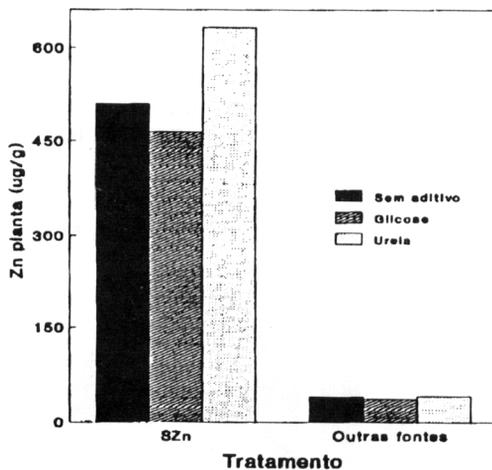


Figura 4. Teores de zinco no primeiro trifólio em função das fontes e dos aditivos aplicados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos alunos de Pós-graduação da disciplina Isótopos em Nutrição de Plantas e Fertilidade do Solo - CEN716: Ana Beatriz Anti, Edgar Alfredo Tzi Tziboy, Oscar

Fontão de Lima Filho, Ronaldo Stefanutti e Vilma Maria Silva, pela colaboração na execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; ROSA, J.P.P. Absorção foliar do fósforo pelo feijoeiro: efeito de fontes, doses de uréia e sacarose. In: SEMINÁRIO REGIONAL SOBRE TÉCNICAS NUCLEARES NA PRODUÇÃO DE PLANTAS AGRÍCOLAS, Piracicaba, 1984. *Anais*. s.l.: s.d. p.125-31.
- BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; CRUZ, A.P.; DAGHLIAN, C. Absorção de fósforo e enxofre pelas folhas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turrialba*, v. 36, p. 120-3, 1986.
- CAMARGO, P.N.; SILVA, O. *Manual de adubação foliar*. São Paulo: La Libreria e Herba, 1975. 258p.
- CHAMEL, A. *Some aspects of the foliar feeding of plants*. Berne: International Potash Institute, 1970. 8p. (Potash Review, 51).
- COOK, J.A.; BOYTON, D. Some factors affecting the absorption of urea by McIntosh apple leaves. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, v. 59, p. 82-90, 1952.
- CROCOMO, O.J.; NEPTUNE-MÉNARD, L. Distribuição de S35 aplicado às folhas de plantas de café (*Coffea arabica* L.) cultivado em solução nutritiva. *O Solo*, v. 53, p. 95-7, 1961.
- DECHEN, A.R.; NEVES, C.S.V.J. Aplicação foliar de nutrientes em citros. *A Laranja*, v. 9, p. 66-92, 1988.
- FLOR, C.A. *El diagnóstico de problemas en frijol y su aplicacion a los problemas de fertilidad de suelos*. Cali: CIAT, 1981. 9p.
- FREIRE, M.F.; MONNERAT, P.H.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. Nutrição foliar: princípios e recomendações. *Informe Agropecuário*, v. 7, p. 54-62, 1981.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.
- ORIOLO, G.A.; JIMÉNEZ S., E. Absorción del sulfato radioactivo por las hojas. *Fitotecnica Latinoamericana*, v. 1, p. 37-50, 1964.
- SWANSON, G.A.; WHITNEY, J.B. Studies on the translocation of foliar applied P32 and other radioisotopes in bean plants. *American Journal of Botany*, v. 40, p. 816-23, 1953.
- THORNE, G.N. Uptake of nutrients from leaf sprays by agricultural crops. In: ROTHAMSTED EXPERIMENTAL STATION. *Report for 1954*. Harpeden, 1955. p.188-94.
- YAMADA, Y.; JYUNG, W.H.; WITTWER, S.H.; BUKOVAC, M.J. The effects of urea on ion penetration through isolated cuticular membranes and ion uptake by leaf cells. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, v. 87, p. 429-32, 1965.

Recebido para publicação em 09.01.95

Aceito para publicação em 05.05.95