

RESPOSTA DE CULTIVARES DE FEIJOEIRO AO ENXOFRE¹

ANTONIO EDUARDO FURTINI NETO², LUIZ ARNALDO FERNANDES³, VALDEMAR FAQUIN⁴,
IVO RIBEIRO DA SILVA⁵ e ADRIANA MARIA DE AGUIAR ACCIOLY⁵

RESUMO - O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, utilizando-se um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média, fase cerrado, proveniente do município de Itumirim, MG. Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de doses de S, no crescimento de três cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), e a determinação dos níveis críticos do nutriente na parte aérea das cultivares. Utilizou-se um fatorial 4 x 3 (0, 30, 60 e 120 mg de S/kg de solo e as cultivares Carioca, Ouro e H-4), em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. As cultivares de feijoeiro apresentaram respostas significativas em produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) quando se aplicou S, porém, com incrementos distintos em cada cultivar. À exceção da cultivar H-4, o fornecimento de S também estimulou a produção de matéria seca de raízes pelas plantas de feijoeiro, mas em menor intensidade que para a MSPA. Os níveis críticos internos de S na parte aérea, equivalentes a 90% da produção máxima de MSPA, variaram entre as cultivares. As relações N/S foram de 20,97, 20,81 e 18,68, enquanto a relação P/S foi de 2,24, 1,33 e 0,87 nas cultivares Carioca, Ouro e H-4, respectivamente. Os níveis críticos de S na MSPA das cultivares Carioca, Ouro e H-4 corresponderam, respectivamente, a 1,89, 2,21 e 2,16 g de S/kg. A eficiência de utilização de S, correspondente a 90% da produção máxima de MSPA, variou de acordo com as cultivares de feijoeiro, o que indica ser possível a seleção e melhoramento de material genético adaptado a condições distintas de disponibilidade desse nutriente no solo.

Termos para indexação: níveis críticos, relação N/S, relação P/S, eficiência de utilização.

RESPONSE OF BEAN CULTIVARS TO SULPHUR

ABSTRACT - The present experiment was carried out under greenhouse conditions at the Soil Science Department of Universidade Federal de Lavras (UFLA), using a Dark-Red Latosol (Oxisol), medium texture, cerrado phase, from Itumirim municipality, MG, Brazil. The objective of this research was to evaluate the effects of sulphur rates in the growth of different bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars, and to determine the critic levels of S in the shoots. The treatments consisted of four S rates (0, 30, 60 and 120 mg/kg soil) and three bean cultivars (Carioca, Ouro and H-4), arranged in a completely randomized design, replicated three times. The cultivars showed significant responses in shoot dry matter (SDM) production when S was applied; however, the gains in SDM varied according to the cultivar. Except for the H-4 cultivar, the S fertilization also increased the root dry matter production, but with lower increases than that observed for the SDM. The N/S and P/S relations, as well as the critic levels of S in the SDM, corresponding to 90% of the maximum SDM, varied among cultivars. The N/S relations in the SDM were 20.97, 20.81 and 18.68, whereas the P/S relations were 2.24, 1.33 and 0.87, respectively in the Carioca, Ouro and H-4 bean cultivars. The critic levels of S in the SDM were 1.89, 2.21 and 2.16 g of S/kg, for Carioca, Ouro and H-4 bean cultivar, respectively. The S utilization efficiency at the S doses enough to reach 90% of the maximum SDM varied according to the bean cultivars, showing that the selection and breeding of the genetic material adapted to different S soil availability is possible.

Index terms: critic levels, N/S relation, P/S relation, utilization efficiency.

¹ Aceito para publicação em 17 de março de 1999.

² Eng. Agrôn., D.Sc., Prof. Adjunto, Dep. de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG. Bolsista do CNPq. E-mail: afurtini@ufla.br

³ Eng. Agrôn., D.Sc., Prof. Adjunto, Núcleo de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Caixa Postal 135, CEP 39404-006 Montes Claros, MG.

⁴ Eng. Agrôn., D.Sc., Prof. Titular, UFLA. Bolsista do CNPq.

⁵ Eng. Agrôn., aluno do CPGSNP, UFLA. Bolsista do CNPq.

INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no Brasil ocupa posição de destaque, não apenas pelo volume de grãos produzidos, mas também pela importância dessa leguminosa na alimentação, visto que o feijão constitui-se na principal fonte de proteína da maioria da população brasileira.

Por se tratar de uma leguminosa que apresenta elevados teores de proteínas, o feijoeiro exige quantidades elevadas de S para o seu desenvolvimento, pois o nutriente, além de estar envolvido em processos enzimáticos e em reações de oxi-redução, é um constituinte dos aminoácidos cisteína e metionina (Marschner, 1995).

A deficiência de S tem-se tornado mais freqüente e extensiva nos últimos anos, devido ao aumento do uso de fertilizantes que contêm pouco ou nenhum S na sua composição, ao aumento da produtividade, à redução dos teores de matéria orgânica do solo causada pela erosão e mineralização e, ainda, devido à redução do uso do S como pesticida (Tisdale et al., 1995).

As limitações que a falta de S pode ocasionar na produção vegetal em solos brasileiros não é fato recente. Já no final da década de 50, vários trabalhos (McClung et al., 1958, 1961; McClung & Freitas, 1959) evidenciavam a baixa capacidade desses solos em suprir as necessidades de S devido aos seus baixos teores de matéria orgânica, uma vez que aproximadamente 90% do S do solo encontra-se na forma orgânica (Wolffenbüttel & Tedesco, 1981).

Embora, ainda, o S não seja objeto de preocupação na maioria dos programas de adubação, ele é um nutriente que pode limitar a produtividade não apenas do feijoeiro, mas também de outras culturas. De acordo com Parischa & Fox (1993), o S é o quarto nutriente mais limitante em solos altamente intemperizados, e se apenas as regiões tropicais forem consideradas, sua deficiência ainda pode ser mais severa. Vários trabalhos têm demonstrado que o requerimento de S varia de acordo com a espécie e genótipo em estudo (Fageria & Singh, 1982; Furtini Neto, 1988; Mahler, 1989). Estudos de nutrição de plantas têm mostrado respostas positivas à aplicação de S em várias culturas: braquiária e colônio (Faquin et al., 1995); alfafa (Rando & Silveira, 1995);

soja e milho (Vilela et al., 1995) e algodoeiro (McClung et al., 1961).

Também o balanço de N, P e S na planta é de fundamental importância dado o íntimo relacionamento desses nutrientes nos processos metabólicos. Uma elevada relação P/S pode ocasionar uma redução na síntese de óleos (Kumar & Singh, 1980), enquanto uma elevada relação N/S pode acarretar acúmulo de N na forma não-protéica, principalmente $N-NO_3^-$ e N orgânico solúvel (Stewart & Porter, 1969; Haq & Carlson, 1993), reduzindo o crescimento vegetal.

Como a absorção, transporte e redistribuição de nutrientes se encontram sob controle genético, existe a possibilidade de se melhorar e/ou selecionar cultivares mais eficientes no uso de nutrientes (Gabelman & Gerloff, 1983), obtendo-se material genético adaptado a diferentes tipos de solos em termos nutricionais, podendo essa seleção e melhoramento ser utilizados para se conseguir um aumento na produção (Vose, 1983).

O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de doses de enxofre no crescimento de três cultivares de feijoeiro e determinar os níveis críticos do nutriente na parte aérea das cultivares.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), utilizando-se vasos contendo 4,1 dm³ da camada superficial (0-20 cm) de um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média, fase cerrado, procedente do município de Itumirim, MG, cujas análises químicas, realizadas conforme Vettori (1969), com modificações (Embrapa, 1979) encontram-se na Tabela 1.

O material de solo, após secado ao ar e passado em peneira de 2 mm de diâmetro, foi corrigido com uma mistura de $CaCO_3$ e $MgCO_3$ na relação equivalente Ca:Mg 4:1, visando atingir 70% da saturação por bases. Em seguida, o solo foi incubado por um período de dez dias, sendo a umidade correspondente a 60% do volume total de poros, mantida durante o período experimental por meio de reposições diárias com água deionizada. Decorrido esse período, procedeu-se à aplicação de quatro doses de S na forma de $CaSO_4 \cdot 2H_2O$: 0, 30, 60 e 120 mg de S/dm³ de solo, e uma fertilização básica com 50 mg de N na forma de

TABELA 1. Características químicas do Latossolo Vermelho-Amarelo.

pH	P	K	S-SO ₄ ²⁻	Ca	Mg	T	Mat.org.	V
	(mg kg ⁻¹)	-----	(mmol _c kg ⁻¹)	-----	-----	-----	(g kg ⁻¹)	(%)
5,8	3,7	0,40	8,67	5,0	2,0	20,0	19,9	20

NH₄NO₃, 150 mg de P na forma de KH₂PO₄ e Ca(H₂PO₄)₂.H₂O, 150 mg de K na forma KH₂PO₄, 0,81 mg de B na forma de H₃BO₃, 3,66 mg de Mn na forma de MnCl₂.4H₂O, 1,33 mg de Cu na forma de CuCl₂, 1,56 mg de Fe na forma de FeCl₃.6H₂O, 0,15 mg de Mo na forma de (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O e 5 mg de Zn na forma de ZnO por dm³ de solo.

As sementes foram postas a germinar em vasos, a saber: quatro por vaso. Cinco dias após a emergência, realizou-se um desbaste, deixando-se duas plântulas por vaso. As cultivares de feijoeiro utilizadas foram Carioca, Ouro e H-4, provenientes do Setor de Genética e Melhoria de Plantas da UFLA. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, arranjado num fatorial 3 x 4 (três cultivares e quatro doses de S), com três repetições.

Trinta e cinco dias após a emergência, as plantas foram coletadas e separadas em parte aérea e sistema radicular, secadas a 70°C, e pesadas, obtendo-se a matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca de raízes (MSRA). O material vegetal foi digerido em mistura nítrico-perclórica e analisado quimicamente, para determinação dos teores de S, por turbidimetria (Malavolta et al., 1989). Na parte aérea também foram determinados os teores de P, por colorimetria, e N total pelo método semimicro-Kjeldahl.

Ajustaram-se equações de regressão para a produção de MSPA como variável dependente das doses de S aplicadas, e calcularam-se pelas equações as doses críticas de S necessárias à obtenção de 90% da produção máxima estimada para cada cultivar. Os níveis críticos (NC) de S na parte aérea das cultivares foram estimados, substituindo-se as doses de S estimadas para obtenção de 90% da produção máxima, nas equações de regressão que relacionam as doses de S aplicadas com seus teores na parte aérea, procedendo-se da mesma maneira nas relações N/S, P/S e eficiência de utilização de S (EFU). A EFU foi calculada como segue (Siddiqi & Glass, 1981):

$$EFU = (g \text{ MSPA})^2 / (mg \text{ S na MSPA}).$$

A razão de eficiência (RE) das cultivares foi assim calculada:

$$RE \text{ Carioca} = (EFU \text{ Carioca}) / (EFU \text{ Ouro})$$

$$RE \text{ H-4} = (EFU \text{ H-4}) / (EFU \text{ Ouro}).$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de S promoveu aumentos significativos na produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), porém com respostas diferentes, em função das cultivares utilizadas (Fig. 1). As produções máximas foram atingidas nas doses intermediárias de S, entre 70 e 90 mg S/kg de solo. A produção de raízes (MSRA), exceto da cultivar H-4, também foi favorecida pela adubação com S (Fig. 1), mas com incrementos relativamente menores que os observados quanto à MSPA. Segundo Mengel & Kirkby (1987), a deficiência de S afeta mais drasticamente o crescimento da parte aérea do que o do sistema radicular. Resultados semelhantes foram obtidos em relação a plantas de feijoeiro por Stewart & Porter (1969). É interessante observar a acentuada redução da MSRA da cultivar Carioca na dose mais elevada de S, em comparação com as demais.

A alteração no padrão de alocação de fotossintatos para o crescimento radicular pode constituir importante mecanismo de adaptação a condições de estresse nutricional (Clarkson, 1985), o que sustenta o fato de as cultivares de feijoeiro apresentarem maior relação raiz/parte aérea (RPA), tanto em condições de deficiência (dose 0), quanto em condições de excesso de S (dose 120), em comparação com a RPA nas doses que levaram a máxima produção de MSPA (Fig. 1). Ressalta-se, neste caso, o comportamento semelhante das cultivares estudadas quanto à redução da RPA, atingindo um mínimo nas doses equivalentes à máxima produção de MSPA, uma vez que inexistiu interação entre as cultivares e doses de S para este parâmetro.

Importante destacar que na dose zero de S, a partir do 14º dia após a emergência, as plantas de todas as cultivares apresentavam amarelecimento generalizado nas folhas mais novas, sintoma característico de sua deficiência no feijoeiro (Cobra Netto et al., 1971; Gupta & Veinot, 1974). Uma baixa redistribuição do S das folhas mais velhas nas mais novas também tem sido relatada por Fox et al. (1979) e Haq & Carlson (1993). O crescente amarelecimento

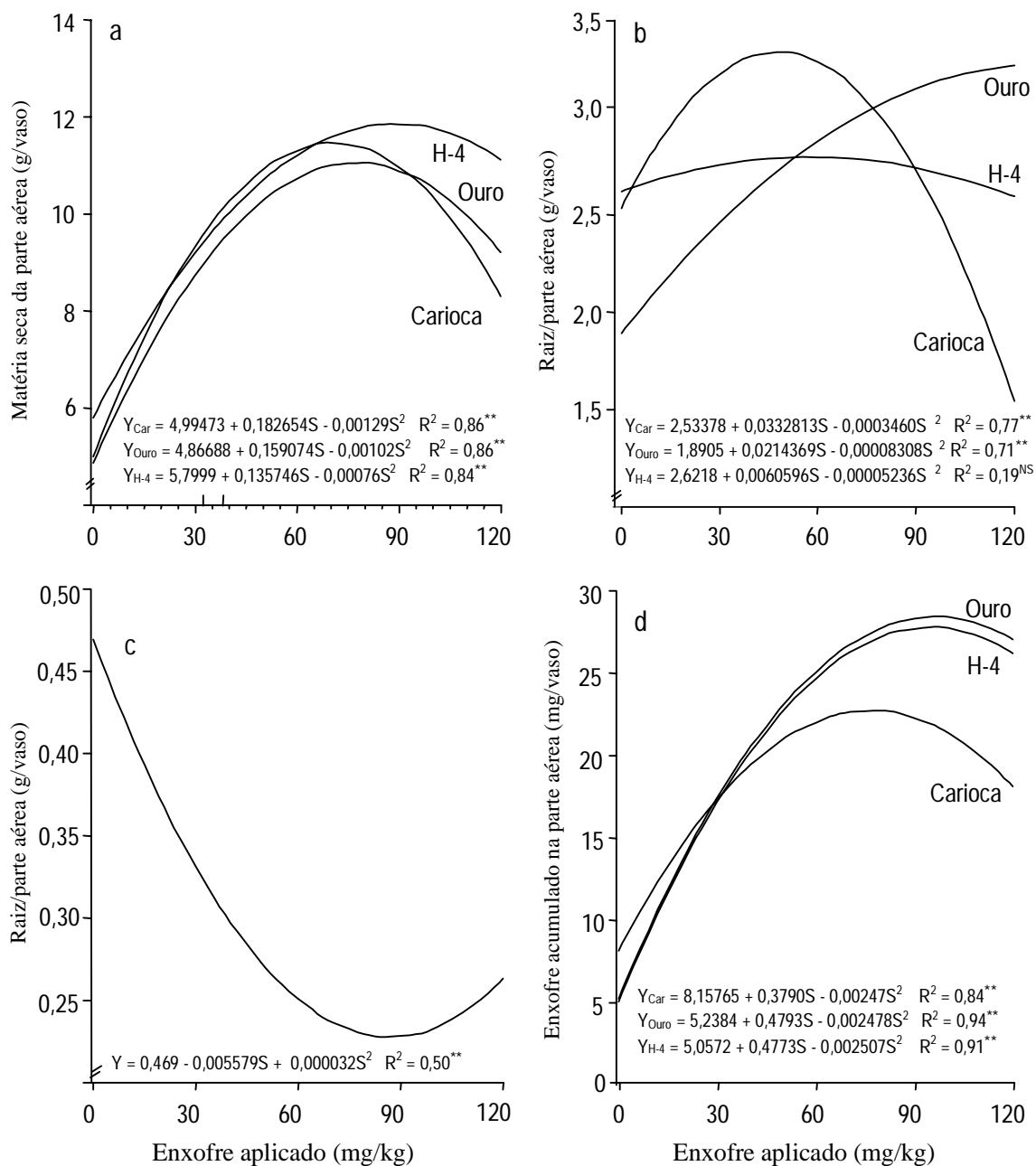


FIG. 1. Matéria seca da parte aérea (a) e de raízes (b), relação raiz/parte aérea (c) e acúmulo de enxofre na matéria seca da parte aérea (d) em cultivares de feijoeiro submetidas à adubação com enxofre.

de plantas em condições de carência de S tem sido atribuído a um impedimento da fotossíntese, em vista da redução da síntese de proteínas, entre as

quais as que ligam a molécula de clorofila (Marschner, 1995). Uma baixa concentração de clorofila foi observada em plantas de eucalipto (Furtini Neto,

1988) e pecã (Hu et al., 1991) quando as plantas dessas espécies foram submetidas à carência de S.

O acúmulo de S na parte aérea das cultivares de feijoeiro seguiu a mesma tendência observada quanto à produção de MSPA (Fig. 1), o que indica que o aumento da absorção se deu pela ocorrência de maior demanda pelo nutriente, ocasionada pela evolução da produção de biomassa. Além da maior demanda, o acúmulo de S na parte aérea, em virtude da sua aplicação, confirma a sugestão de Rennenberg (1984), de que as raízes das plantas não possuem um mecanismo eficiente para evitar a absorção excessiva do nutriente, levando mesmo à toxidez; esse fato

pode ser uma das causas da redução da produção de biomassa nas maiores doses de S aplicadas.

As equações de regressão que relacionam os teores de S, a eficiência de utilização de S e as relações N/S e P/S na parte aérea das cultivares de feijoeiro com as doses de S aplicadas são apresentadas na Tabela 2. Segundo alguns autores (Stewart & Porter, 1969; Kumar & Singh, 1980; Haq & Carlson, 1993), existe um ponto ou uma faixa onde as relações N/S e P/S podem ser consideradas como ideais para a produção de matéria seca. Para 90% do rendimento máximo da MSPA, os resultados do presente estudo mostraram variações de 18,68 a 20,97 nas relações

TABELA 2. Equações de regressão ajustadas para os teores de enxofre (em g/kg), eficiência de utilização de enxofre (em g MSPA²/mg S MSPA), e relações N/S e P/S (em mg/mg) na parte aérea das cultivares de feijoeiro, como variáveis dependentes das doses de enxofre aplicadas (em mg/dm³).

Cultivar	Equação	R ²
Teores de enxofre		
Carioca	$Y = 0,162 + 0,000742X - 0,0000023X^2$	0,63**
H-4	$Y = 0,106 + 0,00314X - 0,0000130X^2$	0,86**
Ouro	$Y = 0,083 + 0,00366X - 0,000020X^2$	0,92**
Eficiência de utilização		
Carioca	$Y = 3,0375 + 0,06345X - 0,000124X^2$	0,79**
Ouro	$Y = 3,6498 + 0,05830X - 0,000851X^2$	0,85**
H-4	$Y = 3,9778 + 0,067800X - 0,00096X^2$	0,83**
Relação N/S		
Carioca	$Y = 34,5572 - 3,4774X^{0,5} + 0,2117X$	0,97**
Ouro	$Y = 56,8500 - 8,0973X^{0,5} + 0,40616X$	0,98**
H-4	$Y = 71,2214 - 11,9646X^{0,5} + 0,6400X$	0,99**
Relação P/S		
Carioca	$Y = 2,211 - 0,0374X^{0,5} + 0,0066X$	0,12 ^{NS}
Ouro	$Y = 12,845 - 2,8502X^{0,5} + 0,169X$	0,99**
H-4	$Y = 12,011 - 2,810X^{0,5} + 0,1745X$	0,92**

^{NS} e ** Não-significativo e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 3. Produção estimada da matéria seca da parte aérea (MSPA) de cultivares de feijoeiro, doses de S, nível crítico de S (NC), relações N/S e P/S, eficiência de utilização de S (EFU) e razão de eficiência (RE), equivalentes a 90% da produção máxima da MSPA.

Cultivar	MSPA (g/vaso)	Dose de S (mg/dm ³)	NC (g/kg)	N/S ----- (mg/mg) -----	P/S	EFU (g MSPA ² /mg S na MSPA)	RE
Carioca	10,31	40,99	1,89	20,97	2,24	5,44	1,20
Ouro	9,96	45,00	2,21	20,81	1,33	4,55	1,00
H-4	10,68	49,71	2,16	18,68	0,87	5,05	1,11

N/S e de 0,87 a 2,24 em P/S, de acordo com a cultivar (Tabela 3). Uma relação N/S de 17 tem sido estabelecida como ideal para o crescimento de leguminosas (Dijkshoorn & Wijk, 1967), e relações entre 13 e 17 são sugeridas quanto ao feijoeiro (Aulakh & Parischa, 1977). Para P/S, uma relação de 2,4 foi associada por Aulakh & Parischa (1977) à produção máxima de matéria seca do feijoeiro.

As diferenças nos valores das relações N/S e P/S obtidas no presente estudo, em comparação com a literatura, provavelmente ocorreram por causa dos distintos materiais genéticos de feijoeiro, da parte da planta analisada, e das condições experimentais. Tais variações evidenciam, também, o problema da generalização do comportamento nutricional entre espécies ou mesmo genótipos distintos.

Os requerimentos nutricionais distintos relativos ao S entre as cultivares são bem expressos pelas doses, níveis críticos (NC), eficiência de utilização (EFU) e relação de eficiência (RE), para 90% da produção máxima, apresentados na Tabela 3. Embora a produção de MSPA equivalente a 90% da produção máxima não tenha diferido significativamente entre as cultivares, variando entre 9,96 e 10,68 g/vaso, os valores dos índices apresentados na Tabela 3 mostram que a cultivar Ouro é a menos eficiente para utilizar o S. Ou seja, para a mesma produção de matéria seca, esta cultivar exigiu dose relativamente elevada de S, apresentando também maior nível crítico e menor EFU. Por outro lado, a cultivar Carioca foi a mais eficiente em utilizar o S e apresentou o menor valor de nível crítico e maior RE (EFU da Carioca foi 20% superior a da Ouro) (Tabela 3).

Deve-se ressaltar, também, que as diferenças observadas entre as cultivares na eficiência nutricional do enxofre referem-se à produção de biomassa da parte aérea. Quando se considera a produção de grãos, há necessidade de novas pesquisas para verificar a correlação com os resultados obtidos no presente trabalho.

CONCLUSÕES

1. Para um bom crescimento e adequada nutrição do feijoeiro é necessária a aplicação de fontes de S.

2. A cultivar Carioca apresenta maior eficiência de utilização, menor nível crítico de S, e maiores rela-

ções N/S e P/S, em comparação com as cultivares Ouro e H-4.

3. Existe variabilidade genética no feijoeiro que pode ser explorada no melhoramento e seleção de cultivares mais eficientes visando ao seu cultivo em condições distintas de fertilidade do solo em relação ao enxofre.

REFERÊNCIAS

- AULAKH, M.S.; PARISCHA, N.S. Interaction effect of sulphur and phosphorus on growth and nutrient content of moong (*Phaseolus aureus* L.). **Plant and Soil**, The Hague, v.47, n.2, p.341-350, June 1977.
- CLARKSON, D.T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: SIMPÓSIO SOBRE RECICLAGEM DE NUTRIENTES E AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOS TRÓPICOS, 1984, Ilhéus. **Anais**. Ilhéus : CEPLAC/SBCS, 1985. p.45-75.
- COBRA NETTO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var. Roxinho). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v.28, p.257-274, 1971.
- DIJKSHOORN, W.; WIJK, A.L. van. The sulphur requirements of plants as evidenced the sulphur nitrogen ratio in the organic mater. **Plant and Soil**, The Hague, v.26, n.1, p.129-157, 1967.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ.) **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- FAGERIA, N.K.; SINGH, H. Response of wheat to soil application of nitrogen and sulphur. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.8, p.1121-1126, ago. 1982.
- FAQUIN, V.; HOFFMANN, C.R.; EVANGELISTA, A.R.; GUEDES, G.A.A. O potássio e o enxofre no crescimento da braquiária e do colômbio em amostras de um Latossolo da região noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.87-94, jan./abr. 1995.
- FOX, R.L.; HUANG, B.T.; WILSON, G.F. A comparative study of the sulfur nutrition of banana and plantain. **Fruits**, Paris, v.34, n.9, p.525-534, Sept. 1979.
- FURTINI NETO, A.E. **Efeito do enxofre no crescimento e assimilação de nitrogênio por diferentes es-**

- pécies de eucalipto.** Lavras : ESAL, 1988. 95p. Tese de Mestrado.
- GABELMAN, W.H.; GERLOFF, G.C. The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macronutrient. **Plant and Soil**, The Hague, v.72, n.2/3, p.335-350, Jan. 1983.
- GUPTA, U.C.; VEINOT, R.L. Response of crops to sulfur under greenhouse conditions. **Soil Science Society of America. Proceedings**, Madison, v.38, n.5, p.785-788, Sept./Oct. 1974.
- HAQ, I.U.; CARLSON, R.M. Sulfur diagnostic criteria for french prune trees. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, n.5, p.911-931, May 1993.
- HU, H.; SPARKS, D.; EVANS, J.J. Sulfur deficiency influences vegetative growth, chlorophyll, element concentrations, and amino acids of pecan. **Journal of the American Society for Horticulture Science**, Virginia, v.116, n.6, p.974-980, Nov. 1991.
- KUMAR, V.; SINGH, M. Sulfur, phosphorus, and molybdenum interactions in relation to growth, uptake, and utilization of sulfur in soybean. **Soil Science**, Baltimore, v.129, n.5, p.297-304, May 1980.
- MAHLER, R.J. Sulfur effects on cotton cultivars grown in a greenhouse. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.12, n.2, p.187-206, Feb. 1989.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba : POTAFOS, 1989. 201p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** Orlando : Academic, 1995. 889p.
- McCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M. Sulfur deficiency in soils from Brazilian campos. **Ecology**, North Carolina, v.40, n.2, p.315-317, 1959.
- McCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M.; GALLO, J.R.; QUINN, L.R.; MOTT, G.O. Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade, em solos de diferentes campos cerrados de São Paulo e Goiás. **Bragantia**, Campinas, v.17, n.3, p.29-44, nov. 1958.
- McCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M.; MIKKELSEN, D.S.; LOTT, W.L. **Adubação do algodoeiro em solos de campo cerrado no Estado de São Paulo.** São Paulo : IRI, 1961. 34p. (Boletim técnico, 27).
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition.** Bern : International Potash Institute, 1987. 687p.
- PARISCHA, N.S.; FOX, R.L. Plant nutrient sulphur in the tropics and subtropics. **Advances in Agronomy**, New York, v.50, p.209-269, 1993.
- RANDO, E.M.; SILVEIRA, R.I. Desenvolvimento da alfafa em diferentes níveis de acidez, potássio e enxofre no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.235-242, maio/ago. 1995.
- RENNENBERG, H. The fate of excess sulfur in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, San Diego, v.35, p.121-153, 1984.
- SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.4, n.3, p.289-302, Mar. 1981.
- STEWART, B.A.; PORTER, L.K. Nitrogen-Sulfur relationships in wheat (*Triticum aestivum* L.), corn (*Zea mays*), and beans (*Phaseolus vulgaris*). **Agronomy Journal**, Madison, v.61, n.2, p.267-271, Mar./Apr. 1969.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers.** 4.ed. New York : Macmillan, 1995. 754p.
- VETTORI, L. **Métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro : Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 5).
- VILELA, L.; RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E. Resposta da soja e do milho ao enxofre num Latossolo Vermelho-Escuro sob vegetação de cerrado do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.281-285, maio/ago. 1995.
- VOSE, P.B. Rationale of selection for specific nutritional characters in crop improvement with *Phaseolus vulgaris* L., as a case study. **Plant and Soil**, The Hague, v.72, n.2/3, p.351-364, June 1983.
- WOLFFENBÜTTEL, R.; TEDESCO, M.J. Disponibilidade do enxofre para a alfafa em oito solos do Rio Grande do Sul e sua relação com parâmetros do solo. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.17, n.2, p.357-376, jun. 1981.