

FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

APLICAÇÃO DE ENXOFRE EM COBERTURA NO FEIJOEIRO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO ⁽¹⁾

CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL ^(2*,4), ROGÉRIO PERES SORATTO ⁽³⁾,
LAERTE MARQUES DA SILVA ⁽²⁾, LEANDRO BORGES LEMOS ⁽²⁾

RESUMO

Em lavouras de feijão, principalmente em cultivos com alta tecnologia, não tem sido dada a devida atenção ao fornecimento adequado de enxofre (S), utilizando doses subestimadas ou não aplicando o elemento via adubação, o que pode estar sendo um fator limitante ao incremento de produtividade. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de S em cobertura na nutrição, nos componentes da produção e na produtividade de grãos do feijoeiro, em sistema de plantio direto (SPD). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de S (0, 20, 40, 60 e 80 kg ha⁻¹) aplicados em cobertura no estágio V₄, tendo como fonte o sulfato de amônio. Aplicação de S em cobertura aumentou o teor do elemento nas folhas, a produção de matéria seca da parte aérea, o número vagens por planta e a produtividade de grãos do feijoeiro em SPD. Em lavouras com alto nível tecnológico, a produtividade de grãos de feijão pode estar sendo limitado pela utilização de doses insuficientes de enxofre.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, componentes da produção, nutrição mineral, relações N/S e P/S, sulfato de amônio.

ABSTRACT

SIDE DRESSING SULFUR FERTILIZATION IN COMMON BEAN CROP IN NO-TILLAGE SYSTEM

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growers have not given attention to a correct sulfur fertilization. Thus, they do not use sulfur fertilization or use low levels in sowing or side dressing. This can be a limiting to increase grain yield. The objective of this work was to evaluate the influence of levels of side dressing sulfur fertilization on common bean plant nutrition, yield components and grain yield, in no-tillage system. A randomized block design, with five replications was employed. The treatments were five S doses (0, 20, 40, 60, and 80 kg ha⁻¹) applied on the V₄ stage (third true-leaf). Side dressing sulfur fertilization increased leaf S content, dry matter yield, number of pods per plant and grain yield of common bean in no-tillage system. The increase of grain yield can be limited by low levels of sulfur fertilization in common bean crops with high-input technology.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, yield components, mineral nutrition, N/S and P/S ratio, ammonium sulfate.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 23 de junho de 2005 e aceito em 1.º de junho de 2006.

⁽²⁾ Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Campus de Botucatu, Caixa Postal 237, 18603-970 Botucatu, SP. E-mail: leandrobl@fca.unesp.br; crusciol@fca.unesp.br. *Autor correspondente.

⁽³⁾ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia, MS 306, km 6,4, 79540-000 Cassilândia, MS. E-mail: soratto@uems.br

⁽⁴⁾ Com bolsa de produtividade do CNPq.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) faz parte da maioria dos sistemas de produção agrícola devido a sua ampla adaptação às mais variadas condições edafoclimáticas (YOKOYAMA et al., 1996). No entanto, é uma planta exigente em nutrientes e possui sistema radicular superficial, o que torna necessário, para a obtenção de elevada produtividade, a adoção de alta tecnologia.

O feijoeiro, por se tratar de uma leguminosa que apresenta elevados teores de proteínas, exige quantidades elevadas de enxofre (S) para seu desenvolvimento, pois o nutriente, além de estar envolvido em processos enzimáticos e reações de oxirredução, é constituinte dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina, que constituem cerca de 90% do total de S na planta (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA et al., 1997). As ferredoxinas, proteínas participantes da fotossíntese, fixação biológica do N atmosférico e em outras reações de transferência eletrônica, contêm S em grande quantidade (MALAVOLTA et al., 1997). Em plantas de feijão deficientes em S, há perda de vigor; tornam-se atrofiadas com caules finos e folhas verde-pálidas a amareladas, ocorrendo redução na formação de ramos e no número de flores e vagens, com consequência na produtividade de grãos (OLIVEIRA et al., 1996).

Enxofre é o terceiro nutriente mais exportado pelo feijoeiro, sendo em 1.000 kg de grãos exportados aproximadamente 5,4 a 6,0 kg de S, o que representa cerca de 20%-25% da quantidade absorvida (ROSOLEM e MARUBAYASHI, 1994; OLIVEIRA et al., 1996). Contudo, nos últimos anos, com o aumento do uso de fertilizantes com formulações concentradas, desprovidas de S ou com baixo teor, a redução no uso de S como defensivo, a redução do teor de matéria orgânica do solo causada pela erosão e mineralização, e o aumento da extração e exportação do elemento, em razão da elevação da produtividade de grãos, tem tornado a deficiência de S mais freqüente (FURTINI NETO et al., 2000).

Quando existe limitação no suprimento de S, a aplicação de doses elevadas dos demais nutrientes, principalmente N, P e K, pode não resultar em aumento de produtividade, devido ao desequilíbrio nas relações N/S e P/S na planta. Elevada relação N/S pode acarretar acúmulo de N na forma não-protéica, principalmente N-NO₃⁻ e N orgânico solúvel (STEWART e PORTER, 1969; HAQ e CARLSON, 1993), enquanto a elevação da relação P/S pode ocasionar redução na síntese de óleos (KUMAR e SINGH, 1980), reduzindo o crescimento da planta. Estudos de nutrição de plantas demonstraram efeito positivo do fornecimento de S na

produtividade de várias culturas, destacando-se o feijão (VITTI et al., 1982; FURTINI NETO et al., 2000), a soja e o milho (VILELA et al., 1995).

ROSOLEM e MARUBAYASHI (1994) sugerem a aplicação de 20 kg ha⁻¹ de S, quando o seu teor no solo for inferior a 2,0 mg kg⁻¹. REIN e SOUSA (2004) recomendam a aplicação de 15-30 kg ha⁻¹ de S, mesmo em solo com teor médio (5-9 mg dm⁻³ de S), principalmente em áreas bem adubadas com os demais nutrientes. AMBROSANO et al. (1996) recomendam a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de S em culturas de feijão com metas de produtividade superiores a 2.000 kg ha⁻¹, independentemente do teor do elemento no solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de doses S em cobertura na nutrição e produtividade do feijoeiro em sistema de plantio direto (SPD).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, município de Botucatu, SP (48°23' W e 22°58' S; 765 m de altitude), em Nitossolo Vermelho estruturado. O clima, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, que se caracteriza como tropical de altitude, com inverno seco, verão quente e chuvoso. Durante a condução do experimento ocorreram 596 mm de precipitação pluvial, bem distribuídas durante período de cultivo, que compreendeu de janeiro a abril de 2004.

Antes da instalação do experimento, obteve-se uma amostra composta a partir de 10 subamostras, na camada de 0-0,20 m, para a determinação das características químicas do solo, realizadas de acordo com RAIJ e QUAGGIO (1983), cujos resultados foram: matéria orgânica, 26,0 g dm⁻³; pH (CaCl₂), 4,4; P (resina), 14,9 mg dm⁻³; H + Al, 61,0 mmol_c dm⁻³; K, Ca e Mg (resina), 1,6, 41,3 e 20,6 mmol_c dm⁻³, respectivamente; CTC, 138,9 mmol_c dm⁻³; saturação por bases, 56%; e S, 5,6 mg dm⁻³.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de S (0, 20, 40, 60 e 80 kg ha⁻¹ de S) aplicados em cobertura, tendo como fonte o sulfato de amônio (20% de N e 22% de S). Cada parcela foi constituída por seis linhas com 6 m de comprimento. A área útil foi as quatro linhas centrais, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha.

A área experimental foi cultivada durante três anos no SPD, com a sucessão milho (primavera)/milho (verão), milho (primavera)/arroz (verão) e aveia-preta (outono - inverno)/arroz (verão)/aveia-preta (outono - inverno). No momento da instalação do experimento, a área estava coberta com palhada de aveia-preta. A dessecação da cobertura vegetal foi realizada mediante a aplicação de $1,6 \text{ kg ha}^{-1}$ do i.a. de glifosate. A semeadura do feijão foi realizada mecanicamente em 7/1/2004, utilizando a cultivar Pérola, com espaçamento de 0,45 m entre linhas e 15 sementes por metro. Por ocasião da semeadura, aplicou-se, em todos os tratamentos, 20 kg ha^{-1} de N, 70 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 40 kg ha^{-1} de K_2O , $11,25 \text{ kg ha}^{-1}$ de S e $1,25 \text{ kg ha}^{-1}$ de Zn por meio de 250 kg ha^{-1} da fórmula 08-28-16 + 4,5% de S + 0,5% de Zn. A emergência das plântulas ocorreu em 12/1/2004; o florescimento pleno da cultura ocorreu aos 41 dias após emergência (DAE) e o ciclo teve a duração de 86 dias, em todos os tratamentos.

Na adubação de cobertura, realizada no estádio V₄, ou seja, 22 DAE, além do S, também foram aplicados 73 kg ha^{-1} de N em todos os tratamentos. Nos tratamentos em que o N não foi totalmente fornecido pelo sulfato de amônio, o restante do nutriente foi adicionado na forma de uréia (44% de N). O adubo foi distribuído sobre a superfície do solo ao lado e aproximadamente 10 cm das fileiras de plantas. Após a aplicação de N em cobertura, aplicou-se em todo o experimento, uma lâmina d'água de 20 mm, mediante irrigação por aspersão, visando minimizar perdas de amônia por volatilização.

O controle das plantas daninhas foi realizado mediante duas aplicações seqüenciais do herbicida fluazifop-p-butyl + fomesafen ($100 + 125 \text{ g ha}^{-1}$ do i.a. em cada aplicação). Durante o desenvolvimento da cultura foram realizados os tratos culturais fitossanitários.

Por ocasião do florescimento pleno, determinou-se massa de matéria seca (MS) da parte aérea das plantas, coletando-se dez plantas por parcela e secando-as em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de $60 \text{ }^\circ\text{C} - 70 \text{ }^\circ\text{C}$, até atingir massa constante. Para análise foliar (N, P, K, Ca, Mg e S) foram coletadas todas as folhas de 10 plantas de cada parcela no florescimento pleno e secas em estufa, com circulação forçada de ar a temperatura de $60 \text{ }^\circ\text{C} - 70 \text{ }^\circ\text{C}$, até atingir massa constante. Em seguida, foram moídas e submetidas à análise, conforme método descrito em MALAVOLTA et al. (1997) e posteriormente calculadas as relações N/S e P/S.

Por ocasião da colheita, foram coletadas dez plantas de cada parcela e determinados o número de

vagens/planta, o número de grãos/vagem e a massa de cem grãos. Em duas fileiras da área útil de cada parcela, as plantas foram arrancadas, deixadas secar em pleno sol e em seguida submetidas à trilha mecânica; o teor de água dos grãos foi corrigido para $0,13 \text{ kg kg}^{-1}$ (base úmida) para a determinação da produtividade de grãos. Da produção total obtida por parcela, considerou-se como renda a porcentagem dos grãos retidos em peneira de furos oblongos 12/64 x 3/4" (4,76 x 19,05 mm).

Os resultados foram submetidos à análise de variância. Os efeitos das doses de S em cobertura foram avaliados por meio de análise de regressão, adotando-se como critério para escolha do modelo, a magnitude dos coeficientes de regressão significativos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t. Foram realizadas análises de correlação simples entre as características agrônômicas do feijoeiro e o teor de S nas folhas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de S em cobertura aumentou a produção de MS da parte aérea até a dose máxima estimada de 51 kg ha^{-1} de S (Figura 1). Resultados semelhantes foram observados por FURTINI NETO et al. (2000), estudando diferentes cultivares de feijão em casa de vegetação. Sob doses elevadas, porém, esses mesmos autores verificaram redução na produção de MS do feijoeiro cultivar Carioca. A menor produção de MS nas plantas com carência de S pode ser atribuída a um impedimento da fotossíntese, em vista da redução na síntese de proteínas, entre as quais as que ligam a molécula de clorofila (MARSCHNER, 1995).

O número de vagens por planta seguiu a mesma tendência observada para a matéria seca da parte aérea (Figura 1), o que é explicado pela correlação significativa ($r = 0,59^*$) entre essas duas variáveis, pois o número de estruturas reprodutivas está diretamente relacionado com o número de ramificações, concordando com os resultados obtidos por CARVALHO et al. (2001) e SORATTO et al. (2004). Para OLIVEIRA et al. (1996), a deficiência de S provoca redução na formação de ramos e no número de flores e vagens, com conseqüência na produtividade do feijoeiro. Segundo PORTES (1996), plantas de feijão bem nutridas produzem mais flores e, conseqüentemente, mais vagens por planta.

O número de grãos por vagem não foi influenciado pelos tratamentos, pois é uma característica de alta herdabilidade genética, com pouca influência do ambiente (ANDRADE et al., 1998), e o valor médio observado foi de 4,1 grãos por vagem.

A massa de cem grãos não foi influenciada pelos tratamentos, tendo apresentado na média, 26,9 g, característica com a menor variação percentual, em função das alterações no meio de cultivo. Assim, em condições adversas, com restrição de N, a planta de feijão preferencialmente formará poucos grãos nas vagens fixadas ao invés de vários e mal formados. Como observado para a massa de 100 grãos, a renda também não foi influenciada pelos tratamentos, sendo de maneira geral, obtidos grãos de excelente qualidade, com renda superior a 82%, o que pode promover um ágio no momento da comercialização.

O S aplicado em cobertura influenciou significativamente a produtividade de grãos do feijão (Figura 1), sendo o valor máximo alcançado com a dose estimada de 49 kg ha⁻¹ de S, bastante próxima daquela estimada para a maior produção de MS da parte aérea (51 kg ha⁻¹ de S) e superior a recomendada por AMBROSANO et al. (1996) para lavouras com elevados níveis de produtividades (30 kg ha⁻¹). VITTI et al. (1982) verificaram aumento na produtividade de grãos do feijoeiro com a aplicação de S, utilizando o gesso como fonte.

Os resultados do presente estudo demonstram que, mesmo em solo com teor de S considerado médio, a aplicação de S, em doses mais elevadas que as recomendadas, promoveu aumento da produtividade de grãos do feijoeiro (RAI et al., 1996; REIN e SOUSA, 2004). Além disso, os dados indicam a necessidade de reavaliar a recomendação de adubação com esse nutriente, visto que houve efeito positivo, considerando a aplicação de 11,25 kg ha⁻¹ na semeadura, até 60 kg ha⁻¹. Assim, verifica-se que esse elemento pode limitar a produtividade em lavouras altamente tecnificadas, e que há carência de informações referentes ao manejo de S no SPD. Essa ressalva é compartilhada por FURTINI NETO et al. (2000), que chamam atenção para necessidade da inclusão do S nos programas de adubação, uma vez que pode limitar a produtividade não só do feijoeiro, mas também de outras culturas.

Os resultados da análise foliar (Figura 2) demonstram que o N teve seus teores reduzidos com aplicação de S em cobertura, provavelmente devido ao efeito de diluição, já que o S promoveu aumento na produção de MS (Figura 1). As assimilações de NO₃⁻ e SO₄²⁻ estão metabolicamente ligadas, uma vez que a atividade da redutase do nitrato tem-se mostrado muito sensível a variações no conteúdo de S nas plantas

(FRIEDRICH e SCHRADER, 1978). Quando o S é deficiente, ocorre acúmulo de N não-protéico, causando aumento da relação N/S e, conseqüente redução no crescimento vegetal (FAGERIA, 2001). Quanto os demais macronutrientes (P, K, Ca e Mg), o efeito de diluição esperado não ocorreu, provavelmente pela aplicação de S ter favorecido sua absorção, possivelmente por aumentar o crescimento radicular da cultura, conforme observado por FURTINI NETO et al. (2000).

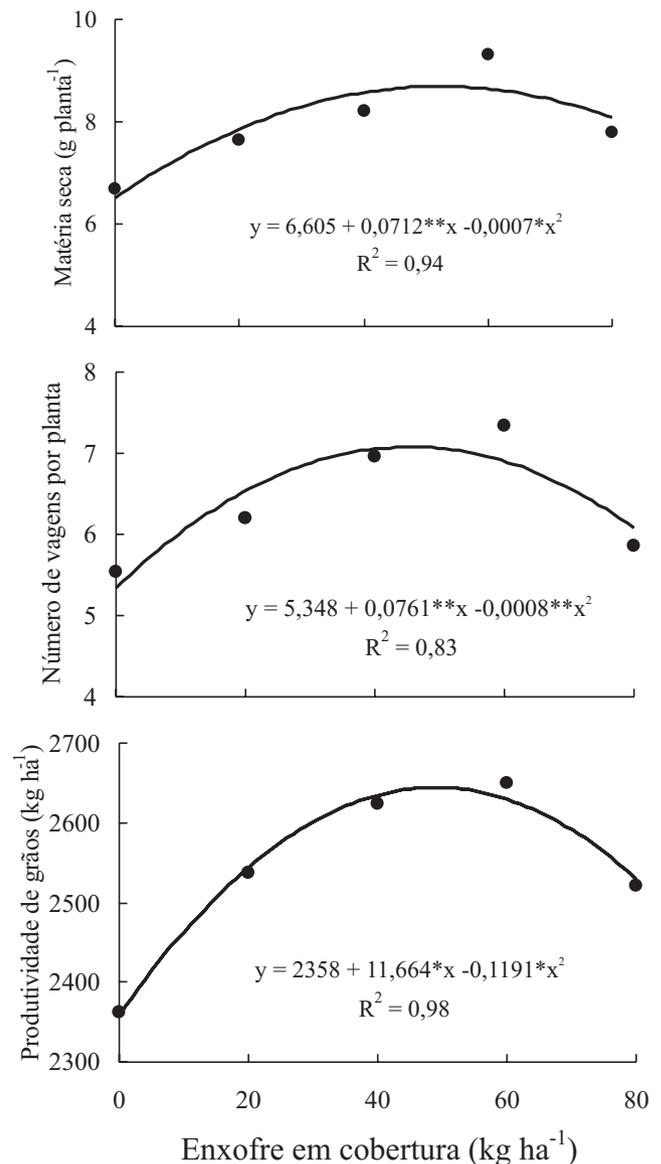


Figura 1. Matéria seca da parte aérea, número de vagem por planta e produtividade de grãos do feijoeiro em função da aplicação de S em cobertura no sistema de plantio direto. **: *: significativos a $P < 0,05$ e $P < 0,01$ respectivamente.

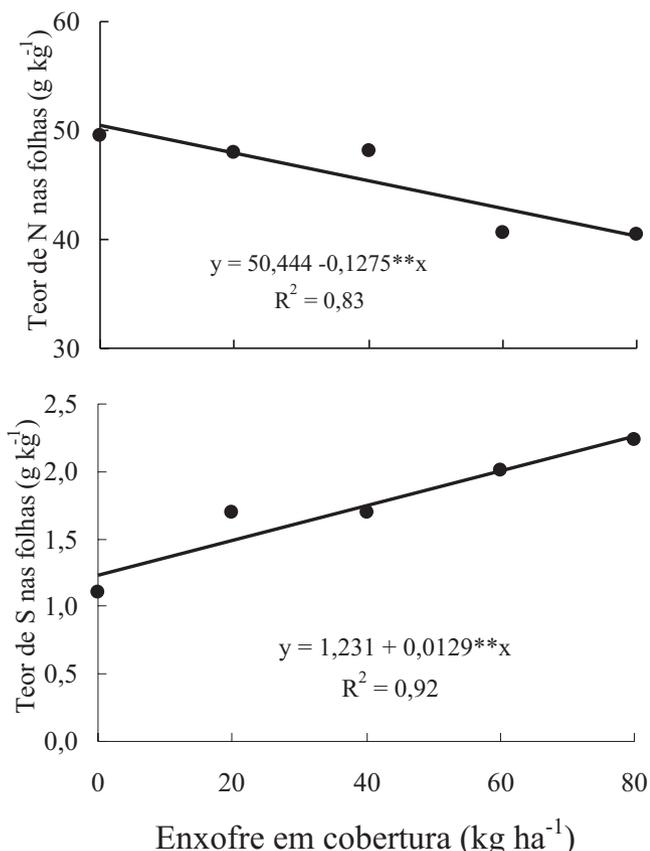


Figura 2. Teores de N e S nas folhas de feijoeiro em função da aplicação de S em cobertura no sistema de plantio direto. **: significativo a $P < 0,01$.

Apesar da redução dos teores de N, em todos os tratamentos, seus teores foliares estiveram dentro da faixa considerada adequada para a cultura (AMBROSANO et al., 1996), assim como os teores de P, Ca e Mg, com média de 3,0, 13,6 e 5,3 g kg⁻¹ respectivamente. Os teores foliares de K estavam abaixo da faixa ideal, em todos os tratamentos, com média de 13,0 g kg⁻¹, o que pode ser explicado pelos elevados teores de Ca e Mg no solo, já que esses dois elementos competem com o K no processo de absorção pelas raízes. BÜLL et al. (1993) verificaram que a redução da relação K/(Ca+Mg), proporcionaram deficiência de potássio em forrageiras. No caso do S, apenas na maior dose do nutriente em cobertura, os teores nas folhas estavam dentro da faixa preconizada como adequada (AMBROSANO et al., 1996). Desse modo, a máxima produção de matéria seca da parte aérea e produtividade de grãos foi alcançada com teor de S nas folhas abaixo daquele considerado adequado. Não foi observada correlação significativa ($P < 0,05$) entre os teores de S nas folhas e a produtividade de grãos, corroborando os resultados obtidos por VILELA et al. (1995) para a cultura da soja. Esses autores também verificaram teores foliares do elemento abaixo da faixa de suficiência, mesmo com a aplicação de doses elevadas no solo.

A redução no teor de N e, principalmente, a elevação dos teores de S nas folhas do feijoeiro, resultantes da aplicação de S em cobertura, promoveu diminuição nos valores das relações N/S e P/S (Figura 3). De acordo com alguns autores KUMAR e SINGH (1980), HAQ e CARLSON (1993), FURTINI NETO et al. (2000), a máxima produtividade pode estar relacionada com o balanço N/S e P/S dentro da planta. Assim, existe um ponto ou faixa onde as relações N/S e P/S são consideradas ideais para a máxima produtividade. Os resultados possibilitaram constatar que a máxima produtividade foi obtida com os valores de 25,5 e 1,51 para as relações N/S e P/S respectivamente (Figura 4). Esses valores estão próximos aos relacionados com a máxima produtividade do feijoeiro (N/S=20,15 e P/S=1,48) constata por FURTINI NETO et al. (2000). Valores da relação N/S entre 13 e 17 têm sido sugeridos como ideais para o feijoeiro já para a relação P/S valor igual à 2,4 foi associado à produção máxima de matéria seca do feijoeiro (AULAKH e PARISCHA, 1977). Valores elevados das relações N/S e P/S proporcionaram menor produtividade de grãos pelo feijoeiro (Figura 4), o que pode estar relacionado com o acúmulo de N na forma não-protéica, principalmente N-NO₃⁻ e N orgânico solúvel, provocado pela elevada relação N/S (STEWART e PORTER, 1969; HAQ e CARLSON, 1993; FAGERIA, 2001), ou a redução na síntese de óleos, devido à elevada relação P/S (KUMAR e SINGH, 1980).

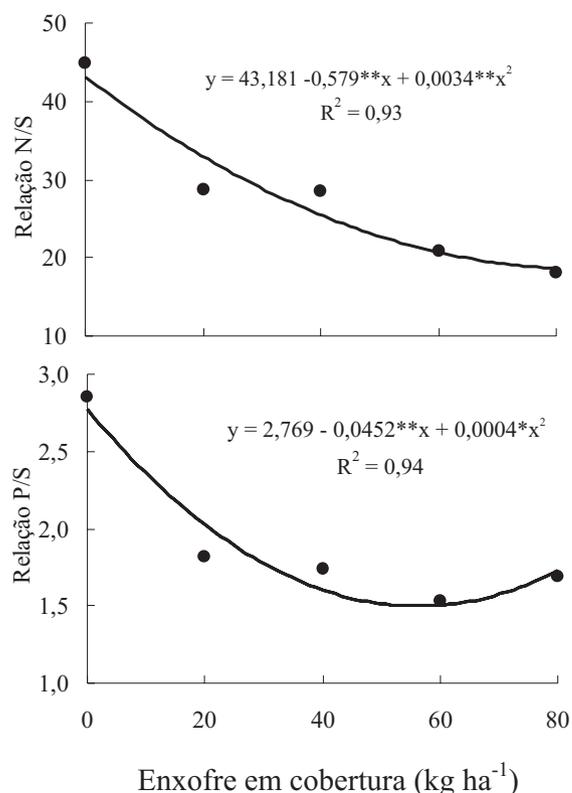


Figura 3. Relações N/S e P/S nas folhas de feijoeiro em função da aplicação de S em cobertura no sistema de plantio direto. **, *: significativos a $P < 0,05$ e $P < 0,01$ respectivamente.

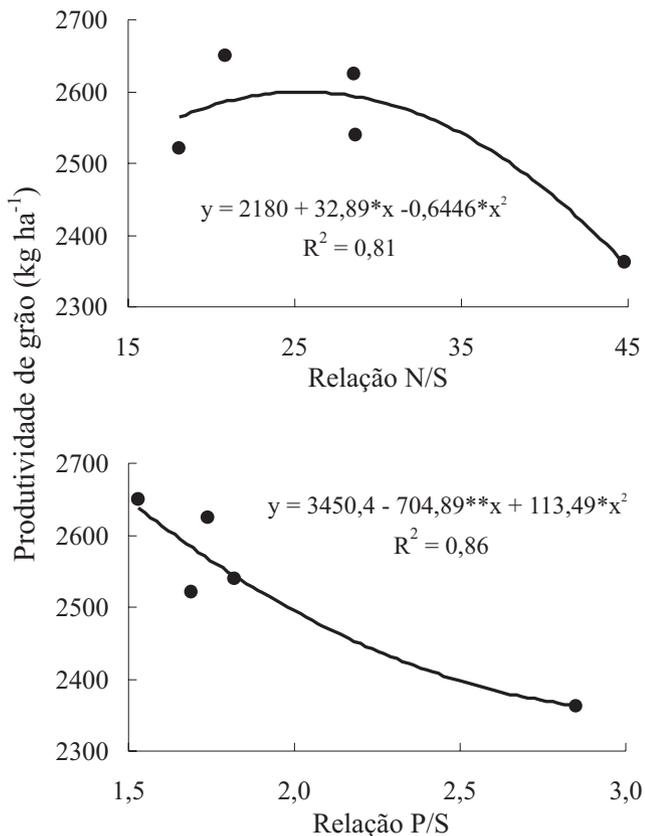


Figura 4. Produtividade de grãos em função das relações N/S e P/S nas folhas de feijoeiro. **: *. significativos a $P < 0,05$ e $P < 0,01$ respectivamente.

4. CONCLUSÕES

1. Aplicação de enxofre em cobertura aumenta o teor do elemento nas folhas, a produção de matéria seca da parte aérea, o número vagens por planta e a produtividade de grãos do feijoeiro em sistema de plantio direto.

2. Em lavouras com alto nível tecnológico, o incremento na produtividade de grãos de feijão pode estar sendo limitado pela utilização de doses insuficientes de enxofre.

REFERÊNCIAS

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996. p.189-203 (Boletim técnico, 100)

ANDRADE, M.J.B.; DINIZ, A.R.; CARVALHO, J.G.; LIMA, S.F. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.2, p.499-508, 1998.

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, 1977.

BÜLL, L.T.; BOARETTO, A.E.; MELLO, F.A.F.; SOARES, E. Influência da relação K/(Ca+Mg) do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramínea e leguminosa forrageiras. II. Absorção de potássio em função da relação K/(Ca+Mg) no complexo de troca do solo. **Científica**, São Paulo, v.21, n.1, p.67-75, 1993.

CARVALHO, M.A.C.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; SANTOS, N.C.B.; BASSAN, D.A.Z. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.4, p.617-624, 2001.

FAGERIA, V.D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.24, n.8, p.1269-1290, 2001.

FRIEDRICH, I.W.; SCHRADER, L.E. Sulfur deprivation and nitrogen metabolism in maize seedlings. **Plant Physiology**, Lancaster, v.61, n.6, p.900-907, 1978.

FURTINI NETO, A.E.; FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V.; SILVA, I.R.; ACCIOLY, A.M.A. Resposta de cultivares de feijoeiro ao enxofre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.567-573, 2000.

HAQ, I.U.; CARLSON, R.M. Sulphur diagnostic criteria for French prune trees. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, n.5, p.911-931, 1993.

KUMAR, V.; SINGH, M. Sulphur, phosphorus, and molybdenum interactions in relation to growth, uptake, and utilization of sulphur in soybean. **Soil Science**, Baltimore, v.129, n.5, p.297-304, 1980.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Orlando: Academic, 1995, 889p.

OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.301-52.

PORTES, T.A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.101-137.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100)

- REIN, T.A.; SOUSA, D.M.G. Adubação com enxofre. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.227-244.
- ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v.68, p.1-16, 1994. (Encarte)
- 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, 1969.
- SORATTO, R.P.; CARVALHO, M.A.C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.895-901, 2004.
- 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, 1995.
- VITTI, G.C.; FORNASIERI FILHO, D.; FERREIRA, M.E.; RAGAZZI, D.; HING, L.T. Efeito de doses de gesso na cultura do feijoeiro. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.57, n.2, p.119-132, 1982.
- YOKOYAMA, L.P.; BANNO, K.; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos socioeconômicos da cultura. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.1-21.