

EFEITOS DE *RHIZOBIUM*, MOLIBDÊNIO E COBALTO SOBRE O FEIJOEIRO COMUM cv. CARIOCA ¹

JOÃO ROBERTO VIANA CORRÊA², ARNOLDO JUNQUEIRA NETTO³,
PEDRO MILANEZ DE REZENDE⁴ e LUIS ANTÔNIO DE BASTOS ANDRADE⁵

RESUMO – Com o objetivo de verificar os efeitos de *Rhizobium phaseoli*, molibdênio (Mo) e cobalto (Co) sobre o rendimento de algumas características do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca, bem como estabelecer doses ótimas para os micronutrientes testados, foi conduzido, na Escola Superior de Agricultura de Lavras, em Lavras, MG, um experimento em casa de vegetação, em solo de cerrado, classificado como Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico, textura argilosa. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 4² x 2, com três repetições. Os tratamentos foram formados pela combinação de quatro níveis de Mo (0, 7, 14 e 21 g/ha) e Co (0, 0,3, 0,6, e 0,9 g/ha) aplicados na forma de solução via sementes, na presença e ausência de inoculante. As aplicações do inoculante e Mo exerceram influências benéficas em todas as características avaliadas. A maior produção de grãos por planta foi alcançada quando se aplicaram 14 e 0,6 g/ha de Mo e Co, respectivamente. A aplicação isolada do cobalto não influenciou o número de vagens por planta e grãos por vagem de feijoeiro.

Termos para indexação: inoculação, *Rhizobium*, micronutrientes, *Phaseolus vulgaris*

EFFECTS OF *RHIZOBIUM*, MOLYBDENUM AND COBALT ON BEAN PLANTS cv. CARIOCA

ABSTRACT – With the purpose of verifying the effects of *Rhizobium phaseoli*, molybdenum (Mo) and cobalt (Co) on yield and some traits of bean plant (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Carioca, and also establishing optimal doses for the micronutrients tested, an experiment was undertaken in greenhouse, on soil under “cerrado”, classified as Dystrophic Dark Red Latosol clayey texture, at Escola Superior de Agricultura de Lavras, in Lavras, MG, Brazil. The experiment design was that of randomized blocks in factorial scheme 4² x 2 with three replicates. The treatments were made up by combining of four levels of Mo (0, 7, 14 and 21 g/ha) and Co (0, 0,3, 0,6 and 0,9 g/ha) applied as a solution via seeds in the presence and absence of inoculants. The results showed that the applying of the inoculant and Mo exercised benefic influences, helping all the characteristics evaluated. The greatest grain yield was obtained when applying 14 and 0,6 g/ha of Mo and Co, respectively. Applying Co singly did not influence either the number of pods per plant or grains per pod of bean plant.

Index terms: inoculants, *Rhizobium*, micronutrients, *Phaseolus vulgaris* L.

INTRODUÇÃO

O feijoeiro, como a maioria das plantas leguminosas, apresenta a particularidade especial de fixação simbiótica do N atmosférico, através da sua capacidade em se associar com a bactéria do gênero *Rhizobium*. Esta simbiose é capaz de suprir parte e, em muitos casos,

¹ Aceito para publicação em 13 de março de 1989.

Parte da tese apresentada à Esc. Sup. de Agric. de Lavras (ESAL) pelo primeiro autor, para obtenção do título de M.Sc.

² Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA/Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Belém (UEPAE), Caixa Postal 130, CEP 66240 – Belém, PA

³ Prof.-Titular, Dep. de Agric. da ESAL

⁴ Prof-Assistente do Departamento de Agricultura da ESAL

a totalidade do N necessária ao desenvolvimento da leguminosa, ocasionando uma redução considerável nos insumos de fertilizantes nitrogenados (Döbereiner & Duque 1980, Ferraz 1982).

No Brasil, a inoculação do feijoeiro não constitui prática usual, apesar de resultados favoráveis relatados por vários autores. Ruschel & Saito (1977), em experimento em condições controladas de casa de vegetação, notaram que o efeito da inoculação proporcionou maior produção de vagens, demonstrando a eficiência da simbiose *Rhizobium*-feijão. Em Lavras, MG, Corrêa (1980), utilizando como inoculante as estirpes de *Rhizobium phaseoli* (C-29, C-37 e C-88 em sementes da variedade de feijão 'Venezuela 350', verificou que eles propiciaram aumentos no número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso das sementes secas, em relação à testemunha. Ferraz (1982), ainda em Minas Gerais, observou que a cultivar de feijão Carioca, quando inoculada, incrementou a produtividade de grãos em dois sistemas de cultivo estudados.

Outros fatores também interferem na eficiência da associação simbiótica, destacando-se a fertilidade do solo, pois para o pleno funcionamento da simbiose com o *Rhizobium* o feijoeiro tem que estar em solo com condições favoráveis de nutrição. A este respeito, Ruschel & Reuszer (1973) citam que a influência dos micronutrientes é marcante, não só no desenvolvimento da planta e da bactéria, mas também na simbiose.

O Mo é nutriente essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas, principalmente das leguminosas (Epstein 1975, Malavolta 1980), exercendo efeito direto e benéfico na fixação do N atmosférico.

Trabalhos têm sido desenvolvidos procurando determinar a influência e os melhores níveis de Mo no feijoeiro. Assim, Braga (1972), utilizando a variedade de feijoeiro 'Rico-23', verificou que o máximo de produção foi obtido com 13,5 g de Mo por hectare, aplicado na forma de molibdato de sódio no

sulco de plantio, e que para doses mais altas produção caiu, sugerindo um efeito fitotóxico. Resultado semelhante foi obtido por Santos et al. (1979) em um solo de Minas Gerais, no qual a produção máxima de feijão foi conseguida com 12,3 g de Mo por ha. Também trabalhando com esta leguminosa, em um solo cuja inoculação com *Rhizobium phaseoli* não foi eficiente, Junqueira Netto et al. (1977) verificaram que não houve incremento da produção de grãos quando o Mo foi aplicado isoladamente na quantidade de 12,9 g/ha, na forma de molibdato de sódio em solução nas sementes. Porém, quando combinado com Co, na presença de P e N, observaram aumentos da produção de 270%, em relação à testemunha sem adubo.

O Co é elemento essencial à fixação simbiótica do N atmosférico para as plantas superiores que apresentam nodulação radicular (Epstein 1975, Joe & Allaway 1972, Tisdale & Nelson 1975). Resultados positivos na cultura do feijão com a aplicação isolada e combinada de Mo e Co já foram constatados. Junqueira Netto et al. (1977), em Paula Cândido, Minas Gerais, em solo contaminado com *Rhizobium phaseoli*, verificaram que a aplicação de 0,25 g de Co por ha aumentou a produção de sementes de feijão em 100%. Machado et al. (1979), também usando solos de Minas Gerais, observaram que o Mo e o Co, quando aplicados isoladamente, não influenciaram a produção de feijão; porém, quando combinados, provocaram um aumento de 87% em relação à testemunha sem P; já na presença de P, o Mo e Co superaram a testemunha em 16% na produção de grãos.

Assim, pesquisas realizadas com feijoeiro em solos do estado de Minas Gerais têm mostrado efeitos positivos da aplicação de micronutrientes, evidenciando a importância de alguns elementos e a necessidade de se obterem informações mais pormenorizadas e completas a respeito do assunto.

Conseqüentemente, o presente trabalho teve por objetivo determinar os efeitos de inoculante, Mo e Co sobre o rendimento e componentes primários da produção de grãos do fei-

joeiro, bem como as doses ótimas dos micronutrientes, na presença e ausência de inoculante.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na casa de vegetação do Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura de Lavras, estado de Minas Gerais.

O solo utilizado foi proveniente de uma área nunca cultivada, em solo de cerrado, classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial $4^2 \times 2$, com três repetições. Cada parcela foi constituída de dois vasos de plástico, com capacidade de 3 kg de solo, um para avaliações na época de floração e o outro para medir a produção de grãos e seus componentes.

Os tratamentos foram formados pela combinação de níveis de Mo (0; 7; 14; 21 g/ha) e Co (0; 0,3; 0,6 e 0,9 g/ha), na presença e ausência de inoculante. Como fontes de Mo e Co, foram utilizados o molibdato de amônio ($(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$) e o sulfato de cobalto ($CoSO_4 \cdot 7H_2O$), respectivamente.

O solo destinado aos tratamentos na presença do inoculante específico foi esterilizado uma semana antes do plantio, com brometo de metila, seguindo-se as recomendações de Cardoso et al. (1979) objetivando principalmente a eliminação de estirpes nativas de *Rhizobium phaseoli* neste solo.

Por ocasião do plantio, o Mo e o Co foram aplicados via sementes, sem adesivo, em forma de solução, de acordo com Machado et al. (1979). Com a finalidade de facilitar a aplicação, foram usadas 100 sementes tratadas com 1,0 ml da solução final, ou seja, a combinação dos dois nutrientes em cada nível. Seis soluções estoque e mais água destilada foram usadas para preparação de 32 soluções finais.

Utilizou-se como corretivo o hidróxido de cálcio PA e sulfato de magnésio PA, nas quantidades de 1.750 e 750 kg/ha, respectivamente. Pode-se observar (Tabela 1) o resultado da análise química da amostra de solo, após a correção e período de incubação. Os teores do Mo e do Co não foram incluídos, por dificuldades na realização de suas análises.

Como adubação utilizou-se o fosfato monobásico de potássio PA e o diamônio fosfato. Durante o cultivo foram fornecidos 280 kg/ha de P_2O_5 e 120 kg/ha, de K_2O . O N foi aplicado na base de 20 kg por ha, sendo a fonte utilizada o sulfato de amônio, dividido

TABELA 1. Resultado da análise química de solo após a correção e período de incubação.

| Características | Valores |
|------------------------------|---------|
| pH em água (1:2,5) | 5,4 |
| Al ⁺⁺⁺ (Meq/100g) | 0,1 |
| Cálcio (Meq/100g) | 1,9 |
| Magnésio (Meq/100g) | 0,3 |
| Fósforo (ppm) | 1,0 |
| Potássio (ppm) | 39,0 |
| Boro (ppm) | 0,3 |
| Cobre (ppm) | 2,0 |
| Ferro (ppm) | 86,6 |
| Manganês (ppm) | 12,4 |
| Zinco (ppm) | 0,7 |

em 1/3 e 2/3 na primeira e segunda aplicação, respectivamente.

O plantio foi realizado no dia 26.04.1983, e a colheita, em 26.07.1983. Foram colocadas cinco sementes por vaso da cultivar Carioca, deixando-se, após o desbaste, duas plantas.

A inoculação foi realizada, nos tratamentos previstos, no quinto dia após a emergência das plantas, aplicando-se por vaso 20 ml de água destilada contendo 500 mg do inoculante SMS-371 + 376 (procedente do IAC), cuja concentração era, aproximadamente, de 10^9 células bacterianas de *Rhizobium phaseoli*, por grama.

Foi mantido o nível de umidade a 70% da capacidade de campo, utilizando-se o método de pesagens durante o período de crescimento das plantas, de acordo com a metodologia usada por (Kornelius & Jardim Freire 1974, Ruschel & Saito 1977).

As características avaliadas foram: número de vagens por planta, número de grãos por vagem, e produção de grãos por planta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As aplicações do inoculante e do Mo influenciaram significativamente todas as características estudadas do feijoeiro (Tabela 2). No caso do Co, o valor de F foi altamente significativo para a produção de grãos por planta.

A aplicação do inoculante aumentou o número de vagens por planta (Tabela 3). Da

TABELA 2. Resumo da análise de variância (quadrados médios) dos dados obtidos com inoculante, molibdênio e cobalto.

| Fontes de variação | G.L. | Vagens por planta (nº) | Grãos por vagem (nº) | Produção de grãos/planta (g) |
|--------------------|------|------------------------|----------------------|------------------------------|
| Inoculante (I) | 1 | 1,6276* | 0,2501** | 9,8688** |
| Molibdênio (Mo) | 3 | 6,4401** | 0,5530** | 47,5517** |
| Cobalto (Co) | 3 | 0,2595 | 0,0678 | 2,5744** |
| I x Mo | 3 | 0,0998 | 0,0127 | 0,6886** |
| I x Co | 3 | 0,0165 | 0,0076 | 0,0755 |
| Mo x Co | 9 | 0,0234 | 0,0300 | 0,3047 |
| I x Mo x Co | 9 | 0,0443 | 0,0044 | 0,0303 |
| Blocos | 2 | 0,9088 | 0,0722 | 0,8375** |
| Erro | 62 | 0,2933 | 0,0279 | 0,1392 |
| C.V. (%) | | 9,33 | 2,96 | 4,12 |

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

mesma forma, Corrêa (1980), trabalhando em casa de vegetação, observou que a inoculação aumentou o número de vagens por planta, indicando que maior nodulação e fixação de N resultou em maior produção de vagens.

As doses crescentes de Mo aumentaram o número de vagens por planta, sendo o máximo alcançado quando foram usados 15 g/ha desse nutriente (Fig. 1). Resultado similar a este foi observado por Santos (1978), que encontrou efeito significativo das doses de Mo sobre esta característica, sendo que a dose de 16 g/ha proporcionou o maior número de vagens.

A aplicação do Co, por sua vez, não exerceu influência sobre esta característica, o que concorda com Machado (1977) e Santos et al. (1979).

Os dados médios referentes ao número de vagens por planta estão abaixo dos citados por Silva (1981). Entretanto, a ocorrência de temperaturas noturnas inferiores a 18°C, aliada a temperaturas diurnas superiores a 30°C, durante a condução do trabalho, principalmente nas primeiras floradas da cultura, provavelmente contribuíram para a redução desta característica.

A presença do inoculante foi benéfica e aumentou o número de grãos por vagem. Este resultado concorda com o de Corrêa (1980), que observou efeito positivo das estirpes selecionadas de *Rhizobium phaseoli* sobre esta característica do feijoeiro, em relação à testemunha não inoculada.

O maior valor médio alcançado para o número de grãos por vagem, ou seja, 5,84, ocorreu quando foram aplicados 17 g/ha de Mo

TABELA 3. Resultados médios do número de vagens por planta, número de grãos por vagem do feijoeiro, em grama, na presença e ausência de inoculante.

| Inoculante | Nº de vagens por planta | Nº de grãos por vagem |
|------------|-------------------------|-----------------------|
| Presença | 5,94 a | 5,69 a |
| Ausência | 5,68 b | 5,59 b |

* As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

(Fig. 2). Por outro lado, verifica-se que este resultado difere dos encontrados por Machado (1977) e Mendes (1984), que não constataram efeito significativo do Mo sobre o parâmetro avaliado.

Quanto ao Co, sua aplicação não influenciou esta característica, o que concorda com os resultados obtidos por Machado (1977) e Santos et al. (1979).

O inoculante proporcionou um incremento na produção de grãos por planta de 7,3%, em relação à sua ausência. A resposta do feijoeiro à inoculação tem sido constatada por outros autores (Ferraz 1982, Graham & Rosas 1977, Pereira 1982), realçando o fato de que pesquisas neste campo são promissoras.

A produtividade máxima do feijoeiro foi obtida com menor dose de Mo (14,7 g/ha), quando em presença do inoculante (Fig. 3), do que na ausência do inoculante (16,8 g/ha). Aumentos na produção de grãos, como resultados de aplicação de Mo, também foram encontrados em soja (Santos 1978) e no feijoeiro

(Araújo 1977, Braga 1972, Junqueira Netto et al. 1977, Santos 1978).

Na interação Mo x Co, foram avaliados os efeitos das doses de Mo dentro das diferentes doses de Co (Fig. 4). Observa-se que todas as equações obtidas foram quadráticas. Constatou-se, também, que a maior produção foi alcançada quando se utilizaram 14,6 g/ha de Mo associado com 0,6 g/ha de Co. Estes resultados confirmam aqueles obtidos por (Junqueira Netto et al. 1977, Santos et al. 1979, Machado et al. 1979), ao observarem que o Mo e Co, quando combinados, contribuem efetivamente na produção de grãos-de feijão.

O Co apresentou a produção máxima na dose de 0,66 g/ha do elemento (Fig. 5). Resultado mais expressivo que este foi encontrado por Junqueira Netto et al. (1977), que, pesquisando em condições de campo, em Paula Cândido, MG, verificaram aumento na produção de sementes de feijão na ordem de 100%, ao aplicarem a dosagem de 0,25 g/ha de Co, na forma de cloreto de cobalto, em solução nas sementes.

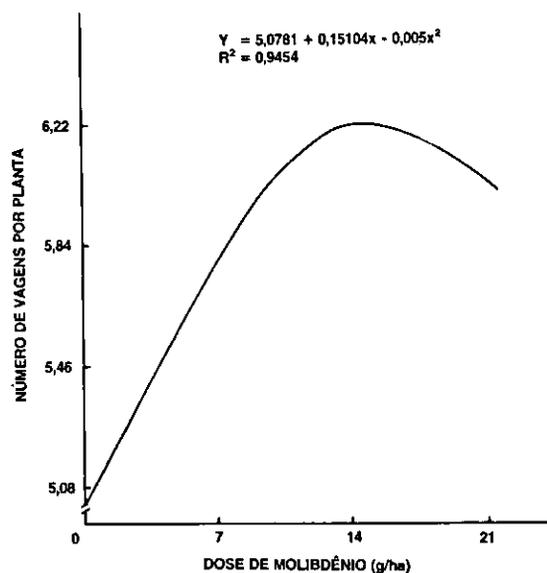


FIG. 1. Efeito de doses de molibdênio sobre o número de vagens por planta de feijoeiro.

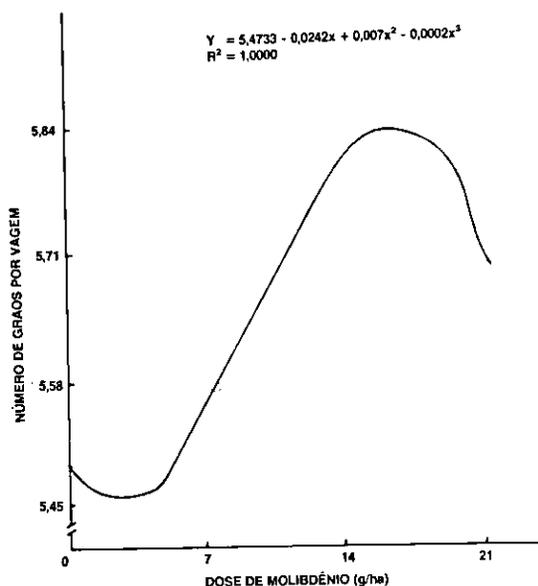


FIG. 2. Efeito de doses de molibdênio sobre o número de grãos por vagem do feijoeiro.

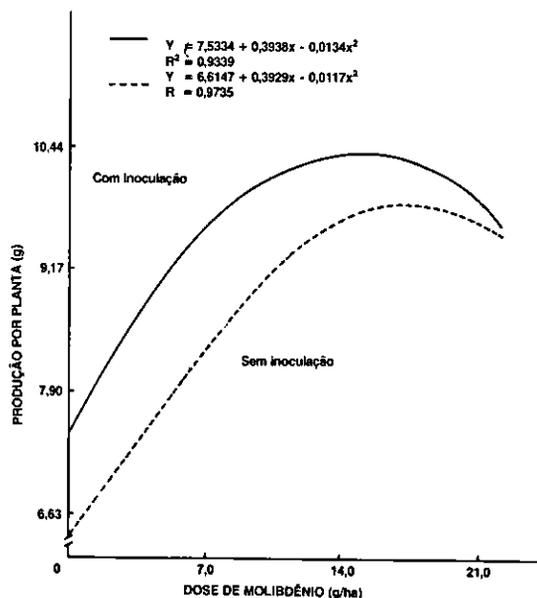


FIG. 3. Efeito de doses de molibdênio sobre a produção de grãos por planta do feijoeiro, na presença e ausência do inoculante.

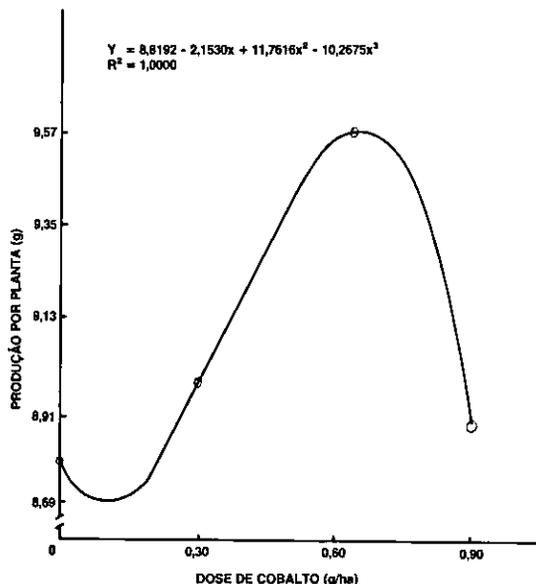


FIG. 5. Efeito de doses de cobalto sobre a produção de grãos por planta do feijoeiro.

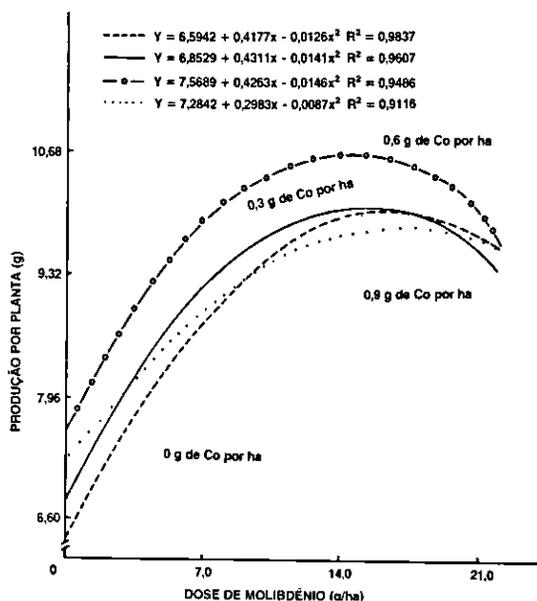


FIG. 4. Efeito de doses de molibdênio sobre a produção de grãos por planta do feijoeiro na ausência e presença do cobalto.

CONCLUSÕES

1. As aplicações do inoculante e Mo no feijoeiro exerceram influências benéficas em todas as características avaliadas.
2. A maior produção de grãos por planta foi alcançada quando se aplicaram 14 e 0,6 g/ha de Mo e Co, respectivamente.
3. A aplicação isolada do Co não influenciou o número de vagens por planta e grãos por vagem do feijoeiro.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, G.A. de A. **Influência do molibdênio e do nitrogênio sobre duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Viçosa, UFV, 1977. 30p. Tese Mestrado.
- BRAGA, J.M. Resposta do feijoeiro 'Rico 23' à aplicação de enxofre, boro e molibdênio. *R. Ceres*, Viçosa, 19 (103):222-6, maio/jun. 1972.

- CARDOSO, C.O.N; CARDOSO, E.J.B.N; TOLEDO, A.C.D. de.; KIMATI, H.; SOAVE, J. **Guia de fungicidas**. 2.ed. São Paulo, Summa Phytopathologica, 1979. 235p.
- CORRÊA, M.U. **Compatibilidade de estirpes de *Rhizobium phaseoli* com fungicidas, antibióticos, nitrogênio e seus efeitos na fixação simbiótica e produção de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Lavras, ESAL, 1980. 71p. Tese Mestrado.
- DÖBEREINER, J. & DUQUE, F.F. **Contribuição da pesquisa em fixação biológica do nitrogênio**. Rio de Janeiro, EMBRAPA/PFBN, 1980. 23p. mimeo.
- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas; princípios e perspectivas**. Rio de Janeiro, USP, 1975. 341p.
- FERRAZ, S.M.G. **Eficiência da fixação simbiótica de nitrogênio em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) quando consorciado com milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba, ESALQ, 1982. 55p. Tese Mestrado.
- GRAHAM, F.H. & ROSAS, J.C. Growth and development of indeterminate bush and climbing cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. inoculated with *Rhizobium*. **J. Agric. Sc.**, London, 88:503-8, 1977.
- JOE, K & ALLAWAY, W.H. Geographic distribution of trace element problems. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. **Micronutrients in agriculture**. Madison, s.ed., 1972. Cap. 21, p.525-54.
- JUNQUEIRA NETTO, A.; SANTOS, O.S; AIDAR, H.; VIEIRA, C. Ensaio Preliminares sobre aplicação de molibdênio e de cobalto na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) **R. Ceres**, Viçosa, 24(136):628-33, 1977.
- KORNELIUS, E. & JARDIM FREIRE, J.R. Aeração e umidade do solo como fatores limitantes da nodulação em *Phaseolus vulgaris* L. **Agron. sulriogr.**, Porto Alegre, 10(2):247-60, 1974.
- MACHADO, J. dos S. **Efeitos de fósforo, molibdênio e cobalto sobre o feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em oxissolos**. Lavras, ESAL, 1977. 53p. Tese Mestrado.
- MACHADO, J. dos S.; JUNQUEIRA NETTO, A.; QUEDES, G.A. de A.; REZENDE, P.M. de. Efeitos de fósforo, molibdênio e cobalto sobre o feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em oxissolos. **Ci. e Prát.**, Lavras, 3(2):101-6, jul./dez. 1979.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral das plantas**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MENDES, J.E.S. **Efeitos de boro, molibdênio e zinco aplicados via semente, sobre o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em solo de cerrado**. Lavras, ESAL, 1984. 72p. Tese Mestrado.
- PEREIRA, P.A.A. Fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, 8(90):41-6, jun. 1982.
- RUSCHEL, A.P. & REUSZER, H.W. Fatores que afetam a simbiose *Rhizobium phaseoli* - *Phaseolus vulgaris*. **Pesq. agropec. bras.; série Agron.** Rio de Janeiro, 8(8):287-92, 1973.
- RUSCHEL, A.P. & SAITO, S.M.T. Efeito da inoculação de *Rhizobium*, nitrogênio e matéria orgânica na fixação simbiótica de nitrogênio em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 1(1):21-4, jan./abr. 1977.
- SANTOS, A.B. dos. **Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao molibdênio e ao cobalto em solos de Viçosa e Paula Cândido, Minas Gerais**. Viçosa, UFV, 1978. 55p. Tese Mestrado.
- SANTOS, A.B. dos; VIEIRA, C.; LOURES, E.G.; BRAGA, J.M.; THIEBAUT, J.T.L. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao molibdênio e ao cobalto em solos de Viçosa e Paula Cândido, Minas Gerais. **R. Ceres**, Viçosa, 26(143):92-101, jan./fev. 1979.
- SILVA, H.T. da. **Caracterização morfológica, agronômica e fenológica de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) comentada plantadas em diversas regiões do Brasil**. Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1981. 51p. (EMBRAPA/CNPAF. Circular Técnica, 15).
- TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers**. 3.ed. New York, s.ed, 1975. 694p.