

PAULO EDSON DE ALVARENGA

RESPOSTA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)  
ÀS ADUBAÇÕES NITROGENADA E MOLÍBDICA E À  
INOCULAÇÃO COM *Rhizobium leguminosarum* bv.  
phaseoli

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador:  
Prof. MESSIAS JOSÉ BASTOS DE ANDRADE

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1995

FICHA CATALOGRÁFICA PREPARADA PELA SEÇÃO DE CATALOGAÇÃO E  
CLASSIFICAÇÃO DA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFLA

Alvarenga, Paulo Edson de

Resposta do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) às adubações nitrogenada e molíbdica e à inoculação com Rhizobium leguminosarum bv. phaseoli / Paulo Edson de Alvarenga. --Lavras : UFLA, 1995.

67 p. : il.

Orientador: Messias José Bastos de Andrade.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Feijão - Adubação. 2. Molibdênio. 3. Inoculação. 4. Rhizobium leguminosarum bv. phaseoli. 5. Nitrogênio - Fixação simbiótica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

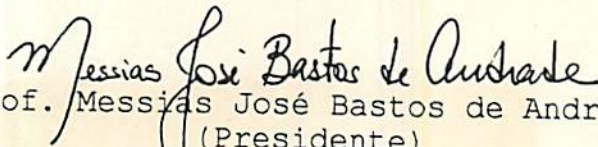
CDD-633.652894

PAULO EDSON DE ALVARENGA

RESPOSTA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris*  
L.) ÀS ADUBAÇÕES NITROGENADA E MOLÍBDICA E À  
INOCULAÇÃO COM *Rhizobium leguminosarum* bv.  
*phaseoli*

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado  
em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para  
a obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 24 de fevereiro de 1995.

  
Prof. Messias José Bastos de Andrade  
(Presidente)

  
Prof. Romildo da Silva

  
Prof. Janice Guedes de Carvalho

À

Deus, por mais uma etapa vencida;

Aos

meus pais (in memoriam) Antônio Augusto e  
Paula, com amor e gratidão;

À

minha esposa Maria Aparecida, meus filhos  
Nielsey, Neander, Rodrigo e Renata que me  
acompanharam em todas as horas, com amor e  
carinho;

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, em especial, ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado.

Ao programa CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Técnico de Nível Superior), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Messias José Bastos de Andrade, pela valiosa orientação, incentivo, dedicação e amizade durante a realização do curso.

À professora Dra. Janice Guedes de Carvalho e ao professor Dr. Romildo da Silva, pelas importantes sugestões, apoio e amizade durante as diversas fases do trabalho.

Ao Alcino, Ângela, Ernani, Ivan, Paulo Alexandre e demais colegas pela amizade e solidariedade demonstrada durante a realização do curso.

Aos meus irmãos, cunhados e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	x
RESUMO .....	xi
SUMMARY .....	xiv
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 Nitrogênio .....	3
2.2 Fixação simbiótica de nitrogênio .....	6
2.3 Molibdênio .....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	15
3.1 Experimento de campo .....	18
3.2 Experimento em casa-de-vegetação .....	22
3.3 Análise estatística .....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
4.1 Experimento de campo .....	25
4.2 Experimento em casa-de-vegetação .....	32
4.2.1 Produção de matéria seca .....	32
4.2.2 Nodulação .....	35
4.2.3 Teores de macronutrientes, boro, cobre, manganês e zinco nas raízes .....	39
4.2.4 Teores de macronutrientes, boro, cobre, manganês e zinco nas hastes .....	44
4.2.5 Teores de macronutrientes, boro, cobre, manganês e zinco nas folhas .....	50
5 CONCLUSÕES .....	55
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Características químicas de amostras (0-20 cm de profundidade) dos solos utilizados nos experimentos. UFLA, Lavras-MG, 1993 .....	19
2 Resumo da análise de variância dos dados relativos ao ensaio de campo. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	26
3 Valores médios do número de vagens/planta, número de grãos/vagem, rendimento de grãos, altura de plantas e estande final de plantas de feijão, cv. Carioca-MG, em função de adubação nitrogenada e molibdênio foliar. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	28
4 Efeitos da adubação nitrogenada e da aplicação foliar de Mo sobre o peso de 100 grãos da cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	30
5 Efeitos da adubação nitrogenada e da aplicação foliar de Mo sobre o índice de colheita da cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	31

Tabela	Página
6 Resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de matéria seca pelo feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	34
7 Valores médios de matéria seca (g/vaso) de hastes, folhas, parte aérea total e das raízes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função de adubações nitrogenada e molíbdica. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	35
8 Efeitos da adubação nitrogenada e da aplicação de Mo sobre a matéria seca de flores + vagens do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	36
9 Resumo da análise de variância dos dados relativos a número e peso de nódulos nas raízes do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	37
10 Valores médios do número e peso de nódulos (mg/vaso) em raízes de feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	38



Tabela	Página
11 Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de N, P, K, Ca e Mg nas raízes do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	40
12 Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de S, B, Cu, Mn e Zn nas raízes do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	41
13 Teores médios de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio nas raízes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	42
14 Teores médios de Enxofre, Boro, Cobre, Manganês e Zinco nas raízes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	43
15 Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de N, P, K, Ca e Mg nas hastes do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	45

Tabela	Página
16 Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de S, B, Cu, Mn e Zn nas hastes do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	46
17 Teores médios de Nitrogênio, Fósforo, Potássio e Cálcio nas hastes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	47
18 Teores médios de Boro, Cobre e Manganês nas hastes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	48
19 Efeitos das adubações nitrogenada e molíbdica sobre o teor de Enxofre(%) nas hastes do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	49
20 Efeitos das adubações nitrogenada e molíbdica sobre o teor de Zinco(%) nas hastes do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	50

Tabela	Página
21 Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de N, P, K, Ca e Mg nas folhas do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	51
22 Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de S, B, Cu, Mn e Zn nas folhas do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	52
23 Teores médios de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio nas folhas do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	53
24 Teores médios de Enxofre, Boro, Cobre, Manganês e Zinco nas folhas do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	54

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Variação diária da umidade relativa do ar(%), da temperatura média(°C) e da precipitação pluvial(mm) durante a condução dos experimentos. UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	16
2	Variação diária da temperatura do solo (°C), durante a condução dos experimentos (média das profundidades de 2, 5 e 10 cm). UFLA, Lavras-MG, 1993. ....	17

## RESUMO

ALVARENGA, Paulo Edson de. **Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molibdica e à inoculação com *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*.** Lavras: UFLA, 1995. 67p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).\*

Visando verificar o efeito do molibdênio na cultura do feijão e sua possível interação com diferentes formas de aplicação de nitrogênio, foram conduzidos dois experimentos, um a campo e outro em casa-de-vegetação, utilizando a cv. Carioca-MG e um Latossolo Roxo distrófico do campo experimental do Departamento de Agricultura da UFLA.

No experimento de campo empregou-se o delineamento de blocos casualizados, esquema parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas foram estudados quatro tipos de fornecimento de nitrogênio (testemunha sem N, inoculação com *Rhizobium*, inoculação + N em cobertura e N semeadura + N cobertura) e, nas subparcelas, duas doses de molibdênio (0 e 40 g de Mo/ha), aplicadas via foliar aos 17 DAE (dias após a emergência). Adotou-se ainda o espaçamento de 0,5 m entre fileiras e a densidade de 15 plantas por metro. Neste primeiro experimento avaliaram-se o rendimento de grãos e seus componentes

---

\* Orientador: Messias José Bastos de Andrade. Membros da Banca: Janice Guedes de Carvalho e Romildo da Silva.

(número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de cem sementes), além do estande final, altura de planta e índice de colheita.

Em casa-de-vegetação foram estudados os mesmos tratamentos, porém em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial 4 x 2 e quatro repetições. Foram empregadas parcelas de duas plantas por vaso com 5,4 Kg de terra. Foram avaliados o número e o peso de nódulos presentes no sistema radicular, a produção de matéria seca e os teores dos macronutrientes, B, Mn, Cu e Zn nas raízes, hastes e folhas do feijoeiro.

Nas condições em que foi conduzido o experimento de campo, somente houve interação significativa entre N e Mo no que diz respeito ao índice de colheita e peso de cem grãos. A inoculação com *Rhizobium* não foi eficiente, apresentando rendimento de grãos semelhante ao da testemunha. A adição de N em cobertura ou na semeadura + cobertura propiciou acréscimos de 48 e 93%, respectivamente, sobre o rendimento da testemunha. Já a aplicação foliar de 40 g/ha de Mo proporcionou a obtenção de plantas mais altas e com maior número de vagens, resultando em acréscimo de produtividade da ordem de 91% em relação à testemunha.

Os resultados em casa-de-vegetação mostraram que a inoculação com *Rhizobium* não diferiu da testemunha no que diz respeito ao peso e número de nódulos, indicando a existência de

população de *Rhizobium* nativo. A adição de N em cobertura ou na semeadura + cobertura resultou em menor número e peso de nódulos, confirmando o efeito antagônico do macronutriente sobre o processo de nodulação. O Mo, que neste ensaio foi aplicado via solo, aos 18 DAE, na base de 1 mg de Mo/vaso, não afetou o número e o peso de nódulos. Os tratamentos com adição de fertilizante nitrogenado promoveram elevação nos teores de N e redução nos teores de Ca nas raízes, nas hastes e nas folhas do feijoeiro. A adição de Mo ao solo, por sua vez, não promoveu maior concentração de N nas raízes, mas elevou seus teores nas hastes e folhas.

## SUMMARY

DRY BEANS (*Phaseolus vulgaris* L.) RESPONSE TO NITROGEN, MOLYBDENUM AND RHIZOBIA (*Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*)

Field and greenhouse study were conducted at University of Lavras-MG (UFLA), to verify molybdenum effects and its interaction with nitrogen sources on dry beans (Carioca-MG cv.) in one dystrophic Dusky Red Latosol.

One randomized block design was used in field experiment with split-plot arrangement and four replications. Plots had four nitrogen sources (control without nitrogen, with rhizobia inoculated, rhizobia inoculated plus nitrogen sprayed on the leaves, and nitrogen applied at planting and on the leaves). On the subplots, two molybdenum rates (0 and 40g/ha) sprayed at 17 days after emergence (DAE) on the leaves. Grain yield, pods per plant, seeds per pod, hundred seeds weight, final stand, plant high and harvest index were evaluated.

Greenhouse study had the same treatments as field experiment but, a randomized completely design in factorial arrangement, four replication and 2 plants per pot. Nodule weight and number, dry matter, macronutrients, B, Mn, Cu, and Zn content in the leaves, and stem were evaluated.



Significant interaction was found in the harvest index and hundred weight seeds for N and Mo. Field study showed no rhizobia efficiency as compared to control. Nitrogen applied on the leaves and, at planting time plus leaf application, gave 48 and 93% greater yield, respectively, than the control treatment. Mo (40g/ha) leaf application, gave higher plants and 91% greater yield as compared to control.

Weight and nodule number was not different in the rhizobia inoculation treatment, as compared to control treatment in greenhouse experiment. Low weight and nod number was found when N was applied, confirming the antagonist macronutrient effect on nodulation process. Molybdenum soil applied at 18 DAE, (1g/pot) did not affect nodule number and weight. The nitrogen treatments increased Ca content in the leaves, stem and roots. On the other side, Mo applied on soil increased nitrogen content only in the stem and leaves.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de fixação biológica de nitrogênio atmosférico através da associação simbiótica entre leguminosas e bactérias formadoras de nódulos radiculares é conhecido há bastante tempo e, no caso de algumas espécies cultivadas, como a soja (*Glycine max* L. Merrill), por exemplo, a prática da inoculação de sementes com estirpes eficientes de rizóbio elimina o emprego de fertilizantes nitrogenados na cultura, representando, conseqüentemente, grande redução no custo de produção.

Uma série de limitações, entretanto, torna a associação feijoeiro x *Rhizobium* bem menos eficiente, sendo difícil prever o êxito da inoculação de sementes de feijão. Por esta razão, o emprego do *Rhizobium* ainda não é uma prática incorporada definitivamente nas recomendações para a cultura.

Devido à grande absorção e extração de nitrogênio pelo feijoeiro, a adubação nitrogenada é largamente empregada na cultura, sendo recomendada tanto na semeadura quanto em cobertura. Todavia, também apresenta baixa eficiência, devido às perdas do nitrogênio através de vários processos, como lixiviação e volatilização.

Dentre as inúmeras possibilidades de se tentar aumentar a eficiência tanto da fixação simbiótica, como da adubação nitrogenada, as frequentes respostas da cultura do feijão à aplicação de molibdênio (Mo) por via foliar parecem indicar um

caminho que deve ser explorado. Tal expectativa se justifica devido ao envolvimento daquele micronutriente nos processos enzimáticos relacionados com a fixação de  $N_2$  (nitrogenase) e redução do  $NO_3^-$  (redutase do nitrato).

O objetivo do presente trabalho foi o de verificar o efeito da adubação molíbdica sobre a cultura do feijão na região de Lavras-MG e sua possível interação com a forma de fornecimento de nitrogênio: fertilizante nitrogenado ou inoculação com *Rhizobium*.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Nitrogênio

A atmosfera possui em torno de 80% de nitrogênio, na forma de  $N_2$ , sendo importante fonte desse nutriente (Malavolta, 1980). No solo, o nitrogênio encontra-se quase todo na forma orgânica, sendo uma reduzida fração encontrada na forma mineral de nitratos ( $NO_3^-$ ) e amônio ( $NH_4^+$ ) (Raij, 1991). A mineralização (amonificação e nitrificação), lixiviação, desnitrificação, imobilização e fixação biológica são os processos que definem a disponibilidade de nitrogênio em um solo. Em média, um hectare de solo possui, até a profundidade de 30 cm, entre 1.000 e 1.500 Kg de N total, sendo a fração mineral responsável por apenas 25 Kg (Malavolta, 1980).

Nos solos tropicais tem-se uma baixa eficiência dos fertilizantes nitrogenados, basicamente devida às grandes perdas que ocorrem por lixiviação ou desnitrificação (Gamboa, Parez e Blasco, 1971 e Osiname, van Gijn e Ulex, 1983). Franco (1977) mostra que a aplicação de nitrogênio mineral apresenta algumas desvantagens, mesmo em condições experimentais, proporcionando baixa frequência de resposta. O aproveitamento do nitrogênio usado no adubo é normalmente inferior a 50% podendo, em determinadas situações, em solos arenosos, atingir entre 5-10% (Duque et al., 1985).

O nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo feijoeiro, seguido pelo potássio, cálcio, enxofre, magnésio e fósforo (Galo e Miyasaka, 1961, Haag et al., 1967 e Cobra Neto, Accorsi e Malavolta, 1971).

O nitrogênio pode ser absorvido pelas plantas na forma de aminoácidos, uréia, amônio, nitrato e mesmo  $N_2$ , no caso das plantas que fixam N (Malavolta, 1976 e 1980); no entanto, devido à intensidade da nitrificação, a forma nítrica é preferencialmente absorvida pelas plantas. O nitrogênio absorvido, após ser reduzido na planta, é incorporado no esqueleto dos aminoácidos e das proteínas (Malavolta, 1967).

Alguns trabalhos procuraram determinar a absorção de nutrientes pelo feijoeiro, em função da idade da planta, utilizando as cultivares Chumbinho (Gallo e Miyasaka, 1961 e Haag et al., 1967), Roxinho (Cobra Neto, Accorsi e Malavolta, 1971) e Carioca (Almeida e Bulisani, 1980). Estes trabalhos mostram que a curva de absorção de nitrogênio é semelhante àquela que descreve a acumulação de matéria seca, ou seja, baixa absorção até os 20 dias após a emergência, seguida por um acréscimo até alcançar um ponto de máximo. Segundo Gallo e Miyasaka (1961), uma absorção máxima de nitrogênio (2,46 Kg/ha.dia) ocorreu entre 33 e 44 dias após a emergência. Haag et al. (1967), com a mesma cultivar (Chumbinho), concluiu que aos 50 dias (final do florescimento), o feijoeiro já havia absorvido todo o nitrogênio.

A adubação nitrogenada ainda é imprescindível ao cultivo do feijoeiro, razão pela qual o nitrogênio é recomendado nas fórmulas de adubação e inúmeros experimentos sobre doses, formas e épocas de aplicação de nitrogênio continuam sendo realizados (Oliveira e Thung, 1988).

Segundo Vieira (1983), o nitrogênio é um dos nutrientes aos quais o feijoeiro apresenta um maior número de respostas, ainda que não haja uma constância de resultados (Oliveira e Thung, 1988). Malavolta (1972), analisando 232 experimentos de adubação, verificou respostas ao nitrogênio em 29% deles. Villalobos (1980) mostrou que 33% dos 140 experimentos de adubação conduzidos no Estado de São Paulo apresentaram resposta positiva e significativa ao nitrogênio. Levando em consideração a complexa dinâmica do nitrogênio no solo, o que dificulta o emprego de critério que correlacione a resposta do feijoeiro ao teor do nutriente no solo, as recomendações de adubação nitrogenada são baseadas em curvas de respostas a doses crescentes de nitrogênio.

As tabelas de recomendação aconselham que parte do nitrogênio deve ser aplicado no sulco de plantio e parte em cobertura, no início do florescimento, antes, portanto, da fase de maior exigência (Parra, Hoepfner e Voss, 1978 e Comissão..., 1989). Este parcelamento, além de melhorar a assimilação pela planta, reduz as perdas, tornando mais racional o aproveitamento do fertilizante (Frizzone et al., 1985). Em Minas Gerais

recomenda-se 20 Kg de N/ha junto ao fósforo e potássio, na semeadura, e 30 a 40 Kg de N/ha em cobertura, entre 20 e 25 dias após a emergência dos feijoeiros (Comissão ..., 1989).

Diversos trabalhos que estudaram os efeitos de fontes de nitrogênio (Miyasaka, Freire e Mascarenhas, 1963, Mascarenhas et al., 1966, Parra, Hoepfner e Voss, 1978 e Cardoso, Fontes e Vieira, 1978) não verificaram diferenças no emprego de sulfato de amônio, uréia, nitrato de amônio, nitrato de sódio e nitrato de cálcio.

Por outro lado, a resposta diferencial de cultivares de feijão ao nitrogênio tem sido frequente, conforme mostraram os resultados de Pompeu e Igue (1968), Santa Cecília (1972), Parra, Hoepfner e Voss (1980), Guazzelli (1988), Silva (1988) e Amane (1994).

## **2.2 Fixação simbiótica de nitrogênio**

O feijão, mesmo sendo uma leguminosa, só recentemente tem despertado maior atenção dos melhoristas com respeito à sua capacidade em fixar nitrogênio. Segundo Araújo e Henson (1988), ainda há necessidade de mais estudos para se conhecer melhor a interação, obter estirpes de *Rhizobium* altamente eficientes e competitivas, e obter genótipos "fixadores" para maximizar a fixação de  $N_2$  e eliminar a necessidade de adubação nitrogenada para a cultura do feijão. Também para Denardin (1991), este aumento da eficiência da simbiose entre o *Rhizobium* e a planta

hospedeira, somente será obtido a partir do momento em que estirpes eficientes tornarem-se viáveis à inoculação.

Segundo Nutman (1967), as estirpes de *Rhizobium* apresentam grande variabilidade no que se refere à nodulação da planta hospedeira, o que, apesar de dar maior complexidade ao seu estudo, abre possibilidade para o trabalho de melhoramento.

Vargas et al. (1983), em trabalho realizado no Estado do Espírito Santo, encontraram expressiva nodulação natural, mesmo em lavouras de feijão onde haviam sido detectados sintomas de deficiência de nitrogênio. Este fato ilustra a baixa eficiência da população nativa já estabelecida no solo, a qual, segundo Weaver e Frederich (1971), Rongley et al. (1976), Grahans (1981), Moawad e Bohlool (1984) citados por Denardin (1991), representa a maior limitação para o êxito da inoculação com outras estirpes, oriundas de locais diferentes. Com estes autores concordam Mercante et al. ([19..]) para quem a falta de resposta do feijoeiro à inoculação é, muitas vezes, proveniente da presença de *Rhizobium* nativo no solo, que nodula o feijoeiro, mesmo em áreas onde a cultura está sendo instalada pela primeira vez. A fixação de  $N_2$  só inicia no momento em que a planta tem parte dos produtos da fotossíntese para esta atividade ou, por outro lado, até que tenha maior quantidade de carbono em relação ao nitrogênio da planta. Na cultura do feijão, somente a partir de 15-20 dias após a emergência, é que as plantas mostram sinais



de estarem sendo beneficiadas por esta simbiose (Mercante et al. [19..]).

A prática agrícola de inoculação do feijoeiro com seu *Rhizobium* correspondente, ainda é considerada de resultado incerto, tornando a adubação nitrogenada ainda imprescindível ao cultivo do feijoeiro. Por outro lado, vários estudos com *Rhizobium* procuraram melhor entender as limitações do processo. Lima (1981) estudou a eficiência da fixação simbiótica e observou que não houve relação do peso de nódulos com a atividade da nitrogenase, nem com o teor de nitrogênio da planta, observando ainda expressiva variação na eficiência nodular entre estirpes e entre cultivares.

Denardin (1991), trabalhando com seleção de estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, concluiu que diversas estirpes isoladas, purificadas e autenticadas apresentaram atividade da nitrogenase superior à testemunha, toleraram os fatores de acidez e apresentaram resistência a vários antibióticos. Das 151 estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* isoladas, 73% mostraram-se tolerantes ao pH 4,5 e 52% ao pH 4,5 acrescido de 100 uM de alumínio. Rennie (1984) e Duque et al. (1985) citam que resultados experimentais estimam a fixação de N<sub>2</sub>, em diversos sistemas no campo, entre 2,7 e 110 Kg de N/ha.ano, normalmente maior em cultivares de ciclo mais longo. As cultivares com ciclo entre 80 e 90 dias, quando em condições propícias e bem noduladas, tendem a apresentar taxas de fixação

acima de 40 Kg de N/ha. De acordo com trabalhos realizados no Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1976), cultivares de ciclo curto realmente fixam menos  $N_2$  que as de ciclo longo.

A elevada susceptibilidade da planta ao ataque de doenças e pragas e aos diferentes estresses ambientais, além do ciclo curto da cultura, fazem com que haja uma grande variação de resposta à inoculação do feijoeiro.

Franco, Pereira e Neyra (1979), trabalhando com a cultivar Rico 23, concluíram que a maior contribuição da simbiose foi até a floração. Por outro lado, a assimilação do nitrogênio do solo foi maior no período de formação de vagens e enchimento dos grãos. Portanto, conclui-se que a inoculação daria maior contribuição durante o crescimento vegetativo das plantas, podendo-se, caso haja necessidade, fazer uma adubação nitrogenada na floração a título de complementação. Aliás, esta parece ser hoje a tendência das recomendações.

Segundo Mercante et al. ([19..]), a fixação de  $N_2$  em feijoeiro tem defrontado com a difícil instabilidade genética da maioria das estirpes de *Rhizobium* disponíveis, que é agravada, principalmente, pelo efeito das altas temperaturas nos solos tropicais. Trabalhos recentes identificaram nova espécie de *Rhizobium*, *Rhizobium tropici*, geneticamente mais estável, e que resiste melhor às condições de estresse proveniente de altas

temperaturas do solo (Mercante e Franco, 1991; Martinez-Romero et al., 1991).

Outros fatores do solo poderiam, também, restringir o processo de fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro, salientando-se a deficiência de molibdênio e a alta disponibilidade de nitrogênio em certos solos orgânicos (Mercante e Franco, 1991).

### **2.3 Molibdênio**


De acordo com Dechen, Haag e Carmello (1991), as funções do molibdênio nos processos fisiológicos foram inicialmente estabelecidas por Batels (1930), que mostrou ser este nutriente indispensável para *Azotobacter* na fixação do  $N_2$  atmosférico. Arnon e Stout (1939), citados por Malavolta (1980), por sua vez, demonstraram que o molibdênio era também indispensável para o crescimento de plantas superiores, empregando tomate cultivado em solução nutritiva.

O molibdênio é o menos abundante dos micronutrientes no solo e o menos exigido pelas culturas. Apresenta-se no solo na forma de minerais primários e secundários, adsorvidos a óxidos hidratados de ferro e alumínio, na matéria orgânica e solúvel em água (Malavolta, 1980). Nos solos brasileiros o teor total de molibdênio varia entre 0,5 e 5 ppm e o disponível vai de 0,10 - 0,25 ppm (Malavolta, 1980). Teores abaixo de 0,15 ppm são considerados críticos para as plantas (Oliveira e Thung, 1988).

Lopes e Carvalho (1988) determinaram a faixa de 0,1 a 0,2 ppm de molibdênio como a faixa crítica para este nutriente no solo. A medida que se eleva o pH do meio, aumenta a disponibilidade do molibdênio, razão pela qual, a calagem pode, muitas vezes, corrigir uma deficiência do nutriente (Malavolta, 1980).

A principal função do molibdênio nas plantas está relacionada com o metabolismo do nitrogênio. Esta função está ligada à ativação enzimática, principalmente com as enzimas nitrogenase e redutase do nitrato. A nitrogenase catalisa a redução do  $N_2$  atmosférico a  $NH_3$ , reação pela qual o *Rhizobium* dos nódulos radiculares supre de nitrogênio a planta hospedeira. Por esta razão, leguminosas deficientes em molibdênio normalmente apresentam sintomas de deficiência de nitrogênio. O molibdênio também é necessário para as plantas quando o nitrogênio é absorvido na forma de  $NO_3^-$ , porque é constituinte da enzima redutase do nitrato. Esta enzima catalisa a redução biológica do  $NO_3^-$  a  $NO_2^-$ , que é o primeiro passo para a incorporação do nitrogênio, como  $NH_2$ , em proteínas (Dechen, Haag e Carmello, 1991).

Algumas plantas têm o sistema simbiótico de fixação de nitrogênio altamente eficiente, como a soja e o caupi, e por isso necessitam de mais molibdênio para a atividade da nitrogenase. No caso do feijão, cujo sistema de fixação é relativamente de baixa eficiência, a necessidade do nutriente



está mais relacionada com a atividade da redutase do nitrato (Santos, 1991).

A função do molibdênio nos sistemas enzimáticos de fixação do nitrogênio sugere que as plantas dependentes de simbiose, quando sujeitas à deficiência desse nutriente, ficam carentes de nitrogênio. Os fatores que mais afetam a disponibilidade do molibdênio no solo, bem como sua absorção pelas plantas, são o pH, os teores de argila e de óxido de ferro e de alumínio, a matéria orgânica e a adubação com fósforo e enxofre. Nas leguminosas como feijão, soja e ervilhas, essa resposta é também influenciada pelo teor do elemento contido na semente. O uso de sementes produzidas em solos ricos em molibdênio constitui uma forma de garantir níveis satisfatórios do nutriente para uma cultura (Santos, 1991).

Melhor desenvolvimento da planta, maior número de vagens, maior teor de nitrogênio nas folhas e melhor produção de grãos são geralmente verificados com a aplicação de molibdênio (Oliveira e Thung, 1988). Barbosa Filho et al. (1979), por exemplo, observaram que o molibdênio aumentou a percentagem de nitrogênio e de fósforo nas folhas do feijoeiro, e também a concentração de potássio nos talos e nas vagens, quando aplicado na ausência de fósforo.

Berger, Vieira e Araújo (1993), estudando a adubação molíbdica via foliar na cultura do feijão, em dois locais (Viçosa e Coimbra-MG), verificaram efeito significativo de doses de Mo e

de cultivares sobre a produção e sobre o teor de nitrogênio nas folhas, mas a interação entre eles não foi significativa. As melhores doses foram 90 g e 78 g de Mo/ha, respectivamente, em Viçosa e Coimbra. Berger et al. (1993), estudando épocas de aplicação, nas mesmas localidades, verificaram em Viçosa uma resposta cúbica às diferentes épocas de aplicação do Mo, enquanto em Coimbra os resultados mostraram uma resposta quadrática. As produções máximas em Viçosa e Coimbra representaram aumentos de 17 e 139%, respectivamente, em relação à testemunha. As melhores épocas foram 19 e 24 dias após a emergência, respectivamente, em Viçosa e Coimbra.

Andrade et al. (1993), estudando os efeitos da adubação nitrogenada em cobertura e da aplicação foliar de molibdênio na cultura do feijão, na região de Lavras-MG, verificaram que no período das águas, em solo com pH=4,7, houve significância da interação Mo x N em cobertura sobre o rendimento de grãos, sendo que a adubação isolada de cada um dos nutrientes promoveu aumentos de 30-40% na produção. No outono-inverno, empregaram um solo com maior pH e constatou-se apenas efeito significativo da adubação nitrogenada em cobertura.

Amane (1994), estudando resposta de cultivares de feijão às adubações nitrogenada e molíbdica em aplicação foliar, concluiu que houve aumentos significativos no teor de nitrogênio nas folhas, na produção de grãos e no peso de 100 sementes. De um

modo geral, as cultivares de feijão responderam de maneira semelhante às adubações.

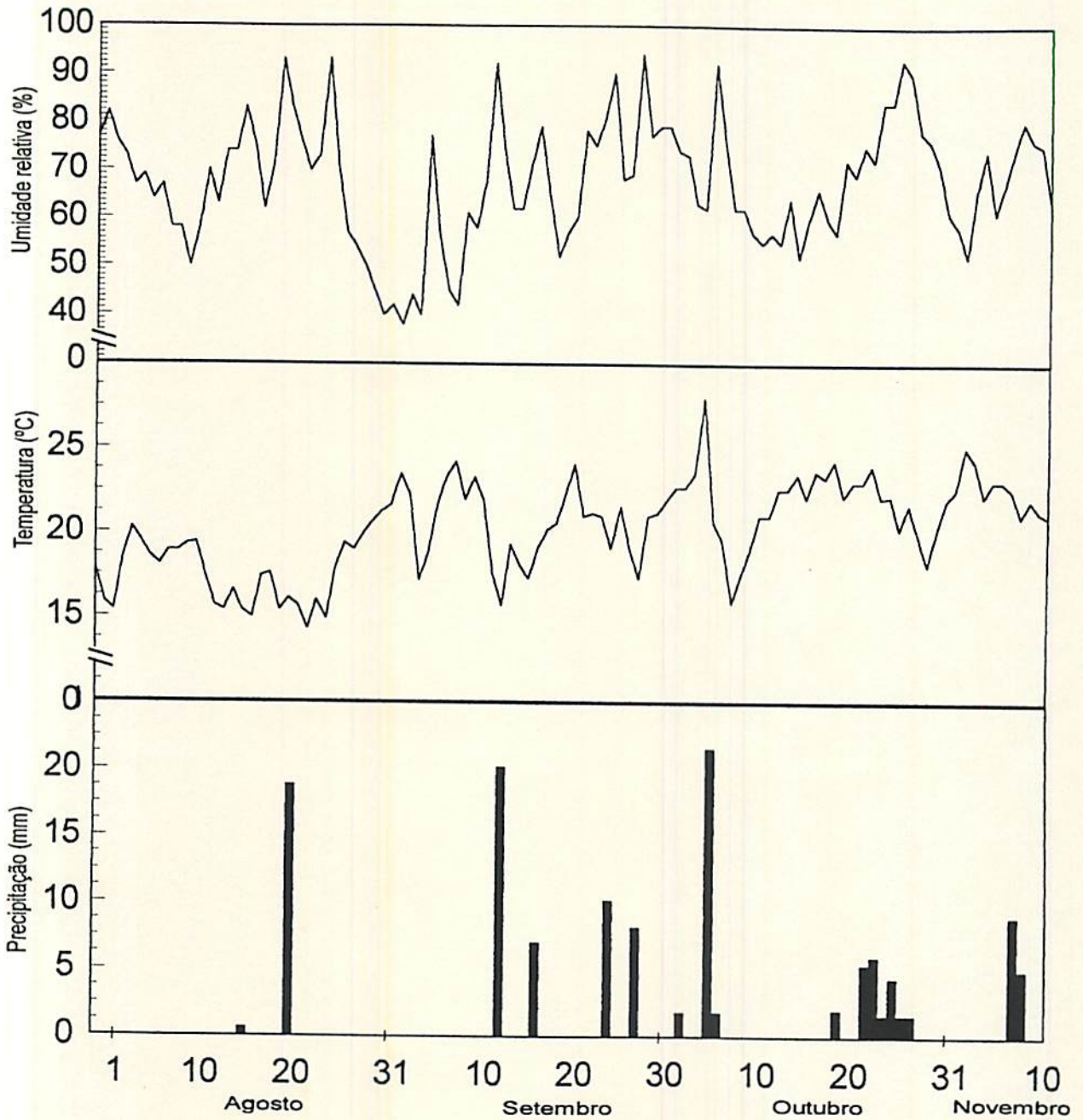
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos, um a campo e outro em casa-de-vegetação, na Universidade Federal de Lavras - UFLA, com o emprego de um Latossolo Roxo distrófico (Freire, 1979) da área experimental do Departamento de Agricultura. Lavras está situada na Região Sul de Minas Gerais, a 21°14' de latitude sul e 45°00' de longitude oeste, numa altitude média de 910 m acima do nível do mar (FAO, 1985). As médias anuais de temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar são, respectivamente, 19°C, 1490 mm (Vilela e Ramalho, 1979) e 77% (BRASIL, 1969; FAO, 1985). Nas Figuras 1 e 2 estão resumidas as principais ocorrências climáticas durante a condução dos experimentos.

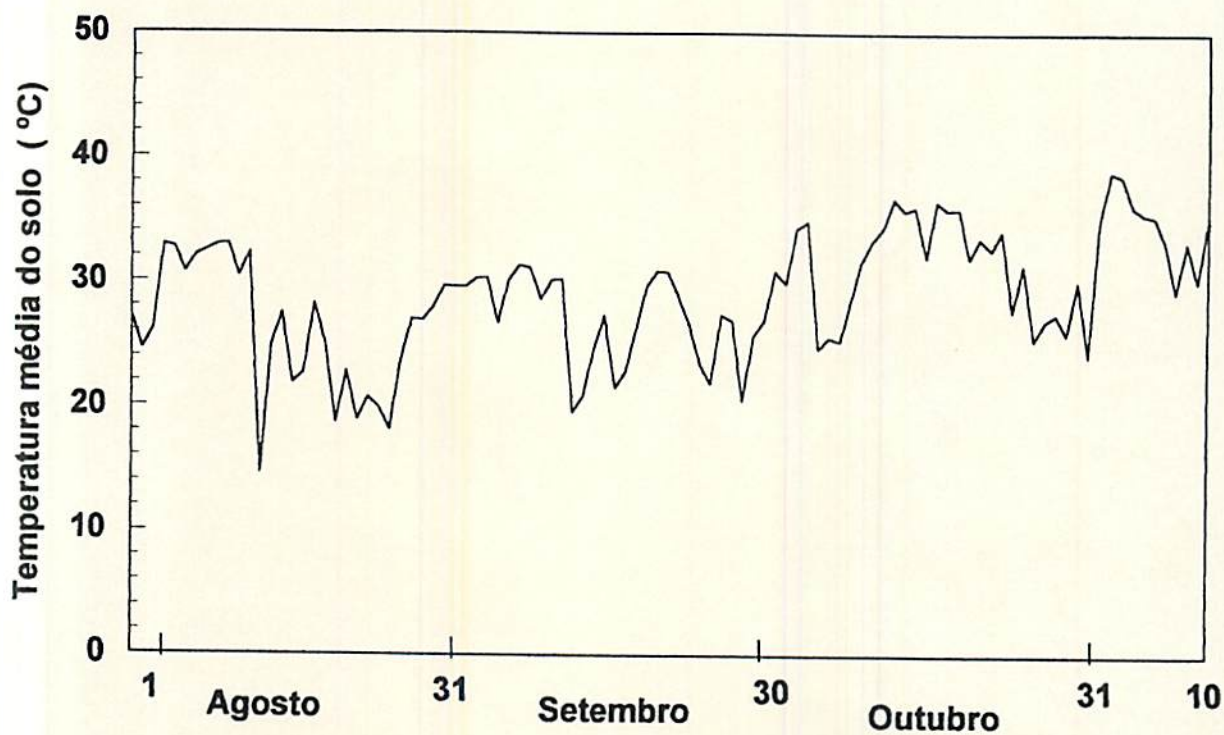
Em ambos os experimentos a cultivar de feijão empregada foi a Carioca-MG, oriunda do programa de melhoramento do feijoeiro da UFLA. Esta cultivar apresenta tipo de grão "carioca" (bege com estrias marrons), crescimento indeterminado e porte ereto (Andrade, Abreu e Ramalho, 1992), o que determina, segundo CIAT (1978), um hábito de crescimento do tipo II.

O inoculante utilizado nos experimentos foi preparado pelo Centro Nacional de Pesquisa de Biologia do Solo - CNPBS da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA em Itaguaí





**Figura 1.** Variação diária da umidade relativa do ar(%), da temperatura média(°C) e da precipitação pluvial(mm) durante a condução dos experimentos. UFLA, Lavras - MG, 1993.



**Figura 2.** Variação diária da temperatura do solo (°C) durante a condução dos experimentos (média das profundidades de 2, 5 e 10 cm). UFLA, Lavras - MG, 1993.

- RJ, com o emprego do *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* da estirpe CIAT 899 e turfa esterilizada como veículo. Após o seu recebimento, o inoculante foi conservado em geladeira até o momento da inoculação, que foi realizada à sombra, misturando-se as sementes ao inoculante umidecido, para melhorar a sua aderência. Antes do seu emprego, o inoculante foi submetido a uma contagem de células viáveis, contendo cerca de  $10^6$  células de *Rhizobium* por grama de inoculante (Voss, 1989). O inoculante foi empregado numa densidade de aproximadamente 1000 células/semente. Em ambos os experimentos (campo e casa-de-vegetação) a primeira irrigação foi realizada imediatamente após a semeadura, visando, com este procedimento, um menor estresse da bactéria.

### 3.1 Experimento de campo

A semeadura foi realizada em 30/07/93 e o delineamento experimental foi o de blocos casualizados, segundo o esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas foram estudados quatro tipos de fornecimento de nitrogênio (1- Testemunha sem nitrogênio, 2- Inoculação com *Rhizobium*, 3- Inoculação + nitrogênio em cobertura e 4- Nitrogênio na semeadura + nitrogênio em cobertura). Nas subparcelas estudaram-se duas doses de Mo (0 e 40g de Mo/ha) aplicadas via foliar.

As principais características químicas do solo utilizado são apresentadas na Tabela 1. Todas as parcelas receberam, por

TABELA 1. Características químicas de amostras (0-20 cm de profundidade) dos solos utilizados nos experimentos. UFLA, Lavras-MG, 1993.<sup>1/</sup>

Características	Valores	
	Exp. Campo	Exp. Casa Vegetação
pH EM ÁGUA	5,1 AcM	5,1 AcM
P (ppm)	3 B	25 A
K (ppm)	67 A	101 A
Ca (meq/100 cc)	7,0 A	2,9 M
Mg ( " )	1,8 M	0,6 M
Al ( " )	0,1 B	0,1 B
H + Al ( " )	4,5 M	5,0 M
S ( " )	9,0 A	3,8 M
t ( " )	9,1 A	3,9 M
T ( " )	13,5 A	8,8 M
m (%)	1 B	3 B
V (%)	67 M	43 B
C (%)	-	2,1 A
MATÉRIA ORGÂNICA (%)	-	3,5 A

<sup>1/</sup> / Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciências do Solo da UFLA, Lavras-MG e interpretação de acordo com a COMISSÃO ... (1989). A = nível alto, M = médio, B = baixo e AcM = acidez média

ocasião da sementeira, o equivalente a 90 Kg de  $P_2O_5$  (fonte superfosfato simples), 60 Kg de  $K_2O$  (fonte cloreto de potássio) e 15 Kg p.c. do inseticida sistêmico forate por hectare. Nas parcelas que receberam nitrogênio na sementeira, empregou-se o equivalente a 20 Kg de N/ha, na forma de sulfato de amônio.

A adubação nitrogenada em cobertura, quando utilizada, foi realizada de forma convencional, em filete contínuo ao lado das plântulas, aos 15 dias após a emergência (DAE), na base de 30 Kg N/ha (fonte uréia).

Aos 17 DAE foi realizada a aplicação foliar de Mo, empregando-se o espalhante adesivo Agral (0,05% v/v) e a fonte molibdato de sódio. A aplicação foi feita com o uso de pulverizador manual com tanque de polietileno com capacidade de 1,5 l, bomba de pistão que fornece 20 lb/polegada quadrada de pressão e haste com bico tipo cone. Trabalhou-se a uma altura constante de 0,5m acima da superfície do solo e o volume de calda aplicado foi o equivalente a 500 l/ha. A aplicação foi feita na ausência de vento, para evitar deriva.

O espaçamento entre linhas do feijão foi de 0,5m e a densidade de sementeira, 15 sementes por metro.

Cada parcela constituiu-se de oito linhas de 5m de comprimento, totalizando  $20m^2$  (5x4m). As subparcelas continham, portanto,  $10m^2$  de área total (5x2m) e  $5m^2$  de área útil, já que foram colhidas apenas as duas linhas centrais.

A colheita foi realizada em 05/11/93, quando 2/3 das vagens já se encontravam maduras. Foram avaliadas as seguintes características:

- a) Estande Final - obtido por ocasião do arranquio dos feijoeiros, pela contagem do número de plantas existentes na área útil da parcela;
- b) Número de Vagens por Planta - determinado através da contagem e obtenção da média em uma amostra de dez plantas tomadas ao acaso dentro da área útil;
- c) Número de Grãos por Vagem - número total de grãos obtidos em cada amostra do item anterior, dividido pelo número total de vagens correspondente;
- d) Peso Médio de Cem Grãos - média aritmética de três pesagens de cem grãos tomadas ao acaso em cada amostra citada anteriormente;
- e) Altura de Planta - média aritmética das alturas das dez plantas amostradas anteriormente, considerando-se neste caso a distância compreendida entre o colo da planta e a extremidade da haste principal;
- f) Índice de Colheita - obtido pela relação  $IC = \frac{PG}{PG+PP}$ , em que:
- IC = índice de colheita, PG = peso dos grãos e PP = peso da palha, este último constituído pelo peso das hastes, ramos, folhas remanescentes, raízes residuais e vagens debulhadas;
- g) Rendimento de Grãos - relação entre o peso de grãos (inclusive os da amostra de dez plantas) e a área útil da parcela, expresso em Kg/ha.

### 3.2 Experimento em casa-de-vegetação

A semeadura foi realizada em 19/08/93 e o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2, com quatro repetições. Os tratamentos foram obtidos pelas combinações dos mesmos tratamentos utilizados no ensaio de campo (item 3.1.), à exceção das doses de Mo, que no presente ensaio foram equivalentes a 0 e 1,00 mg de molibdato de amônio por vaso, aplicadas ao solo através de solução aquosa.

As características químicas de amostra do solo empregado neste ensaio, coletado a uma profundidade de 0 a 20cm, foram apresentadas na Tabela 1. Após aração e gradagem, realizou-se a coleta do solo na profundidade indicada, até a obtenção de aproximadamente 250 Kg de solo, que após peneirado, foi transportado para os vasos.

Cada vaso continha 5,4 Kg de terra e a adubação realizada por ocasião da semeadura constou da adição, em todas as parcelas, de superfosfato simples e cloreto de potássio em quantidades correspondentes a  $100 \text{ mg P/dm}^3$  e  $125 \text{ mg K/dm}^3$ , o que seria equivalente, segundo Malavolta e Muraoka (1985), a cinco vezes a recomendação de campo. Nas parcelas que receberam o nitrogênio na semeadura, foi adotado o mesmo procedimento, ou seja, o acréscimo de 100 mg de N/Kg de solo, na forma de sulfato de amônio. Para complementação da adubação inicial, foram ainda adicionados, em cada vaso, via solução

aquosa, 0,90 g de sulfato de magnésio, 0,015 g de ácido bórico, 0,062 g de sulfato de cobre e 0,135 g de sulfato de zinco (Malavolta, 1980).

Foram semeadas cinco sementes por vaso e, após o desbaste, foram deixadas duas plântulas, as quais foram conduzidas até o início da formação de vagens (início da etapa R<sub>7</sub>, de acordo com Fernández, Gepts e Lopez, 1986). Cada vaso com duas plantas constituiu uma parcela experimental.

A adubação em cobertura foi realizada aos 18 DAE empregando-se sulfato de amônio, via solução aquosa, em quantidade equivalente a 150 mg N/dm<sup>3</sup> (Malavolta e Muraoka, 1985).

No presente ensaio, conforme já mencionado, a aplicação do Mo não foi foliar, mas constou da adição de 1,00 mg de molibdato de amônio por vaso, empregando-se para isto uma solução aquosa. Esta aplicação foi realizada aos 19 DAE.

A colheita (ou corte das plantas) foi realizada em 18/10/93. Após o corte das plantas, a parte aérea foi dividida em hastes, folhas e flores + vagens, lavada com água corrente e deionizada e levada para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 70°C até peso constante. O sistema radicular foi submetido a lavagem em água corrente sobre peneiras, separando-se raízes para secagem em estufa e os nódulos para contagem, pesagem e secagem. Desta forma, foram obtidos os pesos de matéria seca de



parte aérea (folhas, hastes e flores + vagens) e de raízes, bem como número, peso fresco e peso seco de nódulos radiculares.

A matéria seca obtida foi submetida a moagem e enviada ao laboratório do Departamento de Química para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn e Zn. Os teores de nutrientes na matéria seca do feijoeiro foram obtidos utilizando-se as seguintes metodologias (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989): o nitrogênio através do método Kjeldhal, sendo os outros (fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, manganês e zinco) através de digestão nitroperclórica, seguida de determinação no extrato. O fósforo foi determinado por colorimetria, o potássio por fotometria de chama, o enxofre por turbimetria, o boro por colorimetria de curcumina, e o cálcio, magnésio, cobre, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica.

### **3.3 Análise Estatística**

Os dados obtidos foram primeiramente submetidos a análise de variância. No caso das características número, peso da matéria fresca e peso da matéria seca de nódulos, avaliadas no ensaio em casa-de-vegetação, os dados foram previamente transformados em  $\sqrt{X+1}$ . Para aquelas características em que o teste F mostrou-se significativo, foi aplicado o teste de Tukey (Gomes, 1987) para comparação das médias.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimento de Campo

Um resumo da análise de variância é apresentado na Tabela 2. Inicialmente deve ser verificado que, a julgar pelos valores do coeficiente de variação (CV%), foi boa a precisão experimental obtida. Além disso, os valores encontrados para esse coeficiente foram semelhantes aos que normalmente vem sendo obtidos em experimentos com a cultura do feijão na região (Abreu et al., 1994).

Pelo teste F, nota-se que houve efeito significativo da fonte de variação Nitrogênio ( $P \leq 0,01$ ) sobre o número de vagens por planta, peso médio de cem grãos, rendimento de grãos, altura de planta e índice de colheita. O Molibdênio, por sua vez, afetou significativamente ( $P \leq 0,01$ ) o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem, o rendimento de grãos e a altura de plantas. Já a interação nitrogênio x molibdênio apenas influenciou, de maneira significativa, o peso de cem grãos ( $P \leq 0,05$ ) e o índice de colheita ( $P \leq 0,01$ ). Deve ser ainda mencionado que o estande final foi a única característica que não se mostrou influenciada por nenhuma das fontes de variação (Tabela 2).

TABELA 2. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao ensaio de campo.  
 UFLA, Lavras - MG, 1993.

FV	GL	Quadrados Médios						
		Nº de vagens por planta	Nº de grãos por vagem	Peso de 100 grãos	Rendimento	Altura de planta	Índice de colheita	Estande final
Blocos	3	1,1775	0,2979	0,8121	14.109,83	5,6858	0,0022	45,0833
Nitrogênio (N)	3	24,0700**	0,0545	8,8637**	1.921.447,50**	613,0625**	0,0014**	72,7500
Erro (a)	24	1,7969	0,0601	1,2057	47.599,50	18,8400	0,0001	105,2777
Molibdênio (Mo)	1	55,1250**	0,6612**	3,9200	8.056.098,00**	586,5313**	0,0005	84,5000
N x Mo	3	1,8233	0,0545	4,9758*	25.062,33	32,5070	0,0034**	6,0833
Erro (b)	12	1,8371	0,0545	1,0077	17.900,91	16,0248	0,0003	25,1875
C.V. (a)%		13,86	3,30	3,38	9,63	8,94	1,34	5,63
C.V. (b)%		19,82	4,44	4,37	8,35	11,67	3,23	3,90

\* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios das características que não foram afetadas significativamente pela interação dos fatores estudados. Com relação à forma de fornecimento de nitrogênio, deve ser observado que tanto a altura de plantas como o número de vagens por planta seguiu o mesmo comportamento do rendimento de grãos, o que parece indicar uma boa correlação entre estas características. Deve ser lembrado que maior altura de plantas significa maior número de nós, que por sua vez implica em maior número de vagens, que vai, finalmente, traduzir-se em maior produtividade.

O maior rendimento médio de grãos (2.241 Kg/ha) foi obtido com a adubação nitrogenada na semeadura complementada pela cobertura (Tabela 3). Em segundo lugar ficou a inoculação com *Rhizobium* também complementada com a cobertura nitrogenada (1.723 Kg/ha).

A produtividade alcançada com o emprego apenas da inoculação (1.282 Kg/ha) não diferiu do rendimento da testemunha (1.160 Kg/ha). Os resultados obtidos sugerem que a inoculação realizada não chegou a contribuir para acréscimo de produtividade, o que não pode ser dito em relação à adição de nitrogênio, porque neste caso o rendimento foi proporcional às quantidades de N mineral fornecidas ao feijão (30 Kg N no tratamento *Rhizobium* + cobertura e 50 Kg N no tratamento mais completo).

Em média, o tratamento nitrogênio na semeadura + cobertura proporcionou um aumento significativo de produtividade da ordem de 93% em relação à testemunha. A inoculação + cobertura, por sua vez, também proporcionou aumento significativo de produtividade (48,5%), quando comparado à testemunha (Tabela 3).

TABELA 3. Valores médios do número de vagens/planta, número de grãos/vagem, rendimento de grãos, altura de plantas e estande final de plantas de feijão, cv. Carioca-MG, em função de adubação nitrogenada e molibdênio foliar UFLA, Lavras-MG, 1993. 1/

Tratamento	Nº de vagens por planta	Nº de grãos por vagem	Rendimento (Kg/ha)	Altura de planta (cm)	Estande final (5m <sup>2</sup> )
N semeadura + N cob	9,09 a	5,37	2241 a	44,97 a	130,75
Inoculação + N cob	7,31 ab	5,20	1723 b	37,89 b	126,62
Inoculação	5,59 b	5,20	1282 c	28,21 c	125,75
Testemunha	5,36 b	5,25	1160 c	26,17 c	131,87
40 g Mo/ha	8,15 a	5,40 a	2103 a	38,59 a	130,37
0 g Mo/ha	5,25 b	5,11 b	1100 b	30,03 b	127,12
Média	6,84	5,25	1602	34,31	128,75

1/ Dentro de cada fator, as médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem significativamente pelo teste Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

Já a inoculação, isoladamente, não proporcionou aumento significativo de produtividade (Tabela 3), provavelmente devido à

nodulação pela população nativa de *Rhizobium* ineficiente no solo utilizado no experimento.

O maior número de vagens por planta (9,09), assim como a maior altura de planta (44,97 cm), foram resultantes da utilização de nitrogênio na semeadura + cobertura. Em segundo lugar ficou a inoculação + cobertura, tanto para número de vagens por planta, quanto para altura de plantas. Quando se empregou apenas a inoculação, o número de vagens por planta e a altura de plantas não diferiram significativamente da testemunha (Tabela 3).

Em média, a adição de molibdênio foliar propiciou aumentos significativos em todas as características, com exceção do estande final, cujas médias não diferiram estatisticamente (Tabela 3).

Quando se adicionou molibdênio foliar, houve resposta significativa na produtividade de grãos, representando um aumento médio da ordem de 91% (Tabela 3).

A adição foliar de molibdênio também aumentou significativamente o número de vagens por planta, a altura de planta e número de grãos por vagem, respectivamente, em 55%, 28% e 6%, em média. O estande final foi a única característica avaliada que não apresentou resposta significativa à adição de molibdênio foliar. O desdobramento da interação nitrogênio x molibdênio mostrou que houve efeito significativo do molibdênio

sobre o peso de cem grãos apenas quando se utilizou nitrogênio na semeadura + cobertura (Tabela 4). Por outro lado, quando se aplicou o molibdênio, as formas de adição de nitrogênio não diferiram estatisticamente da testemunha. Na ausência de molibdênio foliar, entretanto, as adubações com nitrogênio na semeadura + cobertura ou inoculação + cobertura, foram as que proporcionaram menor peso de cem grãos (Tabela 4).

TABELA 4. Efeitos da adubação nitrogenada e da aplicação foliar de Mo sobre o peso de 100 grãos da cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993.1/

Molibdênio (g/ha)	Nitrogênio				Média
	N semeadura + N cob	Inoculação + N cob	Inoculação	Testemunha	
40	23,20 a A	22,77 a A	23,65 a A	23,55 a A	23,29
0	20,32 b B	21,92 a AB	24,05 a A	24,07 a A	22,59
Média	21,76 B	22,35 AB	23,85 A	23,81 A	22,94

1/ Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula e em cada linha, médias seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem significativamente pelo teste Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Provavelmente, o nitrogênio em cobertura, ao promover um maior número de vagens por planta (Tabela 3), tenha resultado em grãos de menor peso na ausência do micronutriente que, quando presente, elevou aquelas características.

Ao se analisar o desdobramento da interação nitrogênio x molibdênio em relação à característica índice de colheita, verificou-se efeito positivo da aplicação de molibdênio apenas nos tratamentos que receberam cobertura nitrogenada (Tabela 5). Quando se aplicou o molibdênio foliar, os tratamentos com adição de N não diferiram entre si. Na ausência do micronutriente,

TABELA 5. Efeitos da adubação nitrogenada e da aplicação foliar de Mo sobre o índice de colheita da cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras- MG, 1993.1/

Molibdênio (g/ha)	Nitrogênio				Média
	N sementeira + N cob	Inoculação + N cob	Inoculação	Testemunha	
40	0,57 a A	0,57 a A	0,58 a A	0,55 b A	0,56
0	0,54 b BC	0,53 b C	0,57 a AB	0,60 a A	0,56
Média	0,56 B	0,55 B	0,57 A	0,58 A	0,56

1/ Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula, e em cada linha médias seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem significativamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

entretanto, a testemunha apresentou o maior índice de colheita observado, enquanto nos tratamentos que receberam cobertura aquele índice foi reduzido, provavelmente devido a um melhor desenvolvimento vegetativo da planta.



## 4.2 Experimento em casa-de-vegetação

### 4.2.1 Produção de matéria seca

Um resumo da análise de variância dos dados referentes ao acúmulo de matéria seca pela parte aérea e raízes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, é apresentado na Tabela 6. Inicialmente deve ser verificado que, a julgar pelos valores do coeficiente de variação (CV%), foi boa a precisão experimental obtida, com excessão da característica peso de flores + vagens, o que certamente está relacionado ao fato de que nem todas as plantas apresentavam flores e/ou vagens por ocasião da colheita.

Pelo teste F, verifica-se que houve efeito significativo da fonte de variação Nitrogênio ( $P \leq 0,01$ ) sobre todas as características avaliadas, enquanto a interação nitrogênio x molibdênio apenas influenciou de maneira significativa o peso de flores + vagens ( $P \leq 0,05$ ). Deve ser ainda mencionado que a fonte de variação Molibdênio não influenciou nenhuma das características estudadas (Tabela 6).

Na Tabela 7 são apresentados os valores médios das características que não foram afetadas significativamente pela interação dos fatores estudados. Com relação à forma de fornecimento de nitrogênio, deve ser observado que a matéria seca de hastes, folhas, total da parte aérea e de raízes foi maior quando o nutriente foi fornecido na semeadura + cobertura, provavelmente em função da maior quantidade de nitrogênio

recebida, em comparação com os demais tratamentos, que por sua vez, diferiram menos da testemunha quanto às características mencionadas (Tabela 7).

A adição de molibdênio através de solução aquosa via solo não influenciou significativamente aquelas características (Tabela 7), o que, de certa forma, contraria os resultados obtidos no ensaio de campo, onde o Mo (ali empregado via foliar) afetou significativamente a altura de plantas e, conseqüentemente, a produção de matéria seca. Várias hipóteses podem ser levantadas para o ocorrido, pois a falta de resposta em vasos pode estar relacionada com uma dosagem insuficiente para este tipo de uso ou com uma possível adsorção total (ou parcial) do Mo aplicado ao solo, ou com ambos os fatores.

O efeito da interação N x Mo sobre a produção de matéria seca de flores + vagens pode ser observado na Tabela 8, onde fica claro que o fator mais importante na determinação da

TABELA 6. Resumo da análise de variância dos dados relativos ao acúmulo de matéria seca pelo feijoeiro, cv. Carioca- MG. UFLA, Lavras-MG, 1993.

FV	GL	Quadrados Médios				
		Hastes	Folhas	Flores + vagens	P. aérea total	Raízes
Nitrogênio (N)	3	11,8536**	14,6642**	2,0366**	75,3560**	0,8078**
Molibdênio (Mo)	1	1,5435	1,9213	0,0138	7,5409	0,1112
N x Mo	3	0,6499	1,3586	0,3924*	4,8075	0,2988
Erro	24	0,5526	0,6136	0,1090	2,2102	0,1577
C.V. (%)		27,21	19,98	53,25	20,44	27,24

\* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

significância foi o nitrogênio: tanto na presença quanto na ausência de Mo, o tratamento que apresentou maior peso seco de flores + vagens foi o que recebeu N na semeadura + cobertura; o tratamento só inoculado foi o que apresentou o menor valor para esta característica (Tabela 8). Esses resultados parecem indicar que o N, além de proporcionar maior desenvolvimento vegetativo (Tabela 7), foi também responsável por uma maior produção de órgãos reprodutivos. Este aspecto, entretanto, deve ser examinado com cautela, considerando a baixa precisão experimental com que a característica matéria seca de flores + vagens foi determinada.

TABELA 7. Valores médios de matéria seca (g/vaso) de hastes, folhas, parte aérea total e das raízes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função de adubações nitrogenada e molíbdica. UFLA, Lavras-MG, 1993.<sup>1/</sup>

Tratamento	Hastes	Folhas	P. aérea total	Raízes
N semeadura + N cob	4,32 a	5,63 a	11,27 a	1,85 a
Inoculação + N cob	2,99 b	4,33 ab	7,97 b	1,48 ab
Inoculação	1,56 c	2,59 c	4,28 c	1,07 b
Testemunha	2,04 bc	3,13 bc	5,57 bc	1,42 ab
40 g Mo/ha	2,95	4,17	7,76	1,52
0 g Mo/ha	2,51	3,68	6,79	1,40
Média	2,73	3,92	7,27	1,46

<sup>1/</sup> Dentro de cada fator, as médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem significativamente pelo teste Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

#### 4.2.2 Nodulação

O resumo da análise de variância dos dados relativos ao número e peso de nódulos é apresentado na Tabela 9, onde se verifica que houve efeito significativo das formas de aplicação do N. O molibdênio aplicado ao solo e a interação N x Mo não afetaram as características empregadas para avaliação da nodulação (Tabela 9). Deve ser mencionado ainda que os dados dessas características não se ajustaram à distribuição normal,

TABELA 8. Efeitos da adubação nitrogenada e da aplicação de Mo sobre a matéria seca de flores + vagens do feijoeiro, cv. Carioca- MG. UFLA, Lavras-MG, 1993.<sup>1/</sup>

Molibdênio (g/ha)	Nitrogênio				Média
	N semeadura + N cob	Inoculação + N cob	Inoculação	Testemunha	
40	1,02 a A	0,78 a AB	0,16 a B	0,60 a AB	0,64
0	1,60 a A	0,50 a B	0,10 a B	0,19 a B	0,60
Média	1,31	0,64	0,13	0,39	0,62

<sup>1/</sup> Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula e em cada linha, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente pelo teste Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

razão pela qual foram previamente submetidos à transformação em  $\sqrt{X+1}$ . Observa-se ainda (Tabela 9) que, mesmo após transformação, os valores do coeficiente de variação (C.V.) foram elevados, mas próximos dos valores normalmente encontrados na literatura para aquelas características.

Os valores médios dessas características encontram-se na Tabela 10. Verifica-se que o maior número de nódulos foi alcançado pelo tratamento com inoculação, embora seguido de perto pela testemunha. A nodulação expressiva da testemunha demonstra

que no solo empregado era igualmente elevada a população de *Rhizobium* nativo. Por sua vez, a adição de nitrogênio ao solo,

TABELA 9. Resumo da análise de variância dos dados relativos a número e peso de nódulos nas raízes do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993.

FV	GL	Quadrados Médios		
		Número de nódulos	Peso da mat. fresca	Peso da mat. seca
Nitrogênio (N)	3	152,1652**	269,3923**	250,5689**
Molibdênio (Mo)	1	17,1551	22,8995	20,0187
N x Mo	3	1,5663	7,1772	6,8727
Erro	24	6,9344	7,9091	7,4041
C.V. (%)		38,21	36,86	37,38

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

com ou sem inoculação, reduziu drasticamente o número de nódulos, confirmando o efeito depressivo do nutriente sobre o processo de nodulação (Mercante e Franco, 1991).

TABELA 10. Valores médios do número e peso de nódulos (mg/vaso) em raízes de feijoeiro, cv. Carioca-MG em função das adubações nitrogenada e molíbdica. UFLA, Lavras-MG, 1993.1/

Tratamento	Peso		
	Número	Matéria Fresca	Matéria seca
N semeadura + N cob	5,50 b	5,88 b	4,88 b
Inoculação + N cob	26,00 b	13,50 b	12,25 b
Inoculação	133,63 a	198,13 a	182,88 a
Testemunha	101,50 a	141,75 a	129,25 a
40 g Mo/ha	78,19	108,13	98,50
0 g Mo/ha	55,13	71,50	66,13
Média	66,66	89,81	82,31

1/ Dentro de cada fator, as médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem significativamente pelo teste Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

Os resultados relativos ao peso de nódulos confirmam o que foi discutido para o número de nódulos, ou seja, a adição de N reduziu drasticamente tanto o peso da matéria fresca como o peso da matéria seca dos nódulos. Por outro lado, a alta população presente no solo em estudo ressalta a importância que o *Rhizobium* nativo pode representar no estabelecimento de estirpes

inoculadas, competindo com elas (Denardin, 1991; Mercante et al., [19..]).

É preciso ressaltar ainda que, embora a análise de variância não tenha detectado significância para o molibdênio (Tabela 9), houve uma tendência do tratamento com aplicação do micronutriente apresentar maiores valores para número e peso de nódulos (Tabela 10). Aparentemente, portanto, o efeito do Mo aplicado ao solo foi completamente nulo em termos de produção de matéria seca.

#### **4.2.3 Teores de macronutrientes, boro, cobre, manganês e zinco nas raízes**

As Tabelas 11 e 12 apresentam um resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de macronutrientes e alguns micronutrientes analisados nas raízes. A precisão experimental, avaliada através do coeficiente de variação (C.V.) diferiu bastante entre as características estudadas, já que seus valores variaram de 6,92 % (para a característica teor de N) a 54,29 % (para o teor de S). De uma maneira geral, S, K e os



TABELA 11. Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de N, P, K, Ca e Mg nas raízes do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993.

FV	GL	Teores (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
Nitrogênio (N)	3	0,1503**	0,0009	0,0338	0,2487**	0,0005
Molibdênio (Mo)	1	0,0331	0,0005	0,0001	0,0621	0,0009
N x Mo	3	0,0316	0,0003	0,0062	0,0271	0,0006
Erro	24	0,0245	0,0003	0,0084	0,0379	0,0003
C.V. (%)		6,92	9,05	23,57	12,00	10,75

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

micronutrientes apresentaram os maiores valores do C.V. . Não houve significância do molibdênio e nem da interação molibdênio x nitrogênio, mas os tratamentos relacionados ao nitrogênio, por sua vez, afetaram significativamente os teores radiculares de N, Ca, B, Cu e Mn (Tabelas 11 e 12).

Nas Tabelas 13 e 14 são apresentados os teores médios dos macro e micronutrientes analisados na matéria seca das raízes do feijoeiro.

Como era de se esperar, a adição de N, seja na semeadura + cobertura ou inoculação + cobertura, elevou o teor radicular daquele macronutriente. Certamente, as menores perdas do N em

TABELA 12. Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de S, B, Cu, Mn e Zn nas raízes do feijoeiro, cv. Carioca - MG. UFLA, Lavras-MG, 1993.

FV	GL	Teores				
		S (%)	B (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
Nitrogênio (N)	3	0,0070	272,6050**	428,5417**	3077,9479**	51,2505
Molibdênio (Mo)	1	0,0016	15,9638	6,1250	0,2812	24,8609
N x Mo	3	0,0039	168,8529	47,7083	35,2812	89,9905
Erro	24	0,0073	58,1117	53,5000	314,3437	54,8873
C.V.(%)		54,29	19,51	21,63	19,30	13,93

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

vasos e a conseqüente maior disponibilidade do nutriente foram fatores condicionantes do maior teor apresentado por aqueles tratamentos. O tratamento que recebeu somente inoculação não diferiu significativamente da testemunha e ambos mostraram menor teor de N nas raízes, provavelmente porque a sua disponibilidade no solo era obviamente menor.

No caso deste ensaio em casa-de-vegetação, em que o Mo foi aplicado via solo, o Mo não pareceu favorecer o acúmulo de N nas raízes. Este fato, entretanto, não descarta a possibilidade de que o Mo tenha favorecido a absorção de N, o que poderá ser

TABELA 13. Teores médios de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio nas raízes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica. UFLA, Lavras-MG, 1993.<sup>1/</sup>

Tratamento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
N semeadura + N cob	2,37 a	0,20	0,31	1,41 b	0,17
Inoculação + N cob	2,39 a	0,19	0,44	1,54 ab	0,18
Inoculação	2,13 b	0,18	0,44	1,76 a	0,18
Testemunha	2,15 b	0,18	0,36	1,78 a	0,16
40 g Mo/ha	2,29	0,19	0,39	1,67	0,18
0 g Mo/ha	2,23	0,18	0,39	1,58	0,17
Média	2,26	0,19	0,39	1,62	0,17

<sup>1/</sup> Dentro de cada fator, as médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem significativamente pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

verificado ao se examinar os teores na parte aérea da planta (Tabelas 17 e 23).

Conforme já havia sido verificado através da análise de variância (Tabelas 11 e 12), os tratamentos não afetaram de forma significativa os teores radiculares de P, K, Mg, S e Zn (Tabelas 13 e 14). O comportamento dos teores de Ca (Tabela 13) foi inverso aos de N, ou seja, na presença dos tratamentos que

TABELA 14. Teores médios de Enxofre, Boro, Cobre, Manganês e Zinco nas raízes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica. UFLA, Lavras-MG, 1993.<sup>1/</sup>

Tratamento	S (%)	B (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
N semeadura + N cob	0,12	32,45 b	43,12 a	118,25 a	91,95
Inoculação + N cob	0,15	38,01 ab	33,87 ab	93,12 ab	90,15
Inoculação	0,18	46,64 a	25,25 b	72,00 b	89,39
Testemunha	0,18	39,20 ab	33,00 ab	84,00 b	85,91
40 g Mo/ha	0,16	39,78	33,37	91,75	88,47
0 g Mo/ha	0,15	38,37	34,25	91,94	90,23
Média	0,16	39,07	33,81	91,84	89,35

<sup>1/</sup> Dentro de cada fator, as médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem significativamente pelo teste Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

receberam N na forma de fertilizante químico, os teores de Ca nas raízes foram ligeiramente menores. Provavelmente este fato ocorreu devido a um efeito de diluição do Ca acumulado, já que as parcelas que receberam N químico produziram mais matéria seca. Outras hipóteses para a redução dos teores de Ca poderiam ser uma possível competição inibidora com  $\text{NH}_4^+$  ou mesmo

lixiviação do Ca pelo  $\text{SO}_4^{--}$ . O B (Tabela 14) apresentou um comportamento que se aproximou ao do Ca (Tabela 13).

Já o Cu e o Mn apresentaram comportamento praticamente semelhante (Tabela 14), com N na semeadura + cobertura propiciando maiores teores. O maior teor desses nutrientes pode ter sido resultante do efeito acidificante do fertilizante nitrogenado, já que a menores valores de pH aumenta a disponibilidade de Mn e de Cu, que resulta em maior acúmulo nas raízes.

#### **4.2.4 Teores de macronutrientes, boro, cobre, manganês e zinco nas hastes**

A análise de variância destes dados foi resumida nas Tabelas 15 e 16. A fonte de variação nitrogênio afetou significativamente ( $P \leq 0,01$ ) os teores de N, Ca e S. A fonte molibdênio influenciou os teores de N e Cu ( $P \leq 0,05$ ) e de S e Zn ( $P \leq 0,01$ ). A interação N x Mo foi significativa para S e Zn ( $P \leq 0,01$ ).

O coeficiente de variação (C.V.), obtido sem transformação dos dados, variou de 8,86 % (Mg) a 51,84 % (B), praticamente na mesma faixa apresentada pelas análises dos dados relativos às raízes.

Os teores médios dos macronutrientes e dos micronutrientes B, Cu, Mn e Zn determinados nas hastes do feijoeiro, encontram-se nas Tabelas 17, 18, 19 e 20.

TABELA 15. Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de N, P, K, Ca e Mg nas hastes do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993.

FV	GL	Teores (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
Nitrogênio (N)	3	2,5576**	0,0001	0,0336	0,0747**	0,0006
Molibdênio (Mo)	1	0,4371*	0,0003	0,0351	0,0180	0,0009
N x Mo	3	0,0894	0,0014	0,3654	0,0203	0,0018
Erro	24	0,0912	0,0005	0,3080	0,0133	0,0004
C.V. (%)		16,68	10,28	23,48	10,76	8,86

\* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Na Tabela 17 pode ser verificado que os dois tratamentos que receberam fertilizante nitrogenado (N semeadura + cobertura e inoculação + cobertura) apresentaram maiores teores de N nas hastes, o que de certa forma já era esperado, face à maior disponibilidade do nutriente no solo proporcionada pela adubação e pelas perdas reduzidas, por se tratar de semeadura em vasos. Deve ser observado ainda que a inoculação, por si só, não

proporcionou aumento nos teores de N nas hastes das plantas em relação à testemunha (Tabela 17). Esses resultados são perfeitamente coerentes com os encontrados para o rendimento de grãos (Tabela 3), parecendo indicar, neste caso, uma boa correlação entre as duas características.

TABELA 16. Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de S, B, Cu, Mn e Zn nas hastes do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993.

FV	GL	Teores				
		S (%)	B (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
Nitrogênio (N)	3	0,2555**	126,9350	15,0833	273,0833	261,4224
Molibdênio (Mo)	1	0,1610**	444,0202	91,1250*	45,1250	985,6849**
N x Mo	3	0,0446**	281,2500	15,7083	759,3750	686,2078**
Erro	24	0,0078	153,3475	15,5833	358,6458	106,5518
C.V. (%)		32,96	51,84	31,90	39,87	14,33

\* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Ao contrário do que ocorreu nas raízes, a adição de Mo aumentou significativamente o teor de N nas hastes (Tabela 15 e 17), indicando que o micronutriente favoreceu a sua metabolização e transporte. Este efeito, como já mencionado, está relacionado

com a participação do Mo nos dois processos enzimáticos envolvidos no metabolismo do N (Dechen, Haag e Carmello, 1991; Santos, 1991). O comportamento dos teores de Ca nas hastes foi semelhante ao seu comportamento nas raízes (Tabela 17), conforme

TABELA 17. Teores médios de Nitrogênio, Fósforo, Potássio e Cálcio nas hastes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica. UFLA, Lavras-MG, 1993.<sup>1/</sup>

Tratamento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)
N semeadura + N cob	2,43 a	0,23	2,32	1,00 b
Inoculação + N cob	2,14 a	0,22	2,30	0,98 b
Inoculação	1,39 b	0,23	2,44	1,13 ab
Testemunha	1,27 b	0,22	2,39	1,18 a
40 g Mo/ha	1,93 a	0,22	2,33	1,05
0 g Mo/ha	1,69 b	0,23	2,40	1,09
Média	1,81	0,22	2,36	1,07

<sup>1/</sup> Dentro de cada fator, as médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem significativamente pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

já discutido.

Outro efeito significativo do Mo, mais difícil de ser explicado, foi a redução do teor de Cu (Tabela 18), já que o



aumento na matéria seca da haste em função do primeiro micronutriente não foi significativo (Tabela 7), não dando

TABELA 18. Teores médios de Boro, Cobre e Manganês nas hastes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica. UFLA, Lavras-MG, 1993.<sup>1/</sup>

Tratamento	B (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)
N semeadura + N cob	20,75	12,37	46,87
Inoculação + N cob	29,67	11,87	45,25
Inoculação	23,17	14,25	55,75
Testemunha	21,95	11,00	42,12
40 g Mo/ha	27,61	10,69 b	46,31
0 g Mo/ha	20,16	14,06 a	48,69
Média	23,89	12,37	47,50

<sup>1/</sup> Dentro de cada fator, as médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem significativamente pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

suporte à hipótese de diluição. Entretanto, devido à pequena magnitude de redução, carece de importância do ponto de vista nutricional.

Ao se promover o desdobramento da interação Mo x N sobre os teores de S (Tabela 19) e Zn (Tabela 20), pode ser verificado que na ausência de fertilizante nitrogenado a adição de Mo levou a uma redução nos teores de S e Zn, sugerindo que naquela condição pode ter havido alguma competição na absorção desses

TABELA 19. Efeitos das adubações nitrogenada e molibídica sobre o teor de Enxofre (%) nas hastes do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993.<sup>1/</sup>

Molibdênio (g/ha)	Nitrogênio			Média	
	N semeadura + N cob	Inoculação + N cob	Inoculação		Testemunha
40	0,08 a B	0,13 a AB	0,31 b A	0,25 b AB	0,20
0	0,08 a B	0,16 a B	0,60 a A	0,50 a A	0,34
Média	0,08	0,15	0,46	0,38	0,27

<sup>1/</sup> Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula e em cada linha, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente pelo teste Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

micronutrientes com o Mo. Por outro lado, a adição de fertilizante nitrogenado pareceu reduzir os teores de S (Tabela 19), o que pode ter sido o resultado de uma absorção competitiva entre  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{SO}_4^{--}$ . Na presença de Mo, o tratamento N semeadura + cobertura foi o que apresentou o maior teor de Zn observado (Tabela 20), mas as variações foram de pequena magnitude, sem

importância do ponto de vista nutricional.

TABELA 20. Efeitos das adubações nitrogenada e molíbdica sobre o teor de Zinco (%) nas hastes do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993.<sup>1/</sup>

Molibdênio (g/ha)	Nitrogênio				Média
	N semeadura + N cob	Inoculação + N cob	Inoculação	Testemunha	
40	83,97 a A	63,52 a B	56,45 b B	62,05 b B	66,50
0	73,95 a AB	66,47 a B	88,82 a A	81,15 a AB	77,60
Média	78,96 A	65,00 A	72,64 A	71,60 A	72,05

<sup>1/</sup> Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula e em cada linha, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente pelo teste Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

#### 4.2.5 Teores de macronutrientes, boro, cobre, manganês e zinco nas folhas

Observando a análise de variância correspondente (resumida nas Tabelas 21 e 22), verifica-se que houve efeito significativo da fonte de variação nitrogênio, indicando que a forma de fornecimento deste macronutriente influenciou significativamente os teores foliares dos macronutrientes N, P e Ca (Tabela 21) e dos micronutrientes Cu e Zn (Tabela 22). Não houve significância para a interação N x Mo, mas o Molibdênio afetou significativamente o teor de N nas folhas.

TABELA 21. Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de N, P, K, Ca e Mg nas folhas do feijoeiro, cv. Carioca-MG. UFLA, Lavras-MG, 1993.

FV	GL	Teores (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
Nitrogênio (N)	3	6,4182**	0,0086*	0,3024	0,3373**	0,0025
Molibdênio (Mo)	1	2,2845*	0,0078	0,0180	0,1024	0,0012
N x Mo	3	0,6255	0,0053	0,1033	0,0802	0,0021
Erro	24	0,3056	0,0021	0,1558	0,0481	0,0011
C.V. (%)		15,15	13,17	22,17	10,05	8,64

\* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Em relação aos teores radiculares e das hastes, a precisão experimental na determinação dos teores dos nutrientes nas folhas foi maior, o que pode ser verificado pela faixa de variação dos valores do C. V. (8,64 a 31,54 %).

O comportamento dos teores foliares de N e Ca (Tabela 23) foi semelhante ao já verificado nos demais órgãos do feijoeiro já estudados, ou seja, a adição de fertilizante nitrogenado aumentou significativamente os teores de N nas folhas, provavelmente em função do aumento da disponibilidade e redução de perdas, em se tratando de ensaio em vasos, bem como reduziu

os teores foliares de Ca, provavelmente em função do já mencionado efeito de diluição proporcionado pela maior produção de matéria seca de folhas (Tabela 7).

TABELA 22. Resumo da análise de variância dos dados relativos aos teores de S, B, Cu, Mn e Zn nas folhas do feijoeiro, cv. Carioca- MG. UFLA, Lavras-MG, 1993.

FV	GL	Teores				
		S (%)	B (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
Nitrogênio (N)	3	0,0019	215,6165	58,0833**	2545,2812	149,9578**
Molibdênio (Mo)	1	0,0011	292,8180	2,0000	1212,7812	50,0049
N x Mo	3	0,0034	70,6882	5,7500	395,9479	144,3042
Erro	24	0,0038	71,4744	6,5208	896,4271	165,9579
C.V. (%)		31,54	13,32	14,39	24,97	22,05

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Ainda com relação à Tabela 23, deve ser mencionado que, ao contrário do que ocorreu nas raízes e nas hastes, houve diferenças significativas entre os teores médios de P nas folhas, em relação aos tratamentos de adubação nitrogenada: o tratamento que recebeu maiores doses de N (N semeadura + cobertura) apresentou o mais baixo teor foliar de P, o qual pode estar relacionado a um efeito de diluição do P naquele tratamento, que

TABELA 23. Teores médios de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio nas folhas do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica. UFLA, Lavras-MG, 1993.<sup>1/</sup>

Tratamento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
N semeadura + N cob	4,32 a	0,31 b	2,03	2,17 ab	0,41
Inoculação + N cob	4,52 a	0,34 ab	1,79	1,90 b	0,40
Inoculação	2,86 b	0,39 a	1,73	2,32 a	0,37
Testemunha	2,89 b	0,34 ab	1,56	2,34 a	0,39
40 g Mo/ha	3,92 a	0,33	2,33	2,12	0,39
0 g Mo/ha	3,38 b	0,36	2,40	2,24	0,40
Média	3,65	0,34	1,78	2,18	0,39

<sup>1/</sup> Dentro de cada fator, as médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem significativamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

já havia proporcionado maior produção de matéria seca de folhas (Tabela 7).

Em adição ao que já havia sido detectado nas hastes, o emprego do Mo elevou o teor de N nas folhas (Tabela 23), confirmando o efeito do micronutriente na nutrição e metabolismo do N, conforme citado por vários autores (Barbosa Filho et al., 1979; Oliveira e Thung, 1988; Berger, Vieira e Araújo, 1993;

TABELA 24. Teores médios de Enxofre, Boro, Cobre, Manganês e Zinco nas folhas do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica. UFLA, Lavras-MG, 1993.<sup>1/</sup>

Tratamento	S (%)	B (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
N semeadura + N cob	0,20	57,56	20,12 a	145,75	72,47 a
Inoculação + N cob	0,21	67,96	20,00 a	117,62	64,31 ab
Inoculação	0,17	67,67	15,00 b	109,50	48,00 b
Testemunha	0,20	60,62	15,87 ab	106,75	48,91 b
40 g Mo/ha	0,20	60,43	18,00	113,75	59,67
0 g Mo/ha	0,19	66,48	17,50	126,06	57,17
Média	0,19	63,46	17,75	119,91	58,42

<sup>1/</sup> Dentro de cada fator, as médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem significativamente pelo teste Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Berger et al., 1993 e Amane, 1994).

Com relação aos micronutrientes estudados, verifica-se pela Tabela 24 que, à semelhança do que aconteceu nas raízes, Cu e Zn tiveram seus teores afetados de maneira bastante parecida pela forma de fornecimento de N, obtendo-se teores mais elevados com a adição de fertilizante nitrogenado.

## 5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foram conduzidos os trabalhos, podem ser apresentadas as seguintes conclusões:

1) O feijoeiro cv. Carioca-MG não respondeu à inoculação com a estirpe CIAT 899 de *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*. O número de nodúlos da testemunha não inoculada foi similar aos dos tratamentos inoculados, indicando a existência de população nativa da bactéria no solo utilizado.

2) A adição de nitrogênio (cobertura ou semeadura + cobertura) elevou a produção de matéria seca e propiciou acréscimos de 48% a 93% no rendimento de grãos, promovendo ainda elevação nos teores de N e redução nos teores de Ca nas raízes, hastes e folhas do feijoeiro. O nitrogênio ainda reduziu o número e o peso de nodúlos de *Rhizobium*, confirmando o seu efeito negativo sobre o processo de nodulação.

3) A aplicação foliar de 40 g de Mo/ha aos 17 DAE proporcionou a obtenção de plantas mais altas e com maior número de vagens, resultando em acréscimo de produtividade da ordem de 91% em relação à testemunha. Por outro lado, a adição de Mo ao solo, na base de 1 mg de molibdato de amônio/vaso, não afetou a produção de matéria seca e nem o acúmulo de N nas raízes do feijoeiro, mas elevou os teores de N nas hastes e folhas, indicando um efeito positivo do Mo no metabolismo daquele macronutriente.



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A.de F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; MARTINS, L. A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro: nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.105-112, jan. 1994.

ALMEIDA, L.D.; BULISANI, E.A. Técnicas para aumentar a rentabilidade do feijoeiro. **Correio Agrícola (BAYER)**, São Paulo, v.1., p.236-246, 1980.

AMANE, M.I.V. **Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica**. Vicososa: UFV, Impr. Univ., 1994. 70p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).

ANDRADE, M.J.B. de; ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P. **Recomendações para a cultura do feijoeiro em Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1992. 12p. (Circular, 06).

ANDRADE, M.J.B. de; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B.; ALVARENGA, P.E.de. Efeitos da adubação nitrogenada em cobertura e da aplicação foliar de molibdênio na cultura de feijão na região de Lavras, MG. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4, Londrina, 1993. **Resumos** ... Londrina: IAPAR, 1993. n.p. (Resumo, 170).

ARAÚJO, R.S.; HENSON, R.A. Fixação biológica de nitrogênio. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.213-227.

BARBOSA FILHO, M.P.; JUNQUEIRA NETTO, A.; GUEDES, G.A.A.; RESENDE, P.M. Efeitos de idade, fósforo, molibdênio e cobalto no teor percentual de nitrogênio em diferentes partes do feijoeiro comum. **Ciência e Prática**, Lavras, v.3, n.2, p.107-116, 1979.

BERGER, P.G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G.A.A.T.A. Adubação molíbdica por via foliar na cultura do feijão: efeitos de doses. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4, Londrina, 1993. **Resumos** ... Londrina: IAPAR, 1993. n.p. (Resumo, 159).

BERGER, P.G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G.A.A.T.A.; MIRANDA, G.V.  
Adubação molíbdica por via foliar na cultura do feijão: efeitos  
de épocas de aplicação. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE  
FEIJÃO, 4, Londrina, 1993. **Resumos** ... Londrina: IAPAR, 1993.  
n.p. (Resumo, 160).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço de Informação  
Agrícola. **Normais Climatológicas (MG, ES, RJ)**. Rio de Janeiro,  
1969. 99p.

CARDOSO, A.A.; FONTES, L.A.N.; VIEIRA, C. Efeito de fontes e  
doses de adubo nitrogenado sobre a cultura de feijão (*Phaseolus  
vulgaris* L). **Revista Ceres**, Viçosa, v.23, n.139, p.292-295,  
1978.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Informe CIAT**. Cali,  
1978. 112p.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Sistemas de  
producción de frijol**. Cali, 1976.

COBRA NETO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), var. Roxinho. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.28, p.257-274, 1971.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4<sup>a</sup> Aproximação**. Lavras, 1989. 176p.

DENARDIN, N.D. **Seleção de estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* tolerantes a fatores de acidez e resistentes a antibióticos**. Piracicaba: ESALQ, 1991. 89p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A.de C. Função de micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. p.65-78.

DUQUE, F.F.; NEVES, M.C.P.; FRANCO, A.A.; VICTORIA, R.L.; BODDEY, R.M. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* to *Rhizobium* inoculation and qualification of N<sub>2</sub> fixation using <sup>15</sup>N. **Plant Soil**, Dordrecht, v.88, p.333-343, 1985.

- FERNÁNDEZ, F.C.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol común** (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali: CIAT, 1986. 34p.
- FOOD AND AGRICULTURE OF THE UNITED NATIONS. **Dados Agriclimatológicos para América Latina y el Caribe**. Roma, 1985. n.p. (Colección FAO: Production y Protección Vegetal, 24).
- FRANCO, A.A. Nutritional restraints for tropical grain legume symbiosis. In: VICENT, J.M.K.; WHITNEY, J. (eds). **Exploiting the Legume-Rhizobium in Tropical Agriculture**. Hawaii: University of Hawaii Mis., 1977. p.237-252.
- FRANCO, A.A.; PEREIRA, J.C.; NEYRA, C.A. Season patterns of nitrate reductase and nitrogenase activities in *Phaseolus vulgaris* L. **Plant Physiology**, Baltimore, v.63, p.421-424, 1979.
- FREIRE, J.C. Condutividade hidráulica e capacidade de campo de Latossolo Roxo distrófico não saturado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, n.3, p.73-77, set./dez. 1979.
- FRIZZONE, J.A.; ZANINI, J.R.; MES, L.A.D.; NASCIMENTO, V.M.do. **Fertirrigação mineral**. Ilha Solteira: UNESP, 1985. 31p. (Boletim Técnico, 2).

GALLO, J.R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à maturação.

**Bragantia**, Campinas, v.20, n.40, p.867-884, set. 1961.

GAMBOA, J.; PAREZ, G.; BLASCO, M. Un modelo para descobrir procesos de retencion y lixiviacion em los suelos. **Turrialba**,

**Turrialba**, v.21, n.3, p.312-316, jul./set. 1971.

GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1987. 467p.

GUAZZELLI, E.M.F.M. **Efeito de nitrato e amônio no crescimento, assimilação e eficiência de utilização do nitrogênio por cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na fase inicial de crescimento**. Lavras: ESAL, 1988. 113p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.26, n.30, p.380-391, ago. 1967.

- LIMA, M.H. **Eficiência da fixação simbiótica do nitrogênio x evolução do H<sub>2</sub> x respiração dos nódulos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Piracicaba: ESALQ, 1981. 190p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- LOPES, A.S.; CARVALHO, J.G. de. **Micronutrientes: critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiências e excessos**. In: BORKER, C.M.; LATMANN, A. **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCCS, 1988. P.133-178.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1967. 606p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo**. São Paulo: Liv. Ceres, 1976. 528p.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição e adubação**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FEIJÃO, 1, Campinas, 1971. **Anais...** Viçosa: UFV, 1972. p.209-242.

MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. **Avaliação do estado nutricional e da fertilidade do solo:** métodos de vegetação diagnose por subtração em vasos. Piracicaba, CENA-USP, 1985. 7p. (Mimeografado).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas:** princípios e aplicações. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 210p.

MARTINEZ-ROMERO, E.; SEGOVIA, L.; MERCANTE, F.M.; FRANCO, A.A.; GRAHAM, P.; PARDO, M.A. *Rhizobium tropici* a novel species nodulating *Phaseolu vulgaris* L. beans and *Leucaena* sp. trees. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v.41, n.3, p.417-426, 1991.

MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; IGUE, T.; VEIGA, A.A.; ALVES, S. Influência das formas de fertilizantes nitrogenados e suas épocas de aplicação na cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.25, n.9, p.41-42, 1966.



MERCANTE, F.M.; FRANCO, A.A. Uso de *Leucaena leucocephala* para obtenção de *Rhizobium* tolerante à temperatura elevada para inoculação do feijoeiro. In: FEIRA NACIONAL DE BIOTECNOLOGIA, 2, São Paulo, 1991. **Resumos...** São Paulo: Associação Brasileira de Empresas de Biotecnologia, 1991. p.24.

MERCANTE, F.M.; STRALIOTTO, R.; DUQUE, F.F.; FRANCO, A.A. **A inoculação do feijoeiro comum com Rizóbio.** Itaguaí: EMBRAPA/CNPBS, [19..]. 12p. (Mimeografado).

MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; MASCARENHAS, H.A.A. Modo e época de aplicação de nitrogênio na cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.22, p.511-519, 1963.

NUTMAN, P.S. Varietal differences in the nodulation subterranean clover. **Australian Journal of Agriculture Research**. Melbourne, v.18, p.381-425, 1967.

OLIVEIRA, J.P.; THUNG, M.D.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.175-212.

OSINAME, O.; VAN GIJN, H.; ULEX, P.L.G. Effect nitrifications inhibitions of the force and efficiency of nitrogenous fertilizers under simulated humid tropical conditions.

**Tropical Agriculture**, Trinidad, v.20, n.3, p.211-217, 1983.

PARRA, M.S.; HOEPFENER, M.A.; VOSS, M. Adubação do feijoeiro no Estado do Paraná. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cultura do feijão no Estado do Paraná**. Londrina, 1980. p.33-45. (Circular, 18).

PARRA, M.S.; HOEPFENER, M.A.; VOSS, M. Adubação do feijoeiro no Paraná. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Manual Agropecuário do Paraná**. Londrina, 1978. p.247-255.

POMPEU, A.S.; IGEU, T. Comportamento de linhagens de feijoeiro a níveis diferenciais de adubação. **Bragantia**, Campinas, v.27, n.13, p.71-80, 1968.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres/POTAFOS, 1991. 445p.

RENNIE, R.J. Comparison N balance and  $^{15}\text{N}$  isotope dilution to quantify  $\text{N}_2$  fixation in field grown legumes. **Agronomy Journal**, Madison, v.76K, p.785-790, 1984.



- SANTA CECÍLIA, F.C. **Resposta de treze variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada e fosfatada.** Viçosa: UFV, 1972. 38p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- SANTOS, O.S. Molibdênio. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da. **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba: POTAFOS, 1991. p.191-217.
- SILVA, A.J. **Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada.** Lavras: ESAL, 1988. 85p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- VARGAS, A.A.T.; SANTOS, A.F.; PACOVA, B.E.V.; SILVEIRA, J.S. **Fixação simbiótica do nitrogênio no feijoeiro. III. Seleção de cultivares para alta eficiência na fixação do N<sub>2</sub> e resistência a antracnose no Espírito Santo.** Vitória: EMCAPA, 1983. 6p. (Comunicado Técnico, 17).
- VIEIRA, C. **Cultura do feijoeiro.** Viçosa: Imprensa Universitária, 1983. 146p.

VILELA, E.A.; RAMALHO, M.A.P. Análise das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, a v.3, n.1, p.71-79, jan./jun. 1979.

VILLALOBOS, R.A. **Estudos sobre a adubação nitrogenada da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1980. 68p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).

VOSS, M. Fixação biológica de nitrogênio. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O feijão no Paraná**. Londrina, 1989. p.101-114. (Circular, 06).