

- Nutrition Ed. by A.L. Läuchli, R.L. Bielecki
New York. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg
p. 5-60.
19. MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C.; RAMOS, L.C.S.; FURLANI, P.R.; BAIAGLIA, O.C. 1982 Comportamento de três cultivares de soja en diversos níveis de manganês um solução nutritiva Bragantia 41:225-230.
 20. NOGUEIRA, O.L.; PAIVA, J.B.; CRISOSTOMO, L.A. 1982 Deficiências de micronutrientes essenciais e toxidez de alumínio e manganês em feijão-de-corda. II. Desenvolvimento vegetativo e composição química das plantas Pesquisa Agropecuária Brasileira 17:663-669.
 21. OLSEN, R.A.; BROWN, J.C. 1980 Factors related to iron uptake by dicotyledonous and monocotyle-
 - donous plants. II. The reduction of Fe^{3+} + as influenced by roots and inhibitors J. Plant Nutr., 2:647-660.
 22. RIEKELS, J.W.; LINGLE, J.C. 1966 Iron uptake and translocation by tomato plants as influenced by root temperature and manganese nutrition. Plant Physiology 42:1 095-1 101
 23. TIPTON, C.L.; THOWSEN, J. 1983 Reduction of iron by soybean roots: correlation with iron efficiency on calcareous soils. Iowa State J. Res. 57:409-422.
 24. VORM, P.D.J. VAN DER; DIEST, A. VAN. 1979. Aspects of the iron and manganese nutrition of rice plants I. Iron and manganese uptake by rice plants grown under aerobic and anaerobic conditions Plant Soil 51:233-246.

Variação Estacional da Concentração do Molibdênio nos Nódulos e Demais Partes da Planta de Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)¹

J. Jacob-Neto*, R.J. Thomas**, A.A. Franco***

ABSTRACT

The seasonal variation of the molybdenum concentration of nodules, roots and shoots of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) was studied in plants grown in solution culture containing three levels of molybdenum (0.000; 0.007 and 0.070 μM Mo). Harvests were taken at eight stages of growth to determine nitrogenase activity, nodule number and dry weight, shoot and root dry weight, shoot total N and Mo concentration. The Mo concentration in the nodules was greater than that of shoots and roots when plants were grown at very low levels of Mo, and declined with age in all treatments. Considering the decrease in nodule Mo concentration with age, early to full flowering was the best stage for sampling for Mo deficiency. Of the total Mo absorbed by the plants, 65% and 25% were translocated to the seed from the intermediate (0.007 μM) and high (0.070 μM) levels respectively in the external medium. There was a decrease in nitrogenase activity soon after flowering in plants with and without Mo deficiency.

RESUMO

Foi conduzido um experimento em casa de vegetação com feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. 'Carioca' em solução nutritiva, para estudar a variação estacional da concentração de Mo nos nódulos, raízes e parte aérea, com plantas submetidas a 3 níveis de Mo (0.000; 0.007; 0.070 μM). Avaliou-se em 8 estádios de crescimento, a concentração de Mo, a atividade da nitrogênase, peso e número de nódulos, peso das raízes, peso e nitrogênio total da parte aérea. As concentrações de Mo nos tecidos da planta variaram com o estádio de crescimento, sendo encontradas maiores concentrações nos nódulos que na parte aérea ou raiz quando as plantas foram crescidas com baixa disponibilidade de Mo. Ocorreu uma queda da concentração de Mo nos nódulos até a floração plena, podendo a amostragem nesta época ser indicada para determinação de deficiência de Mo. Do total de Mo absorvido pelas plantas, 65 e 24%, respectivamente, do nível médio e mais alto foram translocados para as sementes.

INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) pode ser cultivado extensivamente sem a utilização de nitrogênio mineral, apenas utilizando-se inoculantes com estípulas de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* eficientes (3, 25). Contudo quando cultivado em solos com baixa disponibilidade de nitrogênio a produtividade do feijoeiro fixando nitro-

1 Recebido para publicação em 20 julho 1987.

* Engº Agrônomo, M.Sc. Professor Assistente do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ, Km 47 da Antiga Rio-SP, 23851, Seropédica, RJ.

** Hill Farming Research Organization, Bush Estate, Penicuik, Midlothian, EH 26 OPY, Scotland, UK.

*** Engº Agrônomo, PH.D., MA. EMBRAPA-UAPNPBS, Km 47, 23851, Seropédica, RJ.

gênio atmosférico, pode ser limitada entre outros fatores pela nodulação com estípulas nativas, que apesar de frequentes nem sempre são eficientes (24) pelo pH (8), umidade (26), temperatura (9), microrganismos antagônicos (23) e deficiência de outros nutrientes (4).

Dentre a fatores nutricionais limitantes, o molibdênio é um dos mais importantes pois é elemento estrutural da enzima nitrogenase, responsável pela fixação biológica do nitrogênio (27). Este elemento encontra-se pouco disponível em solos ácidos (2, 29), sendo que vários autores tem relatado respostas de feijoeiro a adubação com Mo (6, 19). Foi ainda observado que plantas dependentes da simbiose são mais sensíveis à deficiência de Mo do que se elas fossem supridas com nitrogênio mineral (22). Diversos estudos tem sido realizados com plantas de feijoeiro visando maximizar a fixação biológica do nitrogênio. Experimentos tem sido conduzidos para se saber qual o motivo da queda da atividade da nitrogenase logo após o período da floração, quando existe um maior requerimento de nitrogênio para os grãos. Em soja essa queda não ocorre (30) fazendo com que o processo simbiótico seja mais eficiente para atender a demanda de nitrogênio nas partes reprodutivas (14).

Hungria (12) em experimentos conduzidos com o objetivo de verificar o efeito da disponibilidade de carbono para os nódulos de feijão, verificou que o

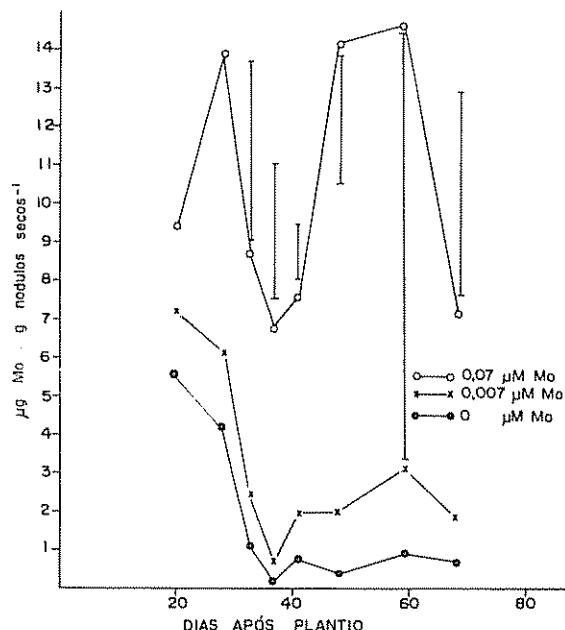


Fig. 1. Variação estacional da concentração de Mo nos nódulos de plantas de feijão, crescendo em solução nutritiva. Cada ponto é média de 6 repetições. As barras verticais representam os valores do teste Tukey ao nível $P \leq 0.05$, quando houve diferença significativa.

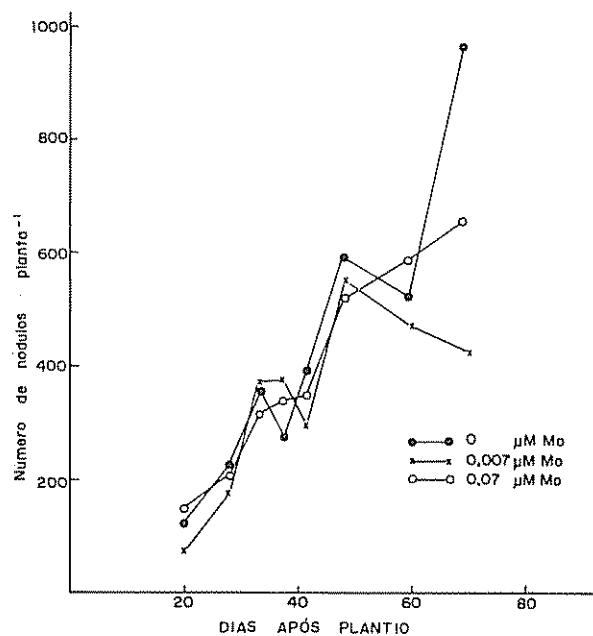


Fig. 2. Variação estacional do número de nódulos de plantas de feijão, crescendo em solução nutritiva. Cada ponto é média de 6 repetições.

suprimento de fotossintatos para os nódulos não era o principal fator limitando a fixação biológica do nitrogênio. Em condições de baixa disponibilidade de Mo, tanto o feijoeiro (7) como a soja (13) apresentam teores mais altos de Mo nos nódulos do que nas demais partes das plantas. Entretanto, poucos estudos tem sido realizados sobre a concentração ideal desse elemento nos tecidos das plantas (18) e sua possível variação estacional. Uma das hipóteses que poderia explicar a queda da atividade da nitrogenase no período pós-floração em feijoeiro poderia ser a queda da concentração de molibdênio nos nódulos diminuindo a eficiência do processo simbiótico, já que resultados preliminares indicaram haver diminuição da concentração de Mo nos nódulos com a idade da planta (7).

Desta forma, este trabalho teve como objetivo verificar a variação estacional da concentração de Mo nos nódulos, raízes e parte aérea de plantas de feijão crescentes em diferentes níveis deste elemento em solução nutritiva.

MATERIAS E MÉTODOS

O experimento foi instalado em solução nutritiva mantida constantemente aerada por borbulhamento com ar previamente filtrado em algodão hidrófilo em casa de vegetação. A temperatura média oscilava em torno de 26°C durante todo o ciclo da planta, nunca ultrapassando 30°C. As sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar 'Carioca' contendo 0.019 µg Mo semente⁻¹, foram germinadas em areia de quartzo por 5 dias, onde foi adicionado de 2 em 2 dias uma

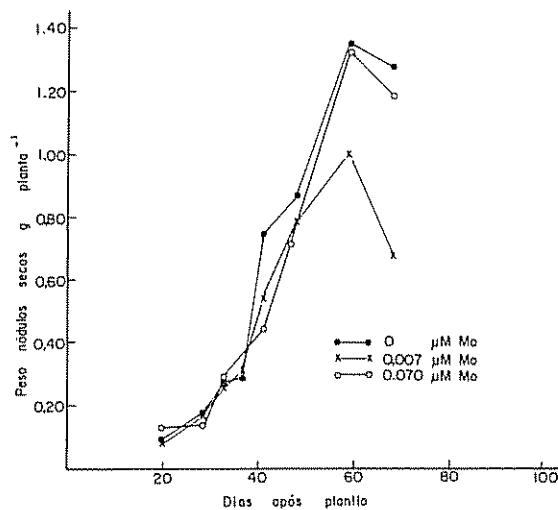


Fig. 3. Variação estacional do peso de nódulos secos de plantas de feijão crescendo em solução nutritiva (cada ponto é média de 6 repetições).

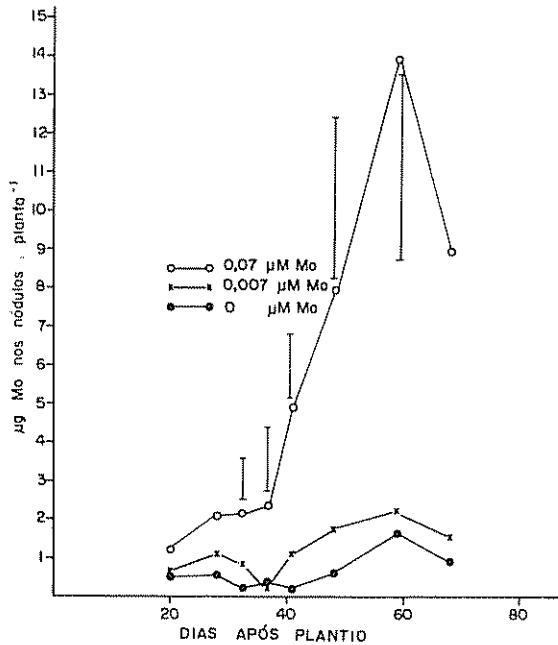


Fig. 4. Variação estacional do total de Mo nos nódulos de plantas de feijão, crescendo em solução nutritiva. Cada ponto é média de 6 repetições. As barras verticais representam os valores do teste Tukey ao nível $P \leq 0.05$, quando houve diferença significativa.

solução 0,5 mM de CaCl_2 . Posteriormente, as plantulas foram transferidas para recipientes de plástico (vasos) de 10L, com tampa de isopor com quatro furos separados onde as plantas eram fixadas com algodão, colocando-se 4 plantas por vaso.

O experimento constou de 36 vasos com 3 níveis de Mo (0 – sem adição; 0,007 e 0,070 μM, sendo a fonte, o molibdato de sódio) sorteado em blocos ao

acaso. Em cada uma das 8 colheitas, iniciada após a segunda semana, para cada tratamento foram colhidas uma planta por vaso com 6 repetições. As sementes foram inoculadas no plantio com uma mistura das estirpes de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* CO5 (CENA, Piracicaba-SP) + SEMIA 487 (IPAGRO – RS), crescidas em meio de extrato de levedura agarizado (YMA), descrito por Vincent (31), semi-sólido, adicionando aproximadamente 10^7 células por semente. A solução nutritiva foi preparada contendo: 1 mM KH_2PO_4 , 1 mM Mg SO_4 , 1 mM CaCl_2 , 10 μM Fe-EDTA, 2 μM H_3BO_3 , 0,4 μM MnSO_4 , 0,16 μM ZnSO_4 e 0,04 μM CuSO_4 , e trocada semanalmente.

A solução utilizada na primeira semana, foi 50% mais concentrada que a acima descrita. Durante os 16 dias iniciais foi adicionado diariamente 1 mg nitrogênio/planta como NH_4NO_3 . O pH inicial da solução foi 5,0 ajustado diariamente com KOH ou H_2SO_4 baseado em Franco e Munns (8).

Em cada colheita foram realizadas as seguintes determinações: peso de nódulos, raízes e parte aérea após secagem por 72 horas a 65°C; concentrações de molibdênio pelo método de Jonhson e Ulrich (17) em nódulos, raízes, parte aérea e sementes; atividade da nitrogenase pelo método de redução de C_2H_2 em raízes destacadas com nódulos (21). Na oitava colheita foi determinado o nitrogênio total na parte aérea pelo método de Liao (20).

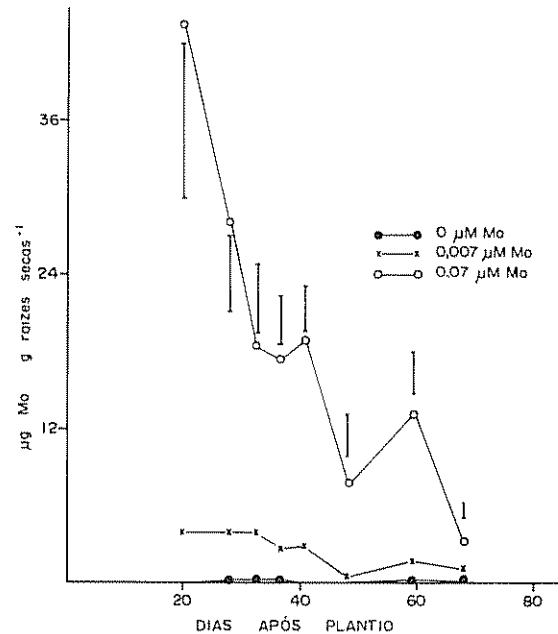


Fig. 5. Variação estacional da concentração de Mo nas raízes de plantas de feijão, crescendo em solução nutritiva. As barras verticais representam os valores do teste Tukey ao nível $P \leq 0.05$

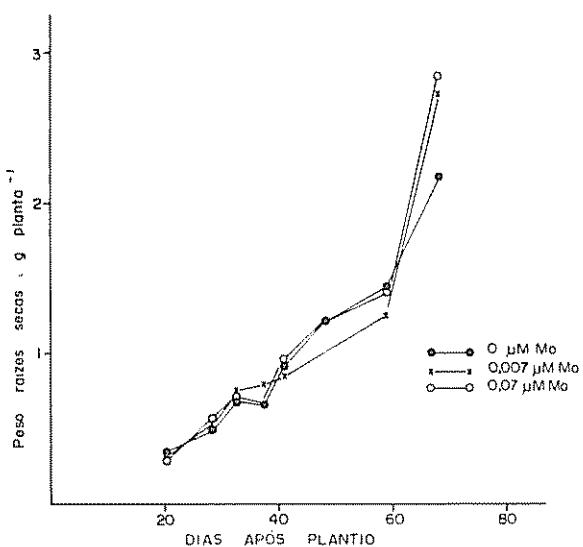


Fig. 6. Variação estacional do peso de raízes secas de plantas de feijão, crescendo em solução nutritiva. Cada ponto é média de 6 repetições.

RESULTADOS

Observou-se uma queda da concentração de Mo nos nódulos até aos 37 dias após plantio, principalmente nos níveis mais baixos de Mo na solução nutritiva (Fig. 1). Entre esses níveis menores não foram observadas diferenças estatisticamente significativas em todas as 8 colheitas. Logo após a floração nos níveis mais altos de Mo na solução houve um aumento da concentração de Mo nos nódulos, diminuindo novamente na última colheita.

A medida que o número (Fig. 2) e peso de nódulos (Fig. 3) foram aumentando, o total de Mo nos nódulos (Fig. 4) também foi crescendo até aos 59 dias quando ocorreu uma queda, acompanhando a diminuição do peso de nódulos secos. Entretanto, nos níveis menores de Mo na solução ocorreu uma tendência de queda no total de Mo nos nódulos aos 37 dias. Não havendo diferenças significativas entre esses níveis menores em todas as colheitas.

A concentração de Mo nas raízes caiu linearmente com o aumento de peso do sistema radicular (Figs. 5 e 6). Também aqui não foram encontradas diferenças significativas entre os níveis mais baixos, mas estas ocorreram entre épocas de colheitas nos níveis 0,007 e 0,070 μM de Mo na solução (dados não tabelados). Entretanto com relação ao total de Mo nas raízes (Fig. 7) não ocorreram diferenças estatísticas significativas entre as colheitas nos 3 níveis testados, apenas entre os níveis de Mo analisados.

A concentração de Mo na parte aérea (Fig. 8) no nível 0,070 μM Mo foi aumentado gradativamente, mas a partir do 33º dia aumentou subitamente com um valor máximo aos 41 dias de $17,74 \mu\text{g Mo} \cdot \text{g}^{-1}$. No nível 0,007 μM Mo este aumento não ocorreu tão acentuadamente, mas o valor máximo também ocorreu aos 41 dias após plantio. A concentração de Mo encontrada na parte aérea no nível zero, foi muito pequena, variando de $0,33 \mu\text{g Mo} \cdot \text{g}^{-1}$ na 1ª colheita a valores não detectáveis no final. Comportamento semelhante foi observado com o total de Mo na parte aérea (Fig. 9).

A planta de feijão crescendo nestas condições com troca semanal da solução nutritiva, acumulou (nódulo + raiz + parte aérea) 237,14; 28,66 e $17,90 \mu\text{g Mo}$, respectivamente nos níveis mais altos, médio e sem adição de Mo na solução.

Não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre todos os níveis testados e em todas as épocas de colheitas, para os parâmetros, número e peso de nódulos (Figs. 2 e 3), atividade da nitrogenase ($\mu\text{ moles C}_2\text{H}_4 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{planta}^{-1}$) (Fig. 10) e peso de raízes (Fig. 6). Contudo considerando a atividade específica da nitrogenase (Fig. 11) aos 33 dias foram observadas diferenças significativas pelo teste de Duncan + 0,05 mas não pelo teste de Tukey dos dois tratamentos com adição de Mo em relação ao tratamento sem adição de Mo. Apesar de não afetar o peso das raízes e dos nódulos, a adição de Mo aumentou signifi-

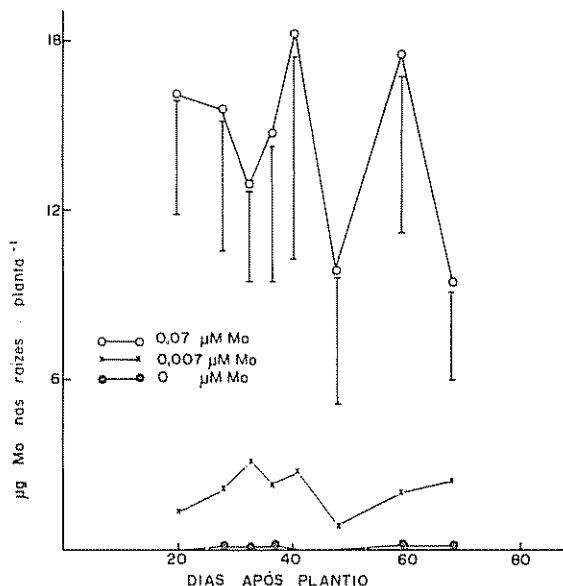


Fig. 7. Variação estacional do total de Mo nas raízes de plantas de feijão, crescendo em solução nutritiva. Cada ponto é média de 6 repetições. As barras verticais representam os valores do teste Tukey ao nível $P \leq 0,05$.

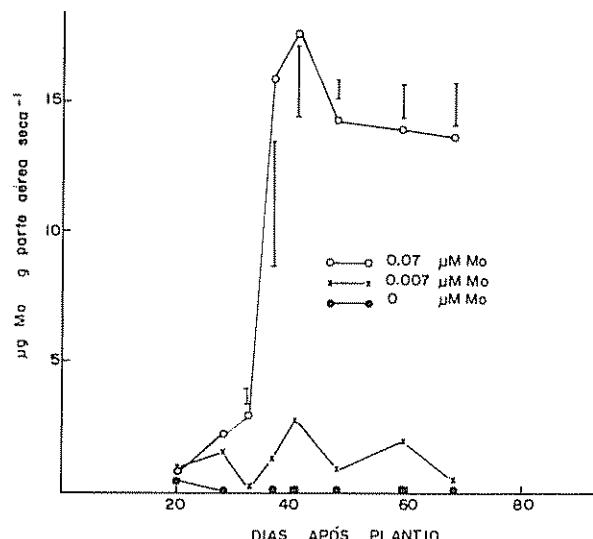


Fig. 8. Variação estacional da concentração de Mo na parte aérea de plantas de feijão, crescendo em solução nutritiva. Cada ponto é média de 6 repetições. As barras verticais representam os valores do teste Tukey ao nível $P \leq 0.05$, quando houve diferença significativa.

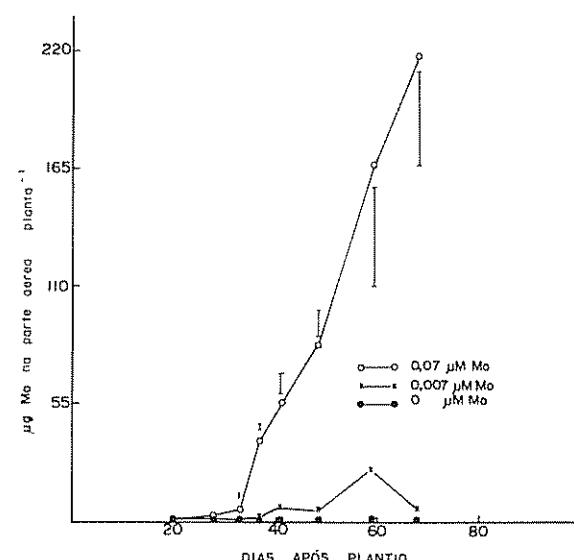


Fig. 9. Variação estacional do total de Mo na parte aérea de plantas de feijão, crescendo em solução nutritiva. Cada ponto é média de 6 repetições. As barras verticais representam os valores do teste Tukey ao nível $P \leq 0.05$, quando houve diferença significativa.

Tabela 1. Concentração de Mo nas sementes, nitrogênio total e peso da parte aérea de plantas de feijão crescendo em solução nutritiva. Colheita realizada no final do ciclo da planta (Média de 6 repetições).

Níveis de Mo na solução nutritiva	$\mu\text{g Mo} \cdot \text{g sementes}^{-1}$	$\mu\text{g Mo} \cdot \text{sementes planta}^{-1}$	$\mu\text{g Mo} \cdot \text{semente}^{-1}$	Nitrogênio total parte aérea (caule + folhas) (mg · planta $^{-1}$)	%N	Peso da parte aérea (caule + folhas) g · planta $^{-1}$
Sem adição Mo	nd 0c	nd 0b	nd 0c	152.77 b	1.49	10.52 b
0.007 μM	5.81 b	18.51 b	0.56 b	207.20 ab	1.40	14.45 b
0.070 μM	16.11 a	76.40 a	2.34 a	250.46 a	1.55	16.21 a
C.V. (%)	24	67	47	29	14	22

Números seguidos pela mesma letra não diferem pelo teste Tukey ≤ 0.05 , nd = Não detectado

ficativamente o peso das plantas, e o nitrogênio total acumulado na parte aérea (Tabela 1), não tendo entretanto efeito significativo sobre o peso de sementes (Resultados não apresentados) e na percentagem de nitrogênio.

As sementes obtidas na última colheita mostravam diferenças no conteúdo de Mo entre os 3 tratamentos, desde níveis não detectados no tratamento sem adição de Mo, até $2.34 \mu\text{g Mo} \cdot \text{semente}^{-1}$ no nível mais alto, tendo este nível $76.40 \mu\text{g Mo}$ nas sementes por planta

DISCUSSÃO

A principal função de Mo em plantas está ligada ao sistema de transferência de elétrons, como no caso da redução do nitrato pela redutase do nitrato e da fixação biológica do nitrogênio pela nitrogenase. Apesar dos vários estudos com Mo os conhecimentos sobre o papel ou mecanismo pelos quais o Mo é estocado, incorporado e metabolizado não estão ainda bem esclarecidos (27, 28).

A concentração de Mo encontrada nos nódulos neste trabalho diminuiu do 20º para 37º dia após o plantio (Fig. 1), principalmente nos níveis menores

de Mo disponível. O decréscimo desta concentração poderia ser atribuída à diluição do Mo na matéria seca dos nódulos (10), que foram aumentando de número e de peso, mas não explicaria a tendência observada de aumentar essa concentração, logo após a floração (Figs. 2 e 3).

A queda da atividade da nitrogenase após a floração no tratamento com 0.070 μM (Fig. 11), no qual a concentração de Mo nos nódulos (Fig. 1) estava acima do nível crítico de $3.66 \mu\text{g Mo} \cdot \text{g nódulo}^{-1}$, estabelecido por Jacob-Neto (15) mostra que a queda da atividade da nitrogenase geralmente encontrada logo após a floração em feijão também observado por outros autores (5, 12), possa ser devido somente à deficiência de Mo nos nódulos. As diferenças mais acentuadas na atividade da nitrogenase entre os tratamentos ocorreram do 33º dia (início da floração) até aos 41º dia (floração plena). Foi também nesse período que a concentração de Mo nos nódulos nos níveis menores de Mo na solução, caiu ao nível mínimo, permanecendo com pouca alteração até o final do ciclo das plantas.

Devido à pequena massa de nódulos encontrada nas duas primeiras colheitas e ao avançado estado de putrefação encontrado nas duas últimas, as análises de Mo foram prejudicadas, acarretando grandes variações entre as amostras, o que dificultou detectar diferenças significativas, mesmo quando grandes diferenças foram observadas (Figs. 1 e 4).

Com o aumento do sistema radicular a concentração de Mo nas raízes diminuiu linearmente, isso fica claro pela correlação significativa ($r = -0.78^*$) entre

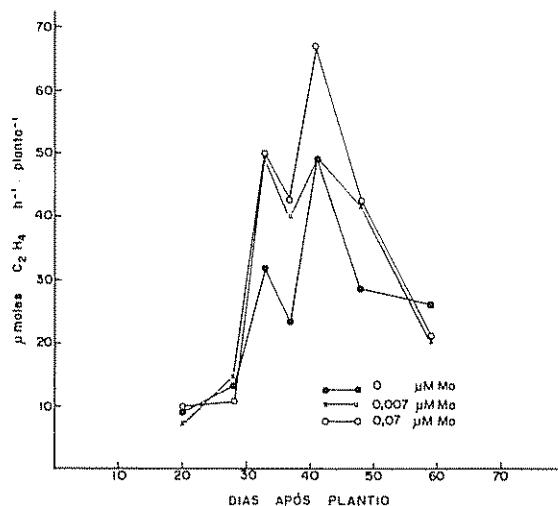


Fig 10. Variação estacional da atividade da nitrogenase por planta de feijão, crescendo em solução nutritiva. Cada ponto é média de 6 repetições

o peso de raízes e a concentração no nível 0.070 μM Mo (Figs. 5 e 6). Na primeira colheita do nível zero, não foi possível detectar Mo nas raízes pelo método utilizado e nas demais colheitas as concentrações encontradas foram baixas, de maneira geral melhor do que a dos nódulos no mesmo nível e semelhante as da parte aérea. Isso mostra que em baixa disponibilidade de Mo, as plantas de feijão apresentam as maiores concentrações deste nutriente nos nódulos, o mesmo não ocorrendo nos níveis mais altos havendo nestas condições maior concentração de Mo na parte aérea das plantas. Resultados semelhantes foram observados anteriormente (7, 15).

O total de Mo nas raízes permaneceu praticamente sem alteração entre as colheitas em todos os níveis testados. Sugerindo que apesar da concentração diminuir nos nódulos por efeito de diluição ou imobilização, a quantidade de Mo nas raízes permaneceu praticamente a mesma (Fig. 7), talvez porque o Mo seria absorvido pelas raízes, mas rapidamente translocado para a parte aérea. A maior concentração de Mo na parte aérea ocorreu aos 41 dias nos níveis 0.007 e 0.070 μM Mo Conforme observado por Franco e Munn (7) em níveis altos de disponibilidade de Mo há um acúmulo de Mo na parte aérea. Nossos resultados indicam que esse acúmulo ocorre com maior intensidade a partir do 33º dia (Figs. 8 e 9). Isso levanta a hipótese de que após a floração, em situações de pouca disponibilidade, o Mo poderia ser translocado para a parte aérea, ficando em níveis de deficiência nos nódulos. Hecht-buchholz (11) observou que o Mo acumulava nos vacúolos do parênquima vascular de feijão e que esta espécie é tolerante a

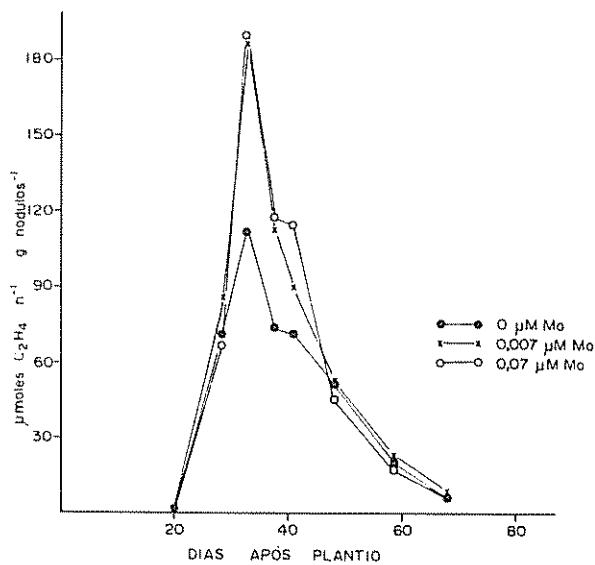


Fig 11. Variação estacional da atividade da nitrogenase específica de plantas de feijão crescendo em solução nutritiva (cada ponto é média de 6 repetições).

níveis altos de Mo. Entretanto Franco e Döbereiner (4) e Braga (1) encontraram efeito de toxidez provocado por Mo em plantas de feijão.

O acúmulo de Mo encontrado nas sementes no nível mais alto (Tabela 1) estão de acordo com os dados obtidos por Wilson (32) e Jacob-Neto (16). Com um aumento de 10 vezes da concentração de Mo na solução nutritiva, ocorreu um aumento de 418 vezes na quantidade de Mo na semente.

Considerando todo o Mo adicionado na solução nutritiva, 58,37 e 52,73% do Mo adicionado foi absorvido pelas plantas respectivamente nos níveis mais alto e médio. Do Mo absorvido, 24% no nível alto e 65% no nível médio foram translocados para as sementes. Como houve diferença significativa no nitrogênio total acumulado entre níveis de Mo em solução (Tabela 1), e pela queda da concentração de Mo nos nódulos com a idade da planta até o início da floração, estes resultados indicam que esta seria a melhor época para amostragem dos nódulos para determinação de deficiência de Mo.

De maneira geral, as concentrações de Mo encontrados nas raízes, nódulos e parte aérea variaram com

a idade da planta. Portanto trabalhos que estudem concentrações de Mo nos tecidos de plantas de feijão, devem levar em conta além da cultivar, concentração externa e tipo de tecido (7), as épocas de amostragens.

CONCLUSÕES

A queda da atividade da nitrogenase logo após a floração, ocorreu mesmo com suprimento adequado do Mo.

Os dados sugerem que o início da floração à floração plena, foi o período indicado para amostragens dos nódulos, para análise de deficiência de Mo.

Em níveis baixos de disponibilidade de Mo, foram nos nódulos que se encontraram as maiores concentrações de Mo.

As concentrações de Mo nos tecidos da planta de feijão, variaram com a idade da planta.

Foram translocados para as sementes 24 e 65% do Mo absorvido pelas plantas, respectivamente no nível mais alto e médio de Mo disponível.

LITERATURA CITADA

1. BRAGA, J.M. 1972 Resposta do feijoeiro Rico 23 a aplicação de enxofre, boro e molibdênio. *Ceres* (Bra.) 19:222-226
2. BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; VALADARES, J.M.A.S. 1976. O molibdênio em solos do Estado de São Paulo. In Congresso Brasileiro de Ciência do Solo 15 (1975, Campinas, Bra.). Anais. Campinas, Bra., Sociedade Brasileira de Ciência do Solo p. 107-111
3. DUQUE, F.F.; NEVES, M.C.P.; FRANCO, A.A.; VITORIA, R.L.; BODDEY, R.M. 1985 The response of field grown *Phaseolus vulgaris* to *Rhizobium* inoculation and the quantification of N₂ fixation using ¹⁵N. *Plant and Soil* (Holanda) 88:333-343.
4. FRANCO, A.A.; DOBEREINER, J. 1967. Especificidade hospedeira na simbiose *Rhizobium* - feijão e influência de diferentes nutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (Bra.) 2:467-474
5. FRANCO, A.A.; PEREIRA, J.C.; NEYRA, C.A. 1979. Seasonal patterns of nitrate reductase and nitrogenase activities in *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiology* (EE UU) 63:421-424
6. FRANCO, A.A.; DAY, J.M. 1980. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brazil. *Turrialba* (C.R.) 30(2):99-105
7. FRANCO, A.A.; MUNNS, D.N. 1981. Response of *Phaseolus vulgaris* L. to molybdenum under acid conditions. *Soil Science Society of America Journal* (EE UU) 45:1 144-1 148.
8. FRANCO, A.A.; MUNNS, D.N. 1982. Acidity and aluminum restraints on nodulation, nitrogen fixation, and growth of *Phaseolus vulgaris* in solution culture. *Soil Science Society of America Journal* (EE UU) 46:296-301.
9. GUSS, A.; DOBEREINER, J. 1972. Efeito da adubação nitrogenada e da temperatura do solo na fixação do nitrogênio em feijão (*Phaseolus vulgaris*). *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (Bra.) 7:87-92
10. HAWES, R.L.; SIMS, J.L.; WELLS, K.L. 1976. Molybdenum concentration of certain crop species as influenced by previous applications of molybdenum fertilizer. *Agronomy Journal* (EE UU) 68:217-218
11. HECHT-BUCHHOLZ, C. 1973. Molybdanverteilung unvertraglichkeiten bei tomate, sonnenblume und Bohne. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* (Alemania) 136:110-119

12. HUNGRIA, M. 1985. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em *Phaseolus vulgaris* L. Tese Doutorado Rio de Janeiro, UFRRJ. 292 p
13. ISHIZUKA, J. 1982. Characteristics of molybdenum absorption and translocation in soybean plants. *Soil Science and Plant Nutrition* (Japón) 28:63-71.
14. ISRAEL, D.W. 1981. Cultivar and *Rhizobium* strain effects on nitrogen fixation and remobilization by soybeans. *Agronomy Journal* (EE UU) 73:509-516
15. JACOB-NETO, J. 1985. Variação estacional, concentração nas sementes e níveis críticos de Mo nos nódulos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) Tese de Mestrado Itaguai, UFRRJ. 141 p.
16. JACOB-NETO, J.; FRANCO, A.A. 1986 Adubação de molibdênio em feijoeiro. Seropédica, EMBRAPA-UAPNPBS. Comunicado Técnico, 1. 4 p.
17. JOHNSON, C.M.; ULRICH, A. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. California Agricultural Experiment Station Bulletin no 766.
18. JOHNSON, C.M. 1973. Molybdenum. In Diagnostic Criteria for Plants and Soils. Ed by H.D Chapman University of California, Riverside, California, Division of Agricultural Sciences. p 286-301.
19. JUNQUEIRA-NETTO, A.; SANTOS, O.S. Dos; AIDA, H.; VIEIRA, C. 1977. Ensaios preliminares sobre a aplicação de molibdênio e de cobalto na cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) *Ceres* (Bra) 24:628-633.
20. LIAO, C.F.H. 1981 Devard's alloy method for total nitrogen determination. *Soil Science Society of America Journal* 45:852-855
21. MAGUE, T.H.; BURRIS, R.H. 1972. Reduction of acetylene and nitrogen by field grown soybeans. *New Phytologist* 71:275-276.
22. PARKER, M.B.; HARRIS, H.B. 1977. Yield and leaf nitrogen of nodulating and non-nodulating soybeans as affected by nitrogen and molybdenum. *Agronomy Journal* 69:551-554.
23. PITARD, R.M.; BODDEY, R.M.; DOBEREINER, J. 1982. Efeito de actinomicetos e de estreptomicina na nodulação de *Phaseolus vulgaris* L. In Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, 1, Goiânia 1982. Anais . . , Goiânia, GO. p. 313-315.
24. RENNIE, R.J.; KEMP, G.A. 1983. N₂-fixation in field beans quantified by ¹⁵N isotope dilution. I. Effect of strain of *Rhizobium phaseoli*. *Agronomy Journal* 75:640-644.
25. RUSCHEL, A.P.; VOSE, P.B.; MATSUI, E.; VICTORIA, R.L.; SAITO, S.M.T. 1982. Field evaluation of N₂-fixation and nitrogen utilization by *Phaseolus* bean varieties determined by ¹⁵N isotope dilution. *Plant and Soil* 65:397-407
26. SAITO, S.M.I.; BONETTI, R.; URQUIAGA, S.; VICTORIA, R.L. 1982. Nodulação e utilização de nitrogênio e fósforo em duas variedades de *Phaseolus vulgaris* L. sob déficit de água. In 1ª Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, 1, Goiânia, 1982. Anais . . Goiânia-GO. 316 p.
27. SHAH, V.K.; UGALDE, R.A.; IMPERIAL, J.; BRILL, W.J. 1984. Molybdenum in nitrogenase Annual Review of Biochemistry 53:231-257.
28. SHERRELL, C.G. 1984. Effect of molybdenum concentrations in the seed on the response of pasture legumes to molybdenum. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 27:417-423
29. SIQUEIRA, C.; VELOSO, A.C. 1978. Adsorção de molibdato em solos sob vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 2:24-28.
30. THIBODEAU, P.S.; JAWORSKI, E.G. 1975. Patterns of nitrogen utilization in the soybean. *Planta* 127:133-147.
31. VINCENT, J.A. 1970. A manual for the practical study of the root nodule bacteria. Oxford, IBP Handbook Brockwell Scientific Publication. 164 p.
32. WILSON, R.D. 1949. Molybdenum in relation to the scald disease of beans. *Australian Journal of Science* 11:209-211.