

ANDRÉ ASSIS PIRES

**PARCELAMENTO E ÉPOCA DE APLICAÇÃO FOLIAR DO MOLIBDÊNIO
NA CULTURA DO FEIJOEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2003**

ANDRÉ ASSIS PIRES

**PARCELAMENTO E ÉPOCA DE APLICAÇÃO FOLIAR DO
MOLIBDÊNIO NA CULTURA DO FEIJOEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

Aprovada em: 11 de março de 2003

Prof. Glauco Vieira Miranda
(Conselheiro)

Prof. Paulo Geraldo Berger
(Conselheiro)

Dr. Alexandre Cunha de B. Ferreira

Prof. Jorge Jacob Neto

Prof. Geraldo Antônio de Andrade Araújo
(Orientador)

A DEUS

Aos meus pais Arlênio e Beatriz

À minha noiva Poliana

À Marcelo e Sylvia

À todos os meus amigos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do mestrado.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Geraldo Antônio de Andrade Araújo, pela paciência, pela orientação, pela confiança, pelos ensinamentos e pela colaboração.

Aos professores Paulo Geraldo Berger, Glauco Vieira Miranda, Paulo Roberto Cecon, Jorge Jacob Neto, José Eustáquio e Sebastião Martins Filho, pelas sugestões, pelos conselhos e pelos ensinamentos.

Ao Dr. Alexandre Barcellos, que desde o início esteve junto ensinando, aconselhando, ajudando como um verdadeiro amigo, a você, meu muito obrigado.

A todos os professores das disciplinas cursadas durante o mestrado, pelos ensinamentos.

Aos valorosos funcionários do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, Domingos Sávio, Itamar e Mara, pela valiosa colaboração.

Aos funcionários da Estação Experimental da UFV, em Coimbra-MG, pela grande ajuda durante os trabalhos de campo.

Aos meus verdadeiros amigos José Márcio e Uberlando, não tenho como expressar em palavras a minha gratidão, sem vocês este trabalho não existiria, muito obrigado.

Aos meus amigos de república, Sidney, Fabiano, Robson e André Vinícius, nós conseguimos.

Aos meus colegas de Pós-Graduação Hevilásio, Diolindo, Raimudo, Rodrigo, Jaeverson, Catalina, Fábio, Mariuns, Fábio Medeiros e tantos outros, pela ótima convivência e pelo companheirismo.

Aos meus amigos e irmãos da IPV e da ABU-PÓS, muito obrigado pelo conforto e ensinamento.

Aos meus pais, Arlênio e Beatriz, pelo apoio, pelo incentivo, pelos conselhos, pelo carinho, pelo amor e exemplo de vida, vocês são os responsáveis por tudo isso, muito obrigado.

À minha amada noiva Poliana, pela compreensão nas tantas horas difíceis que passamos, pelo incentivo, pela dedicação, pelo carinho, pela paciência e pelo amor que você tem por mim.

A meu irmão Marcelo, sua esposa Sylvia, minhas lindas sobrinhas Marina e Marcelle, minha sogra Dalva, meu sogro Delto e minhas cunhadas Marcele e Bruna.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para concretização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ANDRÉ ASSIS PIRES, filho de Arlênio Pires Gonçalves e Beatriz Assis Pires, nasceu em Colatina, ES, no dia 20 de março de 1978.

Cursou o primeiro e segundo graus no Colégio Jesus Cristo Rei, em Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Em 1996, ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo em Alegre (CCA-UFES), graduando-se em Engenharia Agrônômica, em março de 2001.

Em março de 2001, iniciou o curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Funções do molibdênio na planta.....	3
2.2. Fatores que afetam a disponibilidade de molibdênio no solo...	5
2.3. Adubação molíbdica no feijoeiro.....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	20
4.1. “Stand” final.....	20
4.2. Produtividade de grãos.....	21
4.3. Peso de 100 sementes.....	23
4.4. Número de vagens m ⁻²	24
4.5. Número de sementes vagem ⁻¹	25
4.6. Índice SPAD.....	26
4.7. Teores de molibdênio e nitrogênio na folha do feijoeiro.....	27
4.8. Teores de molibdênio e nitrogênio na semente do feijoeiro....	32
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

RESUMO

PIRES, André Assis , M.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2003.
Parcelamento e época de aplicação foliar do molibdênio na cultura do feijoeiro. Orientador: Geraldo Antônio de Andrade Araújo. Conselheiros: Glauco Vieira Miranda e Paulo Geraldo Berger.

Foram conduzidos dois experimentos em Coimbra, MG, um no verão-outono e outro, no inverno-primavera, objetivando avaliar a influência da época de aplicação foliar e do parcelamento da dose de molibdênio (Mo) sobre os componentes da produção, intensidade de cor verde medida com o medidor SPAD e a nutrição do feijoeiro, cv. Meia Noite. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições assim dispostos: 1- testemunha, sem Mo; 2- 80 g ha⁻¹ de Mo aplicados aos 15 dias após a emergência (DAE); 3- 40 g ha⁻¹ de Mo aplicados aos 15 DAE e 40g aplicados aos 20 DAE; 4- 40 g ha⁻¹ de Mo aos 15 DAE e 40 g ha⁻¹ de Mo aplicados aos 25 DAE; 5- 40 g ha⁻¹ de Mo aos 15 DAE e 40 g ha⁻¹ de Mo aos 30 DAE; 6- 80 g ha⁻¹ de Mo aos 20 DAE; 7- 40 g ha⁻¹ de Mo aos 20 DAE e 40 g ha⁻¹ de Mo aos 25 DAE; 8- 40 g ha⁻¹ de Mo aos 20 DAE e 40 g ha⁻¹ de Mo aos 30 DAE; 9- 80 g ha⁻¹ de Mo aos 25 DAE; 10- 40 g ha⁻¹ de Mo aos 25 DAE e 40 g ha⁻¹ de Mo aos 30 DAE. Observou-se o seguinte: a) a adubação foliar molíbdica aumentou os componentes da produção, sendo o número de vagens

por m² o componente que mais variou; b) a produtividade, atingiu o máximo de 2.558 kg ha⁻¹ com ganho de 183,6% em relação à dose zero no experimento I, e no experimento II, o rendimento de grãos aumentou 46%, chegando a 2.680 kg ha⁻¹; c) a intensidade de cor verde, medida com o medidor SPAD, aumentou significativamente com a aplicação foliar de Mo; d) a época de aplicação foliar do Mo só apresentou efeito significativo no experimento I, com acréscimo de 16,50% na produção; e) a adubação foliar molíbdica aumentou as concentrações foliares de Mo em 57% e 24% nos experimentos I e II respectivamente e de N, nos dois experimentos, em 75% e 8%; f) as diferentes épocas de aplicação do Mo influenciaram positivamente as concentrações foliares de Mo no experimento I, aumentando de 2,87 mg kg⁻¹, quando aplicado aos 25 DAE em dose única, para 4,41 mg kg⁻¹, quando aplicado parceladamente aos 25/30 DAE; g) o teor foliar de N no experimento I, também aumentou com aplicações mais tardias, passando de 3,69 dag kg⁻¹, quando aplicado com início aos 15 DAE, para 4,02 dag kg⁻¹, quando aplicado aos 20 DAE; h) a adubação foliar molíbdica aumentou as concentrações de Mo nas sementes em 155% e 6.200% nos experimentos I e II, respectivamente, e de N, em 25% nos dois experimentos; i) as diferentes épocas de aplicação do Mo influenciaram positivamente as concentrações de Mo nas sementes, nos experimentos I e II, sendo considerada a aplicação parcelada aos 15/30 DAE, como a mais eficiente no experimento I, e parcelado aos 20 DAE, no experimento II; j) a concentração de N nas sementes também aumentou com aplicações parceladas a partir dos 15 DAE, passando de 2,70 dag kg⁻¹, para 2,87 dag kg⁻¹. Estes experimentos evidenciam a necessidade da adubação molíbdica, devendo ser aplicada entre 15 e 20 DAE em dose única ou parcelada, no verão-outono e na faixa de 15 a 30 DAE, em dose única ou parcelada, no período de inverno-primavera.

ABSTRACT

PIRES, André Assis, M.S., Universidade Federal de Viçosa, March of 2003.
Portioning and time of the foliar molybdenum application in the bean plant crop. Adviser: Geraldo Antônio de Andrade Araújo. Committee members: Glauco Vieira Miranda and Paulo Geraldo Berger.

Two experiments were carried out, one in summer-autumn and the other one in winter-spring, in Coimbra county, Minas Gerais State, in order to evaluate the influence of both application time and the molybdenum dose portioning upon the production components, green color intensity measured by SPAD, and nutrition of the bean plant, Meia Noite cv. The randomized block experimental design was used with ten treatments and four replicates arranged as follows: 1 – control, without Mo; 2 - 80 g ha⁻¹ Mo applied at 15 days after emergency (DAE); 3 - 40 g ha⁻¹ Mo applied at 15 DAE, and 40g at 20 DAE; 4 - 40 g ha⁻¹ Mo applied at 15 DAE, and 40 g ha⁻¹ Mo at 25 DAE; 5 - 40 g ha⁻¹ Mo applied at 15 DAE, and 40 g ha⁻¹ Mo at 30 DAE; 6 - 80 g ha⁻¹ Mo applied at 20 DAE; 7 - 40 g ha⁻¹ Mo applied at 20 DAE, and 40 g ha⁻¹ Mo at 25 DAE; 8 - 40 g ha⁻¹ Mo applied at 20 DAE, and 40 g ha⁻¹ Mo at 30 DAE; 9 - 80 g ha⁻¹ Mo applied at 25 DAE; 10 - 40 g ha⁻¹ Mo applied at 25 DAE, and 40 g ha⁻¹ Mo at 30 DAE. The following was observed: a) the foliar molybdenum fertilization increased the production components, and the component showing the higher variation was the number of kidney beans m²; b) the productivity attained a

peak of 2.558 kg ha^{-1} , with a gain of 183.6% relative to zero dose in experiment I, whereas in experiment II the bean yield increased 46% reaching 2680 kg ha^{-1} ; c) the intensity of the green color, obtained by using the SPAD meter, was significantly increased with the foliar application of Mo; d) the time of the foliar Mo application presented significant effect only in experiment I, with an increment of 16,50% in production; and e) the foliar molybdenum application caused an increase of 57% and 24% in the foliar Mo concentrations in experiments I and II, respectively, as well as a N increase of 75% and 8%, respectively; f) the different times of Mo application positively affected the foliar Mo concentrations in experiment I, which were increased from $2,87 \text{ mg kg}^{-1}$, when applied at just an unique dose of Mo at 25 DAE, to $4,41 \text{ mg kg}^{-1}$ when were applied in portions at 25/30 DAE; g) in experiment I, the N contents in the leaves were also increased with later applications, since they passed from $3,69 \text{ dag kg}^{-1}$, when the application was began at 15 DAE, to $4,02 \text{ dag kg}^{-1}$ when it was applied at 20 DAE; h) the foliar molybdenum fertilization caused an increase of 155% and 6.200% in the seed Mo concentrations, in experiments I and II, respectively, as well as an increase of 25% in N concentration, in both experiments; i) the different times of Mo application positively affected the Mo concentrations in the seeds, in both experiments, and the application portioned at 15/30 DAE in experiment I and that portioned at 20 DAE in experiment II were considered as the most efficient ones; j) the N concentrations in seeds were also increased with the portioned applications starting at 15 DAE, as they increased from $2,70 \text{ dag kg}^{-1}$ to $2,87 \text{ dag kg}^{-1}$. These experiments show the need for molybdenum fertilization, which should be applied at either a unique or portioned dose at 15 to 20 DAE in summer-autumn, and at either a unique or portioned dose within the range from 15 to 30 DAE, in winter-spring period.

INTRODUÇÃO GERAL

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui um dos principais componentes da dieta básica da população brasileira, principalmente a de baixa renda, sendo notável fonte protéica, além de possuir elevado conteúdo de carboidratos e considerável teor de ferro em seus grãos. É um produto agrícola de alta expressão econômica e social, sendo da maior importância na política agrícola do país. O Brasil é o maior produtor e consumidor de *Phaseolus* sp. do mundo, tendo produzido na safra de 2001/02, cerca de 3,17 milhões de toneladas, em 4,29 milhões de hectares, consumindo em média, 16 kg pessoa/ano (AGRIANUAL, 2003). A produtividade média é baixa, em torno de 738 kg ha⁻¹, motivada, entre outros fatores, segundo VIEIRA (1988), pelo uso de métodos culturais inadequados, pela incidência de pragas e doenças, pelo uso de sementes de baixa qualidade e pela baixa fertilidade dos solos.

Os solos com baixa fertilidade causam sérios problemas de deficiências nutricionais nas plantas, provocando redução na produtividade da cultura. Dentre os nutrientes, o nitrogênio (N) é um dos mais importantes na nutrição do feijoeiro, pois é constituinte básico da clorofila, dos aminoácidos, das proteínas dos ácidos nucléicos e de outros compostos importantes no metabolismo da planta. A produtividade do feijoeiro está diretamente relacionada à sua nutrição nitrogenada (VIEIRA et al., 1992; AMANE, 1997). O metabolismo do N pode ser seriamente prejudicado pela deficiência de molibdênio (Mo), pois este

nutriente faz parte das enzimas redutase do nitrato, responsável pela redução do nitrato a nitrito, e da nitrogenase, responsável pela fixação biológica do N₂ pelo *Rhizobio*.

Devido à mobilidade do Mo na planta, o mesmo pode ser adicionado em soluções via adubação foliar. As aplicações foliares favorecem a rápida absorção do Mo pelas plantas, além de diminuir as perdas por fixação quando adicionado ao solo. Estudos recentes mostram que a pulverização foliar constitui a forma mais eficiente de suprir a demanda de Mo para a planta, sendo a dose de 80 g ha⁻¹ a que tem propiciado melhores respostas (BERGER et al., 1996; PESSOA, 1998; ARAÚJO, 2000).

Com relação à época de aplicação, tem sido recomendado o uso de dose única aplicada via foliar entre 15 e 25 dias após a emergência (BERGER et al., 1996), não havendo, porém, informações concretas sobre o parcelamento desta dose aplicada. Este parcelamento pode melhorar a eficiência da absorção e do uso do micronutriente pela planta, contribuindo assim para o aumento da produtividade do feijoeiro.

Foram conduzidos dois trabalhos em diferentes épocas de plantio, objetivando determinar a influência da época de aplicação e do parcelamento da dose de Mo, aplicado via foliar, sobre os componentes da produção, o índice SPAD e sobre a composição mineral de folhas e sementes do feijoeiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Funções do molibdênio na planta

O molibdênio é o micronutriente exigido em menor quantidade para o desenvolvimento das plantas. Ele interfere diretamente no crescimento e no desenvolvimento das plantas (GUPTA e LIPSETT, 1981), influenciando no metabolismo do nitrogênio, participando como co-fator das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, tornando-se, um nutriente indispensável ao desenvolvimento do feijoeiro, sendo fundamental para a obtenção de incrementos no rendimento da cultura. A nitrogenase é essencial para a fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico pelos rizóbios, e a redutase do nitrato é indispensável para o aproveitamento do nitrato absorvido pela planta (MARSCHNER, 1995). Em adição, este autor cita que o Mo ainda participa da estrutura das enzimas xantina oxidase-desidrogenase, sulfito-oxidase e aldeído-oxidase, que catalisam diversas reações bioquímicas nas plantas.

A participação do Mo como co-fator nessas enzimas está intimamente relacionada com o transporte de elétrons durante as reações bioquímicas. A nitrogenase é uma enzima complexa, presente em microorganismos procariontes capazes de fixar N_2 . Esta enzima é formada por dois componentes distintos que se combinam para reduzir o N_2 a NH_3 . O primeiro componente é

uma proteína que contém 28 átomos de ferro e dois átomos de molibdênio e peso molecular em torno de 180.000, e na presença de oxigênio, demora cerca de 10 minutos para ser inativada. O segundo componente apresenta peso molecular de 50.000 e contém apenas o ferro como co-fator e, na presença de oxigênio, é inativada em cerca de 45 segundos. Para o perfeito funcionamento da nitrogenase, são necessárias proporções adequadas entre os dois componentes e entre o molibdênio e o ferro na molécula, além de outros fatores que influenciam sua atividade (BERGERSEN, 1974).

Na redução do N_2 a NH_3 , a nitrogenase recebe elétrons de substâncias redutoras como a ferredoxina reduzida. Esses elétrons são transferidos para a proteína ligada ao ferro, que, tornando-se agente redutor, transfere esses elétrons à proteína ligada ao ferro e ao molibdênio, que, por sua vez, reduz o N_2 a duas moléculas de NH_3 , as quais podem seguir diferentes caminhos de assimilação ou metabolismo nas plantas (TAIZ e ZEIGER, 1998). Portanto, a deficiência de Mo diminuirá a síntese da enzima refletindo em sua menor atividade e conseqüentemente, na redução da fixação biológica do N_2 pelo feijoeiro.

A redução do nitrato a nitrito é catalisada pela enzima adaptativa redutase do nitrato, onde o molibdênio atua nesse complexo enzimático como co-fator específico no transporte de elétrons, juntamente com a flavina-adenina-dinucleotídeo (NAD) e com o citocromo-b (heme), reduzindo o nitrato a nitrito no citoplasma celular (MARSCHNER, 1995). Esse processo de redução do nitrato a nitrito constitui a primeira etapa para a incorporação do nitrogênio às proteínas. Em geral, a enzima redutase do nitrato é considerada uma enzima citossólica, entretanto, algumas evidências sugerem que ela está localizada nos cloroplastos das folhas e proplastídeos das raízes.

Segundo MARSCHNER (1995), em condições de deficiência de Mo, a atividade da redutase do nitrato é muito reduzida, provocando o acúmulo de nitrato na planta. Plantas nutridas com amônio apresentam menor concentração de Mo quando comparadas com as nutridas com nitrato. Esta diferença na concentração se deve quase inteiramente ao Mo presente na redutase do nitrato (GUPTA e LIPSETT, 1981). Na ausência de Mo, a adição de nitrato evidenciará ainda mais as deficiências de N, uma vez que a planta

acumulará nitrato por ser incapaz de reduzi-lo a amônio (VIDOR e PERES, 1988).

2.2. Fatores que afetam a disponibilidade de molibdênio no solo

O suprimento de Mo é feito predominantemente na forma de molibdato (MoO_4^{2-}), presente na solução do solo, que chega às raízes, principalmente via fluxo de massa (GUPTA e LIPSETT, 1981). Ainda não está perfeitamente elucidada a forma pela qual o Mo é translocado das raízes para a parte aérea. Segundo BRODRICK e GILLER (1991) e MARSCHNER (1995), a translocação do Mo nas plantas se dá através do floema, porém, TIFFIN (1972) sugere que ele se move no xilema como íon molibdato ou complexado com compostos orgânicos como aminoácidos, açúcares ou compostos polihidroxilados. Devido à sua mobilidade, em condições de deficiência na solução do solo, o Mo pode ser translocado das partes mais velhas para as mais novas das plantas. Ao contrário do que ocorre com os outros micronutrientes, a deficiência de Mo manifesta-se inicialmente nas folhas mais velhas ou nas intermediárias, através de colorações amareladas ou verde-amareladas, apresentando bordos enrolados (MENGEL e KIRKBY, 1978). Em virtude da relação existente com a nutrição nitrogenada, os sintomas de deficiência de Mo confundem-se com os de N. Raramente, têm sido apresentados problemas de toxidez de Mo, a não ser em casos de erros na aplicação que resultem em altas concentrações de Mo em áreas localizadas (VIDOR e PERES, 1988).

A concentração total dos nutrientes no solo depende, entre outros fatores, da sua forma química, mobilidade e disponibilidade (MARTINÉZ et al., 1996). A redução na disponibilidade desses nutrientes nos solos é resultado de vários fatores. Com relação aos micronutrientes, os principais responsáveis pela sua deficiência nos solos brasileiros, segundo LOPES (1991) e FONTES (1997), são a baixa reserva de minerais intemperizáveis dos solos devido à pobreza do material de origem, o incremento da produtividade das culturas, devido ao uso intensivo de técnicas agrícolas modernas, que vêm promovendo retirada crescente de micronutrientes dos solos, sem que se estabeleça a sua adequada reposição, o cultivo de plantas com alto potencial produtivo,

demandando maiores quantidades de micronutrientes, o manejo inadequado dos solos, levando à sua degradação física, química e biológica, a necessidade do uso cada vez maior de calcário, diminuindo a disponibilidade do ferro, manganês, cobre e zinco em virtude da elevação do pH do solo, o avanço tecnológico industrial, gerando maior pureza dos fertilizantes produzidos.

Comumente, o teor de Mo total encontra-se na faixa de 0,5 a 5,0 mg kg⁻¹ na maioria dos solos. Segundo GUPTA e LIPSETT (1981), ele ocorre solúvel na solução do solo, adsorvido a minerais de argila como ânion MoO₄²⁻, retido no interior da estrutura dos minerais primários e secundários e, adsorvido à matéria orgânica.

O tipo de material de origem do solo também pode afetar a concentração de Mo na solução do solo. O Mo ocorre normalmente em feldspatos e minerais ferro-magnesianos como a biotita e a olivina. As rochas sedimentares, por serem formadas após a intemperização e transporte do material originário, retêm uma pequena fração do Mo originalmente existente na rocha matriz (GUPTA e LIPSETT, 1981). O Mo é facilmente liberado dos minerais primários pela intemperização e, comparado com os outros micronutrientes, ele permanece relativamente móvel como molibdato, potencialmente solúvel. Entretanto, o molibdato é adsorvido na superfície dos minerais primários e da fração coloidal, fazendo com que a disponibilidade de Mo no solo seja dependente do pH.

Outros fatores também influenciam a disponibilidade de Mo no solo, como o pH, a matéria orgânica, a textura, a drenagem, os óxidos de ferro e de alumínio, o potencial redox e a interação com outros nutrientes (SANTOS, 1991). Dentre essas características, o pH é o de maior influência. Segundo MALAVOLTA (1980), com o aumento do pH, a disponibilidade do Mo aumenta, porque o MoO₄²⁻ fixado é deslocado dos sítios de troca pelas hidroxilas presentes na solução do solo. Desse modo, a calagem, liberando cálcio na solução, promove a disponibilidade do Mo, uma vez que o íon molibdato (MoO₄²⁻) pode combinar-se com o Ca²⁺, formando um composto bastante solúvel, o CaMoO₄ (KOCHIAN, 1991).

A matéria orgânica do solo desempenha uma dupla função sobre a disponibilidade de Mo na solução do solo, uma vez que, de acordo com as

propriedades químicas do solo, ela pode atuar, aumentando ou reduzindo essa disponibilidade. Em solos ácidos, com elevada quantidade de óxidos de Fe e de Al, o Mo é retido pela matéria orgânica, impedindo que este seja envolvido na formação de compostos insolúveis. Desse modo, o Mo pode ser absorvido em grandes quantidades nesses solos, desde que o conteúdo de matéria orgânica seja elevado (FERREIRA, 2001). Porém, em solos onde a ocorrência desses óxidos é reduzida ou não está presente, o Mo encontra-se inicialmente ligado à matéria orgânica, tornando-se disponível para a absorção somente após esta ter sido mineralizada.

A interação entre nutrientes no solo também pode afetar a disponibilidade do Mo para as plantas. Os nutrientes que estão mais diretamente envolvidos nesse processo são o fósforo e o enxofre, exercendo efeitos contrários, apesar de apresentarem o mesmo tipo de carga ou a mesma natureza iônica. O fósforo possui efeito sinérgico com o Mo, estimulando sua absorção devido à substituição do íon molibdato pelo íon fosfato nos sítios de adsorção, aumentando, assim, a disponibilidade do primeiro na solução do solo. Além disso, existe a possibilidade da formação de complexos fosfomolibdatos, que são rapidamente absorvidos pelas raízes, e que favorecem, também, o transporte do Mo a longa distância (MARSCHNER, 1995). Já o enxofre tem influência negativa sobre a absorção do Mo (MARTINÉZ et al., 1996). Segundo GUPTA e LIPSETT (1981), se o enxofre for absorvido em excesso pelas plantas, a disponibilidade de Mo diminui. Esse comportamento é reflexo do antagonismo existente entre esses dois nutrientes durante o processo de absorção, bem como do mecanismo de translocação do Mo das raízes para a parte aérea.

Outro fator muito importante na disponibilidade de Mo é a textura do solo, sendo possível esperar-se deficiência em solos arenosos, mesmo que o pH seja elevado para 6,5 (GUPTA, 1969). Este mesmo autor, mostra que a umidade do solo, também é um fator muito importante que afeta a disponibilidade de Mo para as plantas, pois solos mal drenados acumulam MoO_4^{2-} .

2.3. Adubação molíbdica do feijoeiro

Minas Gerais tem-se destacado nos estudos que visam determinar a influência da adubação molíbdica na cultura do feijão. Os componentes da produção mais influenciados por esta adubação, são o número de vagens m^{-2} , o número de sementes $vagem^{-1}$, e o peso de 100 sementes que concomitantemente influenciam a produção final de grãos. Na maioria dos ensaios de adubação com Mo realizados na Zona da Mata de Minas Gerais, tem sido observado aumento de produção do feijoeiro (VIEIRA et al., 1992; BERGER et al., 1996; AMANE, 1997; COELHO et al., 1998; PESSOA, 1998; ARAÚJO, 2000). Segundo PESSOA (1998), o uso de Mo nesta região, vem-se generalizando, recomendando-se 20 g ha^{-1} em aplicação foliar entre 20 e 25 dias após a emergência das plântulas. A explicação para resultados altamente favoráveis obtidos com Mo é o fato de esses solos serem explorados há centenas de anos, sem aplicação de adubo molíbdico.

Em função da pequena quantidade desse micronutriente exigida pelas plantas, o Mo disponível para a cultura, quer seja no solo ou na semente, pode suprir as necessidades do feijoeiro. Porém, quando esta necessidade não é suprida, este micronutriente pode ser aplicado ao solo, pulverizado por via foliar ou ainda peletizado às sementes. A adição direta do adubo contendo Mo ao solo é muitas vezes ineficaz por sua adsorção à matéria orgânica e aos óxidos de ferro e de alumínio, tornando-se assim não disponível às plantas (HOROWITZ, 1978). Outras formas de aplicação, visando suprir as necessidades da planta, parecem ser mais adequadas que a adubação no solo. Exemplo disso é o envolvimento das sementes com produtos que contenham Mo, como FTE, Fritted Trace Element, molibdato de sódio ou de amônio e ácido molíbdico, que podem constituir uma forma de aumentar a eficiência da aplicação de Mo (FARIA et al., 1985). Entretanto, podem ocorrer as mesmas perdas que normalmente ocorrem no solo.

A embebição das sementes em soluções que contenham Mo, constitui um outro método eficiente de aplicação de Mo (GUPTA, 1979). Contudo, o contato direto das sementes com essas soluções tem provocado a perda do poder germinativo, reduções do crescimento e da produção ou até mesmo,

aumentado a mortalidade de *Rhizobium*, diminuindo com isto, a nodulação (REISENAUER, 1963). Um método mais prático de aplicar Mo sem causar maiores danos, seria a utilização das próprias reservas das sementes, porém esse método só é possível, se as sementes possuírem concentrações adequadas do elemento (GURLEY e GIDDENS, 1969).

Em função da sua mobilidade na planta, o Mo pode ser aplicado via adubação foliar, reduzindo assim, as perdas por fixação quando adicionado ao solo. Estudos realizados na Zona da Mata de Minas Gerais, por BRAGA (1972), JUNQUEIRA NETTO et al. (1977), SANTOS et al. (1979), obtiveram respostas positivas da cultura do feijão à adubação molíbdica, tanto aplicada diretamente no solo ou por meio das sementes. Entretanto, BERGER et al. (1995) comprovaram que a aplicação foliar de Mo pode ser tão ou mais eficiente que a aplicação no solo. Outros autores, como VIEIRA et al. (1992) e AMANE et al. (1994), confirmam a eficácia da pulverização foliar, como sendo um método simples e rápido de se executar e de emprego apenas quando necessário, isto é, quando os feijoeiros exibem folhas de cor verde amareladas.

ARAÚJO et al. (1987), inoculando sementes com *Rhizobium* e Mo em diferentes doses, observaram tendência de aumento de produção, quando aplicaram o Mo, indicando a dosagem de 10 a 20 g ha⁻¹, como sendo as mais adequadas, mesmo não detectando diferenças significativas positivas na produtividade. Verificaram-se também, diferenças significativas para o número de vagens planta⁻¹ no contraste entre o tratamento residual (sementes provenientes de plantas que haviam recebido Mo por via foliar, na dose de 20 g ha⁻¹) vs outros. O Mo também afetou o peso de 100 grãos, sendo a dose de 20 g ha⁻¹ a que propiciou o maior peso médio de 100 sementes. Estes autores também observaram que a dose de 20 g ha⁻¹ de Mo propiciou o maior teor foliar de N.

VIEIRA et al. (1992), com 20 g ha⁻¹ de Mo via foliar aos 25 dias após a emergência em Viçosa, obtiveram incremento de 200% na produtividade do feijoeiro, e junto com a adubação nitrogenada, ainda houve aumento adicional de cerca de 19%. O teor de N nas folhas aumentou aproximadamente de 3 dag kg⁻¹ para 5 dag kg⁻¹, quando o nitrogênio foi aplicado no sulco de plantio. Em

Ponte Nova, o Mo sozinho não teve efeito, mais junto com N aumentou cerca de 50% a produtividade.

Trabalhos realizados por BERGER et al. (1993, 1995 e 1996), avaliando o efeito de doses de Mo aplicadas via foliar sobre a cultura do feijoeiro, observaram aumento de produção de 54% com o uso de 90 g ha⁻¹ de Mo em Viçosa, e em Coimbra, aumento de 164% em relação à dose zero, com a dose estimada de 78 g ha⁻¹. Também observou-se que em Viçosa, o peso médio de 100 sementes não foi afetado significativamente pelas diferentes doses aplicadas. Já em Coimbra, a resposta foi quadrática com o peso máximo de 18,1 g, alcançado com a aplicação de 81 g ha⁻¹ de Mo, concluindo que as doses que permitem as mais altas produções são de 80 a 90 g ha⁻¹. Quanto ao teor de N nas folhas do feijoeiro, esses autores observaram que os dados se ajustaram a uma curva quadrática, sendo o teor foliar máximo de N de 3,75 dag kg⁻¹, alcançado com a aplicação de 67 g ha⁻¹ de Mo, superior em 21% quando comparado à dose zero, em Viçosa. Em Coimbra, a curva que melhor se ajustou aos dados também foi a quadrática, com o teor máximo de N nas folhas de 3,95 dag kg⁻¹, alcançado com 78 g ha⁻¹ de Mo. Comparando os ensaios de Viçosa e Coimbra, os autores concluíram que as melhores doses de Mo, para se alcançarem os maiores teores de N nas folhas, se situam entre 60 e 80 g ha⁻¹ de Mo. Com o desenvolvimento das vagens, o teor de N na folha diminui devido ao intenso crescimento das sementes e a translocação de N para as vagens, associados à redução da absorção de N do solo e à redução da fixação biológica. Esses efeitos são mais acentuados nas plantas deficientes em Mo, que conseqüentemente, apresentam menor concentração de N nas folhas e nos grãos, quando comparadas com as bem nutridas (PESSOA, 1998).

AMANE et al. (1994), avaliando o comportamento de diferentes cultivares de feijão em relação às adubações nitrogenada e molíbdica em Viçosa e Coimbra, registraram aumentos significativos na produção de grãos e no peso de 100 sementes, que variaram de 23 a 91%, utilizando tanto adubação nitrogenada em cobertura como adubação foliar com Mo. O teor de N nas folhas, também aumentou significativamente, com incrementos que

variaram de 13 a 36%, proporcionando folhas com cor verde mais escura, porém alguns cultivares não seguiram esta mesma tendência.

Avaliando o efeito do N e do Mo sobre as culturas de milho e feijão, em monocultivo e em consórcio, COELHO et al. (1998) verificaram acréscimo de 30% na produtividade do feijoeiro em monocultivo devido ao Mo, não tendo sido o mesmo observado quando consorciado com milho. O incremento causado pelo Mo no monocultivo, segundo os autores, foi relacionado ao aumento da atividade da redutase do nitrato e à melhor fixação de N₂, detectada pelo aumento da concentração de ureídios no exsudato do xilema.

Em Lavras, a aplicação foliar de 40 g ha⁻¹ de Mo aos 25 dias após a emergência da cultura aumentou a produtividade em 91%, comparado à testemunha e de 55, 28 e 6% no número de vagens por planta, na altura da planta e no número de grãos por vagem, respectivamente (ALVARENGA, 1995).

Resultados positivos da adubação foliar com Mo também foram reportados por FERREIRA (2001) em Viçosa. No experimento I, obteve-se efeito quadrático das doses sobre a produtividade, onde a aplicação de 83,9 g ha⁻¹ de Mo proporcionou aumento de 41% em relação ao tratamento sem Mo, sendo o mesmo efeito quadrático observado para o peso de 100 sementes, onde o peso máximo de 18,25 g, foi obtido com a dose estimada de 74,9 g ha⁻¹ de Mo. No experimento II, a produção de grãos apresentou resposta linear positiva à aplicação foliar de Mo, elevando a produtividade de 899 para 1.114 kg ha⁻¹, incremento de 23,9% quando comparado a testemunha com a de 120 g ha⁻¹. Esta discrepância de produtividade em resposta ao Mo pode ser explicada por vários fatores. Dentre eles, este mesmo autor cita a baixa reserva deste elemento nas sementes, deficiência de Mo nos solos cultivados em função de cultivos contínuos sem reposição deste nutriente, pois ele é altamente removido pelos grãos. Em concordância com outros autores (DALLPAI, 1996; PESSOA, 1998), que evidenciaram a eficiência da adubação foliar de Mo, em aumentar a concentração deste nas folhas, este autor verificou efeito quadrático nos dois experimentos realizados em Viçosa. No primeiro, o teor de Mo na matéria seca aumentou de 0,106 mg kg⁻¹ na dose zero, para 1,8 mg kg⁻¹ na dose de 120 g ha⁻¹, e de 0,35 mg kg⁻¹ na dose zero, para 3,64 mg

kg⁻¹ na dose de 120 g ha⁻¹, no experimento II. Quanto aos nutrientes das sementes, verificou que a adubação foliar com Mo originou sementes com maiores concentrações desse nutriente, apresentando efeito linear crescente no experimento I e, efeito quadrático no experimento II. FERREIRA et al. (2002) observaram que a adubação foliar molíbdica aumentou o teor de nitrogênio orgânico presente na matéria seca das sementes.

AMANE (1997) verificou que o aumento das doses de Mo aplicadas via foliar elevou de forma quadrática, a produtividade do feijoeiro e o peso médio de sementes, sendo os valores máximos obtidos com as doses de 72 e 100 g ha⁻¹, respectivamente. Observou também, que o efeito combinado do N no sulco de plantio mais Mo nas folhas é mais vantajoso que a aplicação isolada de cada. Houve aumento de forma quadrática no teor de N nas folhas com o valor máximo obtido com a dose de 119 g ha⁻¹. DINIZ (1995), estudando a resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de Mo e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura em Lavras, verificou acréscimo no número de vagens e no peso de 100 sementes, resultando no aumento de rendimento na mesma magnitude que o obtido com a adubação nitrogenada em cobertura.

A época de aplicação do Mo é outra informação muito importante para a cultura do feijoeiro. BERGER et al. (1996) estudaram o efeito de diferentes épocas de aplicação foliar do Mo sobre o feijoeiro, cultivar Ouro Negro, com pulverizações de 20 g ha⁻¹, aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, e 56 dias após a emergência, encontrando em Viçosa, efeito cúbico sobre a produção, com o rendimento máximo de 1.815 kg ha⁻¹, aos 19 dias. Em Coimbra, o efeito foi quadrático sobre a produção, com o máximo de 1.955 kg ha⁻¹, aplicado aos 24 dias após a emergência. O teor máximo de N nas folhas, através de uma curva quadrática, foi de 4,34 dag kg⁻¹, obtido com a aplicação de Mo aos 21 dias após a emergência das plântulas em Viçosa, não detectando significância no experimento de Coimbra. BERGER (1995), avaliando o efeito da época de aplicação foliar do Mo sobre o peso médio de 100 sementes, não verificou efeito significativo em Viçosa nem em Coimbra.

Trabalhando com a adubação molíbdica do feijoeiro, PESSOA (1998) verificou aumento de 833% no teor de Mo nas folhas. A deficiência de Mo reduziu a produtividade e afetou o metabolismo do N, diminuindo as atividades

das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, conseqüentemente, os teores de N total e N orgânico nas folhas e nos grãos.

Os resultados obtidos por JACOB NETO e FRANCO (1986), com o cv. Carioca, tendo a simbiose com *Rhizobium* como fonte de N, indicaram que a aplicação foliar de 200 g ha⁻¹ foi mais eficiente que a aplicação no solo de 800 g ha⁻¹, para aumentar a concentração de Mo nas sementes.

A avaliação do estado nutricional de N nas plantas poder ser feita por meio dos teores de N-total, N-orgânico, N-nitrato e clorofila. Um método que vem apresentando bons resultados em pesquisa no campo é a medida de clorofila em clorofilômetro. A concentração de clorofila ou a intensidade da coloração verde se correlaciona positivamente com a concentração de N das folhas, pois a maior parte deste elemento contido nas folhas participa da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (TAIZ e ZEIGER, 1998). As correlações entre a leitura pelo clorofilômetro em campo com o teor de clorofila em laboratório são altas e positivas, sendo considerado de grande importância para a diagnose precoce de N, devido ao seu baixo custo, praticidade e dinamismo, possibilitando decisões rápidas para possíveis adubações nitrogenadas em cobertura (OLIVEIRA, 1998).

Atualmente, o medidor SPAD – 502 tem sido utilizado com sucesso no diagnóstico do estado nutricional das plantas em relação ao N, bem como na recomendação de adubação nitrogenada, em cobertura em culturas como o milho (WOOD et al., 1992, WASKON et al., 1996), batata (MINOTTI et al., 1994), arroz (PENG et al., 1995) e tomate (GUIMARÃES et al., 1996). Com a cultura do feijoeiro, STONE et al. (2002) observaram correlação altamente significativa entre o conteúdo relativo de clorofila (CRC) e o nitrogênio foliar específico (NFE), indicando que o clorofilômetro pode ser usado para estimar a concentração de N nas folhas do feijoeiro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos, sendo um no período de verão-outono, com semeadura em março de 2002 (experimento I) e o outro no período de inverno-primavera, com semeadura em julho de 2002 (experimento II), utilizando-se em ambos a variedade Meia Noite, feijão preto com hábito de crescimento indeterminado (tipo II). Os experimentos foram conduzidos em condições de campo, na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no município de Coimbra, MG, na Zona da Mata de Minas Gerais. A área é caracterizada pelas coordenadas geográficas, 20° 50' 30" de latitude sul e 42° 48' 30" de longitude oeste, com altitude de 715 metros. O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, que foi previamente amostrado à profundidade de 0-20 cm, para as suas caracterizações química e física (Tabela 1).

Os experimentos foram organizados segundo delineamento experimental em blocos casualizados, com dez tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram: 1- testemunha, sem Mo; 2- 80 g ha⁻¹ de Mo aplicados aos 15 dias após a emergência (DAE); 3- 40 g ha⁻¹ de Mo aplicados aos 15 DAE e 40g aplicados aos 20 DAE; 4- 40 g ha⁻¹ de Mo aos 15 DAE e 40 g ha⁻¹ de Mo aplicados aos 25 DAE; 5- 40 g ha⁻¹ de Mo aos 15 DAE e

Tabela 1 – Características químicas e físicas da camada arável (0-20) do solo dos experimentos de verão-outono e inverno-primavera

CARACTERÍSTICAS	Verão-outono		Inverno-primavera	
	Valor	Interpretação ⁵	Valor	Interpretação ⁵
pH em água (1:2,5)	5,84	Médio	5,35	Médio
Carbono Orgânico (dag Kg ⁻¹)	1,46	Médio	1,74	Médio
P (mg dm ⁻³) ¹	6	Médio	6	Médio
K (mg dm ⁻³) ¹	60	Médio	60	Médio
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³) ²	0,0	Muito Baixo	0,0	Muito Baixo
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ²	1,54	Médio	1,23	Médio
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ²	0,56	Médio	0,45	Médio
H ⁺ + Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³) ³	1,5	Baixo	2,13	Baixo
Mo (mg dm ⁻³) ⁴	0,80	Baixo	0,85	Baixo
Na (mg dm ⁻³) ¹	4	-	0,0	-
SB (cmol _c dm ⁻³) ²	2,25	Médio	1,83	Médio
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	2,25	Baixo	1,90	Baixo
CTC total (cmol _c dm ⁻³)	3,73	Baixo	3,93	Baixo
V (%)	60	Médio	46	Médio
m (%)	0	Muito Baixo	0	Muito Baixo
Classificação textural	-	Argiloso	-	Argiloso

¹Extrator Mehlich-1 (VETTORI, 1969).

²Extrator KCl 1 mol/L (VETTORI, 1969).

³Extrator CaOAc 0,5 mol/L, pH 7,00 (VETTORI, 1969).

⁴Método do iodeto de potássio (PESSOA, 1998).

⁵COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1999).

40 g ha⁻¹ de Mo aos 30 DAE; 6- 80 g ha⁻¹ de Mo aos 20 DAE; 7- 40 g ha⁻¹ de Mo aos 20 DAE e 40 g ha⁻¹ de Mo aos 25 DAE; 8- 40 g ha⁻¹ de Mo aos 20 DAE e 40 g ha⁻¹ de Mo aos 30 DAE; 9- 80 g ha⁻¹ de Mo aos 25 DAE; 10- 40 g ha⁻¹ de Mo aos 25 DAE e 40 g ha⁻¹ de Mo aos 30 DAE. Estes tratamentos estão mais bem descritos na Tabela 2.

Cada unidade experimental foi constituída de cinco fileiras de 5 m de comprimento, espaçadas 0,5 m entre si. A parcela útil, com 6 m², foi formada por três fileiras centrais, excluindo-se, como bordadura, as fileiras externas e

meio metro de cada extremidade. A terceira fileira foi usada para a determinação do índice SPAD. Os componentes da produção e rendimento foram obtidos nas outras duas fileiras, com área total de 4 m².

Tabela 2 – Tratamentos correspondentes a doses, épocas de aplicação e parcelamento do Mo aplicado via foliar, no feijoeiro, cv. Meia Noite, nos experimentos I e II

TRATAMENTO	DIAS APÓS A EMERGÊNCIA (DAE)				
	0	15	20	25	30
1	00	00	00	00	00
Início	2	80			
15	3	40	40		
	4	40		40	
	5	40			40
Início	6		80		
20	7		40	40	
	8		40		40
Início	9			80	
25	10			40	40

Os tratamentos receberam adubação uniforme com 300 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16 no sulco de plantio, não sendo aplicado nitrogênio mineral em cobertura. Todas as sementes utilizadas vieram de amostras submetidas às mesmas condições ambientais, desde as etapas de produção no campo até o armazenamento, sendo dispostas 18 sementes por metro.

As temperaturas médias de Viçosa, nas diferentes épocas de plantio, estão na figura 1. Não se tem essas informações para Coimbra, porém pode-se admitir que não devem ser muito diferentes das de Viçosa, cidade que dista, em linha reta, cerca de 10 km de Coimbra.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens leves e posterior abertura de sulcos. O controle de plantas invasoras foi executado por meio de capinas manuais e o controle de pragas, quando necessário, pelo uso dos inseticidas Decis e Azodrin. A irrigação foi feita por aspersão, quando necessária.

Na ocasião da colheita determinaram-se nos dois experimentos, o “stand” final, o número de vagens m⁻², o número de grãos por vagem, o peso

de 100 sementes e a produtividade de grãos em kg ha^{-1} , com teor de umidade ajustado para 13%.

A determinação do índice SPAD foi realizada no estágio de florescimento pleno, em dez folhas, de dez plantas da área útil, sendo esta a primeira folha trifoliolada adulta completamente desenvolvida, a partir do ápice da planta. As leituras foram realizadas com clorofilômetro modelo Minolta SPAD-502, no início da manhã.

Para as análises foliares dos nutrientes, foi coletada ao acaso, no início do florescimento, de dez plantas da área útil, a primeira folha trifoliolada adulta completamente desenvolvida, a partir do ápice da planta. As folhas foram lavadas em água destilada, secas em estufa de ventilação forçada a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ e moídas em moinho tipo Wiley, sendo em sua matéria seca determinadas as concentrações de N orgânico, N-NO_3^- e Mo.

Selecionaram-se também 100 sementes, ao acaso, para análise dos nutrientes. Estas foram secas em estufa com ventilação forçada a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ até atingir peso constante e, depois, moídas em moinho tipo Wiley. Em sua matéria seca foram determinadas as concentrações de N orgânico, N-NO_3^- e Mo.

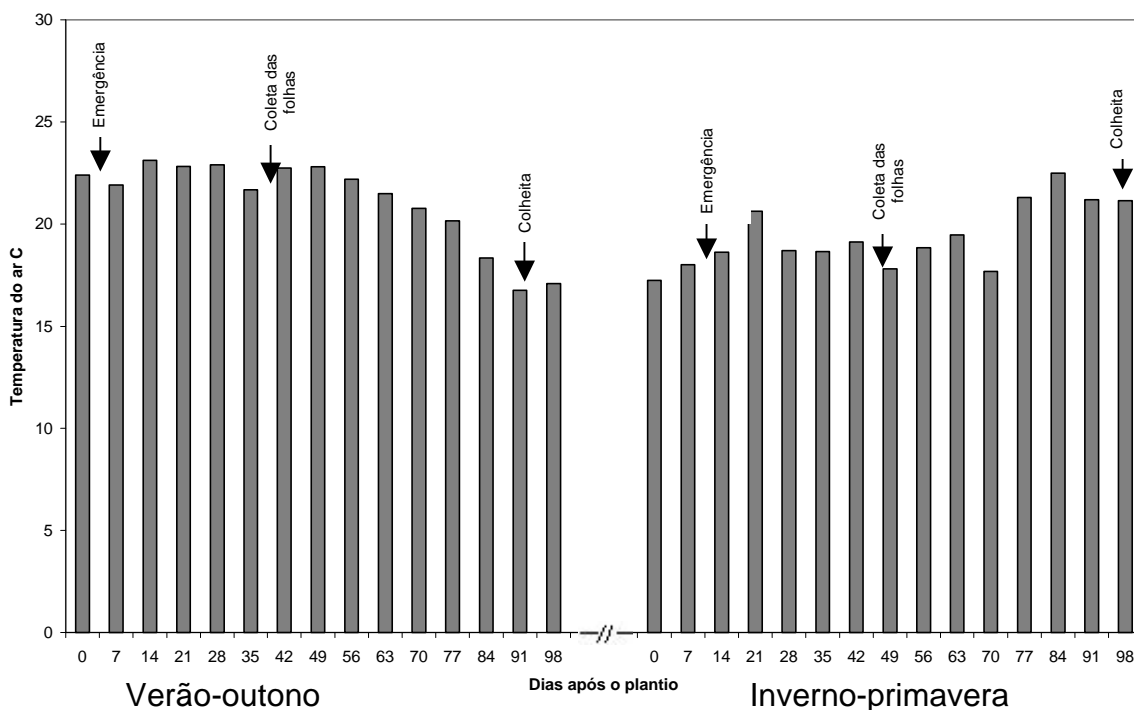


Figura 1 – Distribuição média semanal das temperaturas médias, durante o período de verão-outono (março a junho) e inverno-primavera (julho a outubro)

Para a determinação do N orgânico, usaram-se amostras de 0,1 g de matéria seca, que foram submetidas à digestão sulfúrica. No extrato, dosou-se o N orgânico, utilizando-se o reagente Nessler (JACKSON, 1958) com leitura em espectrofotômetro a 480 nm.

Na determinação do N-NO_3^- , usaram-se amostras de 100 mg, seguindo-se a metodologia descrita por CATALDO et al. (1975), sendo as leituras feitas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 410 nm.

O N-total, das folhas e sementes, foi obtido pelo somatório dos resultados do N orgânico e do N-NO_3^- , porém não foi detectado concentrações de N-NO_3^- nos tecidos analisados.

A análise de molibdênio nos tecidos vegetais, folhas e sementes, foi realizada de acordo com a metodologia do iodeto de potássio, proposta por YATSIMIRSKII (1964), modificada por FUGE (1970), EIVAZI et al. (1982), DALLPAI (1996) e PESSOA (1998). O molibdênio foi mineralizado por calcinação, utilizando-se 1,0 g de tecido vegetal. O material foi colocado em cadinho de porcelana, incinerado em mufla a 300 °C, durante uma hora, e, logo após, a 550 °C, por três horas. Depois de esfriar foram adicionados 10 mL de ácido clorídrico 2 mol L⁻¹. A solução foi colocada em tubo de ensaio, que foi levado ao bloco digestor. Este foi colocado em chapa quente, aumentando-se gradativamente, a temperatura a, no máximo, 250 °C até o material secar completamente. Depois de esfriar, foram adicionados 20 mL de HCl 0,125 mol L⁻¹, sendo o extrato agitado e filtrado. Na leitura, 3 mL do extrato foram colocados em tubo de ensaio e adicionados de 1 mL da solução 2,5 g L⁻¹ de NH_4F e 1 mL da solução H_2O_2 0,65 g L⁻¹. Em seguida, foi adicionado 1 mL da solução 2,5 dag L⁻¹ de KI, agitado e, após decorridos exatamente 10 minutos, efetuada a leitura, a 350 nm, em espectrofotômetro, utilizando-se cubeta de quartzo.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância conjunta, sendo que, para tal, a relação entre os quadrados médios dos resíduos dos experimentos não deveria ultrapassar a 7x1 (GOMES, 1985), e desdobrados em contrastes ortogonais, considerando o teste F a 5% de probabilidade.

Foram estabelecidos nove contrastes ortogonais, sendo eles:

- 1) Testemunha vs Outros (T_1 vs $T_2+T_3+T_4+T_5+T_6+T_7+T_8+T_9+T_{10}$)
- 2) Início 15 + Início 20 vs Início 25 ($T_2+T_3+T_4+T_5$)+(T6+T7+T8) vs (T_9+T_{10})
- 3) Início 15 vs Início 20 ($T_2+T_3+T_4+T_5$ vs T6+T7+T8)
- 4) Início 15 dose única vs Início 15 doses parceladas (T_2 vs T3+T4+T5)
- 5) Dose parcelada 15/20 vs Dose parcelada (15/25 + 15/30) (T_3 vs T4+T5)
- 6) Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30 (T_4 vs T5)
- 7) Início 20 dose única vs Início 20 dose parcelada (T_6 vs T7+T8)
- 8) Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30 (T_7 vs T8)
- 9) Início 25 dose única vs Dose parcelada 25/30 (T_9 vs T10)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise conjunta dos experimentos I e II não revelou efeito significativo ($P = 0,05$) da interação EXP x TRAT para o “stand” final, número de vagens m^{-2} , número de sementes por vagem, peso de 100 sementes e índice SPAD, não ocorrendo o mesmo com a produtividade (Tabela 3).

Tabela 3 – Resumo da análise de variância conjunta dos dados de “stand” final (NUPLAN), vagem m^{-2} (VAGMT), número de sementes por vagem (SEMVAG), peso de 100 sementes (MACEM), produtividade (PROD) e índice SPAD (SPAD), do feijoeiro, nos experimentos I e II

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		NUPLAN	VAGMT	SEMVAG	MACEM	PROD	SPAD
BLO/EXP	6	347005116 n.s.	642,14 n.s.	0,07 n.s.	1,52 n.s.	499547,16 **	17,99 **
EXP	1	6261376000 n.s.	167490,8 **	11,12 **	159,32 **	821397,40 *	452,20 **
TRAT	9	4356814000 n.s.	8502,52 **	0,17 n.s.	3,32 **	1362281 **	59,27 **
EXPxTRAT	9	1178203000 n.s.	1368,96 n.s.	0,02 n.s.	1,79 n.s.	267344,60 *	7,44 n.s.
RESÍDUO	54	3328688889	1766,70	0,08	0,97	105538,55	5,56
CV (%)		19,14	14,06	5,64	5,15	15,26	7,03

n.s.: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

*e**: Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

4.1. “Stand” Final

O contraste Testemunha vs Outros mostra que não houve efeito significativo da aplicação foliar de Mo sobre esta característica (Tabela 4).

Quanto às diferentes épocas de aplicação foliar deste nutriente sobre o “stand” final, o contraste Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30 apresentou efeito significativo ($P = 0,05$) (Tabela 4). Porém, em geral, todos os “stands” obtidos estão dentro da faixa considerada adequada para o feijão, isto é, entre 200 mil e 375 mil plantas ha^{-1} (VIEIRA, 1978).

Tabela 4 – Contrastes estimados para número de plantas ha^{-1} , do feijoeiro, cv. Meia Noite, em função de doses e épocas de aplicação foliar de Mo

CONTRASTES	EXPERIMENTO	DIFERENÇA
Testemunha vs Outros	301.250 vs 299.688	1.562 n.s.
Início 15 + Início 20 vs Início 25	303.125 vs 287.656	15.469 n.s.
Início 15 vs Início 20	303.828 vs 302.187	1.641 n.s.
Início 15 Dose única vs Início 15 Dose parcelada	325.313 vs 296.667	28.646 n.s.
Dose parcelada 15/20 vs Dose parcelada (15/25+15/30)	300.000 vs 295.000	5.000 n.s.
Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30	263.438 vs 326.563	63.125 *
Início 20 Dose única vs Início 20 Dose parcelada	316.563 vs 295.000	21.563 n.s.
Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30	323.125 vs 266.875	56.250 n.s.
Início 25 Dose única vs Dose parcelada 25/30	285.938 vs 289.375	3.437 n.s.

n.s.: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

*: Significativo ao nível de 5% de probabilidade

4.2. Produtividade de grãos

No experimento de verão-outono (experimento I), observou-se efeito significativo ($P = 0,01$) da aplicação foliar de Mo sobre a produtividade de grãos, passando de 902 para 2.558 $kg\ ha^{-1}$, incremento de 183,6% quando foi comparada a testemunha (dose 0) com os outros tratamentos que receberam 80 $g\ ha^{-1}$ de Mo (Testemunha vs Outros) (Tabela 5). Da mesma forma, no experimento de inverno-primavera (experimento II), a aplicação do Mo aumentou significativamente a produção de grãos, em aproximadamente 46%, com a testemunha produzindo 1.833 $kg\ ha^{-1}$, e os que receberam aplicação foliar de Mo, 2.680 $kg\ ha^{-1}$ (Testemunha vs Outros) (Tabela 5).

Este aumento de produção devido à adubação foliar de molibdênio está relacionado, ao efeito deste micronutriente sobre a enzima nitrogenase, responsável pela fixação biológica do N_2 e da enzima redutase do nitrato, responsável pela redução do nitrato a nitrito, embora isso não tenha sido avaliado neste trabalho, mais analisado indiretamente, através dos teores de Mo e N nas folhas e sementes. Contudo, existem autores (SACO et al., 1995;

COELHO et al., 1998; VIEIRA et al., 1998) que têm relatado a importante participação do nutriente nesses processos metabólicos, resultando em melhor qualidade nutricional nitrogenada das plantas, conseqüentemente, influenciando positivamente os componentes da produção e a produtividade de grãos.

Tabela 5 – Contrastes estimados para a produtividade (kg ha⁻¹) do feijoeiro, cv. Meia Noite, em função de doses e épocas de aplicação foliar de Mo, nos experimentos de verão-outono e de inverno-primavera

CONTRASTES	VERÃO- OUTONO	DIFE- RENÇA	INVERNO- PRIMAVERA	DIFE- RENÇA
Testemunha vs Outros	902 vs 2.558	1.656**	1.833 vs 2.680	847**
Início 15 + Início 20 vs Início 25	2.641 vs 2.269	372 **	2.688 vs 2.653	35 n.s.
Início 15 vs Início 20	2.705 vs 2.556	149 n.s.	2.705 vs 2.665	40 n.s.
Início 15 Dose única vs Início 15 Dose parcelada	2.572 vs 2.749	177 n.s.	2.564 vs 2.752	188 n.s.
Dose parcelada 15/20 vs Dose parc. (15/25+15/30)	2.695 vs 2.776	81 n.s.	2.757 vs 2.749	8 n.s.
Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30	2.768 vs 2.784	16 n.s.	2.592 vs 2.906	314 n.s.
Início 20 Dose única vs Início 20 Dose parcelada	2.335 vs 2.666	331 n.s.	2.812 vs 2.592	220 n.s.
Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30	2.788 vs 2.544	244 n.s.	2.531 vs 2.653	122 n.s.
Início 25 Dose única vs Dose parcelada 25/30	2.139 vs 2.400	261 n.s.	2.745 vs 2.561	184 n.s.

n.s.: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

* e **: Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

Também foi observada significância no experimento I, das diferentes épocas de aplicação foliar do Mo para a produção de grãos (P = 0,01), no contraste Início aos 15 DAE + Início aos 20 DAE vs Início aos 25 DAE (Tabela 5). Isto indica que a aplicação foliar precoce do micronutriente foi mais eficiente quando comparada às aplicações com inícios mais tardios, aumentando de 2.269 para 2.641 kg ha⁻¹, acréscimo de 16% na produtividade.

NEVES (1982) cita que a atividade da nitrogenase e da redutase do nitrato na cultura do feijão inicia-se aproximadamente a partir do 14° DAE, aumentando progressivamente, atingindo pico de atividade no 20° DAE, ocorrendo, a partir desta data queda na atividade, estando a nitrogenase próxima do fim de sua atividade aos 42 DAE, sendo também nessa época em que a redutase atinge o menor índice de atividade no feijoeiro. Portanto, a demanda mais elevada de Mo no início do ciclo deve ter sido, possivelmente, o motivo da melhor resposta da produtividade dos tratamentos que receberam Mo em aplicações mais precoces, mantendo a atividade das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato por maior período de tempo (PESSOA, 1998).

Outra vantagem com relação à aplicação precoce do Mo via foliar é que a planta se encontra pouco desenvolvida, facilitando a aplicação e reduzindo os danos mecânicos sobre as mesmas. Os tratamentos que receberam molibdênio apresentaram plantas mais verdes, mais vigorosas, com maior formação de órgãos florais. Apresentaram também, plantas com senescência das folhas mais tardias, proporcionando maior tempo de enchimento dos grãos, podendo isso ser atribuído à maior atividade da enzima redutase do nitrato, tal como foi observado por COELHO et al. (1998) e VIEIRA et al. (1998) e à maior fixação biológica do nitrogênio atmosférico. Já a testemunha apresentou plantas e folhas com crescimento reduzido, clorose e senescência mais rápida das folhas no período de formação das sementes e reduzido número de órgãos florais.

Não foi observada significância das diferentes épocas de aplicação do Mo, em dose única ou parcelada, para nenhum outro contraste relacionado à característica produtividade de grãos no experimento de inverno-primavera (Tabela 5).

4.3. Peso de 100 sementes

O peso de 100 sementes foi afetado positivamente pela adubação foliar de Mo ($P = 0,01$). Esta observação pode ser confirmada com o resultado do contraste Testemunha vs Outros, que apresentou um peso máximo de 18,13 g para o tratamento que não recebeu Mo e 19,85 g para os tratamentos que receberam Mo, obtendo com isto, acréscimo de 9,5% (Tabela 6). Resultados semelhantes foram obtidos por AMANE (1997), que conseguiu aumento de 13% no peso de 100 sementes com a aplicação de Mo.

Este aumento no peso de 100 sementes, devido à adubação foliar de molibdênio está relacionado, provavelmente, ao efeito deste micronutriente sobre a enzima nitrogenase, responsável pela fixação biológica do N_2 e da enzima redutase do nitrato, responsável pela redução do nitrato a nitrito, embora isso não tenha sido avaliado neste trabalho.

Tabela 6 – Contrastes estimados para o peso de 100 sementes (g) do feijoeiro, cv. Meia Noite, em função de doses e épocas de aplicação foliar de Mo

CONTRASTES	EXPERIMENTO (g)	DIFERENÇA (g)
Testemunha vs Outros	18,13 vs 19,85	1,72 **
Início 15 + Início 20 vs Início 25	19,83 vs 19,80	0,03 n.s.
Início 15 vs Início 20	19,90 vs 19,74	0,16 n.s.
Início 15 Dose única vs Início 15 Dose parcelada	19,26 vs 20,11	0,85 *
Dose parcelada 15/20 vs Dose parcelada (15/25+15/30)	20,07 vs 20,13	0,06 n.s.
Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30	19,82 vs 20,45	0,63 n.s.
Início 20 Dose única vs Início 20 Dose parcelada	19,84 vs 19,69	0,15 n.s.
Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30	19,53 vs 19,86	0,33 n.s.
Início 25 Dose única vs Dose parcelada 25/30	19,56 vs 20,23	0,67 n.s.

n.s.: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

*e**: Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

Outro fator que pode ter contribuído para o aumento do peso do grão foi a senescência retardada observada nos tratamentos que receberam Mo, aumentando assim o período de enchimento do grão.

As diferentes épocas de aplicação foliar do Mo influenciaram significativamente ($P = 0,05$) o peso de 100 sementes. O contraste Início 15 dose única vs Início 15 dose parcelada, evidencia acréscimo de 4,5% no peso de 100 sementes, quando o Mo foi aplicado com início aos 15 DAE de forma parcelada (Tabela 6).

4.4. Número de vagens m^{-2}

A aplicação foliar de Mo mostrou efeito significativo ($P = 0,01$) sobre o número de vagens m^{-2} , não sendo o mesmo observado para as diferentes épocas de aplicação deste micronutriente, tanto em aplicações parceladas como em aplicações em doses únicas. O resultado do contraste Testemunha vs Outros (Tabela 7), mostra que houve incremento de 62% quando comparada a dose zero, que produziu 158 vagens m^{-2} , com os que receberam 80 g ha^{-1} , com produção de 256 vagens m^{-2} .

Tabela 7 – Contrastes estimados para o número de vagens m⁻² do feijoeiro, cv. Meia Noite, em função de doses de épocas de aplicação foliar de Mo

CONTRASTES	EXPERIMENTO	DIFERENÇA
Testemunha vs Outros	158 vs 256	98 **
Início 15 + Início 20 vs Início 25	260 vs 240	20 n.s.
Início 15 vs Início 20	262 vs 257	5 n.s.
Início 15 Dose única vs Início 15 Dose parcelada	258 vs 264	6 n.s.
Dose parcelada 15/20 vs Dose parcelada (15/25+15/30)	263 vs 265	2 n.s.
Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30	257 vs 273	16 n.s.
Início 20 Dose única vs Início 20 Dose parcelada	257 vs 258	1 n.s.
Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30	262 vs 253	9 n.s.
Início 25 Dose única vs Dose parcelada 25/30	245 vs 236	9 n.s.

n.s.: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade

4.5. Número de sementes vagem⁻¹

Semelhantemente às características anteriores, o número de sementes por vagem também foi positivamente afetado pela adubação foliar de Mo, porém de forma bem menos intensa. Houve acréscimo de 8,5% neste valor para o contraste Testemunha vs Outros, obtendo 4,84 sementes vagem⁻¹ para a testemunha, enquanto que nos outros tratamentos que receberam Mo foi observado 5,27 sementes vagem⁻¹. Não foi observada significância em nenhum outro contraste avaliado.

Tabela 8 – Contrastes estimados para o número de sementes por vagem do feijoeiro, cv. Meia Noite, em função de doses de épocas de aplicação foliar de Mo

CONTRASTES	EXPERIMENTO	DIFERENÇA
Testemunha vs Outros	4,84 vs 5,27	0,43 **
Início 15 + Início 20 vs Início 25	5,27 vs 5,28	0,01 n.s.
Início 15 vs Início 20	5,28 vs 5,25	0,03 n.s.
Início 15 Dose única vs Início 15 Dose parcelada	5,26 vs 5,29	0,03 n.s.
Dose parcelada 15/20 vs Dose parcelada (15/25+15/30)	5,31 vs 5,28	0,03 n.s.
Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30	5,37 vs 5,19	0,18 n.s.
Início 20 Dose única vs Início 20 Dose parcelada	5,17 vs 5,29	0,12 n.s.
Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30	5,26 vs 5,32	0,06 n.s.
Início 25 Dose única vs Dose parcelada 25/30	5,27 vs 5,29	0,02 n.s.

n.s.: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade

4.6. Índice SPAD

Os valores obtidos para as leituras SPAD, mostraram crescimento de 28,5% para o contraste Testemunha vs Outros (Tabela 9), o que demonstra a maior intensidade de coloração verde com a aplicação foliar de Mo no feijoeiro. Os tratamentos que não receberam aplicação de Mo apresentaram o valor máximo de 29,46 unidades SPAD, contra o valor máximo de 37,91 unidades para os tratamentos que receberam Mo. ARAÚJO (2000), com base em leituras obtidas com o medidor SPAD, verificou que, tanto a aplicação foliar de Mo aos 25 DAE quanto a adubação nitrogenada em cobertura, proporcionaram aumento do teor de clorofila nas folhas, mas a combinação do Mo com a aplicação de N em cobertura proporcionou aumento ainda maior.

Este aumento do valor do índice SPAD devido à adubação foliar de molibdênio mostra a estreita relação entre o Mo e a intensidade de cor verde, devido a maior absorção de N (VIEIRA et al., 1992), maior síntese de clorofila (TAIZ e ZEIGER, 1998) e atividade fotossintética, possibilitando o aumento de rendimento. Com a melhor nutrição nitrogenada, possivelmente haveria maior síntese da molécula de clorofila, aumentando a intensidade de coloração verde das folhas.

O Índice SPAD, também não apresentou resposta significativa às diferentes épocas de aplicação foliar do Mo, em dose única ou parcelada (Tabela 9).

Tabela 9 – Contrastes estimados para o índice SPAD do feijoeiro, cv. Meia Noite, em função de doses e épocas de aplicação foliar de Mo

CONTRASTES	EXPERIMENTO	DIFERENÇA
Testemunha vs Outros	29,46 vs 37,91	8,45 **
Início 15 + Início 20 vs Início 25	38,04 vs 37,46	0,58 n.s.
Início 15 vs Início 20	37,78 vs 38,38	0,60 n.s.
Início 15 Dose única vs Início 15 Dose parcelada	37,79 vs 37,78	0,01 n.s.
Dose parcelada 15/20 vs Dose parcelada (15/25+15/30)	37,14 vs 38,11	0,97 n.s.
Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30	37,61 vs 38,60	0,99 n.s.
Início 20 Dose única vs Início 20 Dose parcelada	38,53 vs 38,30	0,23 n.s.
Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30	38,13 vs 38,48	0,35 n.s.
Início 25 Dose única vs Dose parcelada 25/30	37,20 vs 37,73	0,53 n.s.

n.s.: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

**.: Significativo ao nível de 1% de probabilidade

4.7. Teor de molibdênio e nitrogênio na folha do feijoeiro

A análise de variância dos teores foliares de nitrogênio e molibdênio no feijão foi realizada separadamente para cada experimento, pois a relação entre os quadrados médios do resíduo, dos dois experimentos, foi superior ao recomendado para a realização da análise de variância conjunta (GOMES, 1985).

A adubação foliar com molibdênio influenciou positivamente as concentrações de Mo e N total ($P = 0,01$), nas folhas do feijoeiro, no experimento de verão-outono (experimento I) (Testemunha vs Outros). No experimento de inverno-primavera, (experimento II), somente a concentração de N total foi influenciada ($P = 0,01$) por esta adubação, não ocorrendo o mesmo com a concentração de Mo na folha do feijoeiro ($P = 0,05$) (Testemunha vs Outros) (Tabela 10). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por outros autores (DALLPAI, 1996; PESSOA, 1998). Foi observado no experimento I, acréscimo de 57% na concentração foliar de Mo. A testemunha apresentou teor médio de $1,90 \text{ mg kg}^{-1}$ e os tratamentos que receberam 80 g ha^{-1} de Mo, apresentaram $3,00 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 11), indicando que a aplicação foliar de Mo foi eficiente para a planta absorver e metabolizar esse nutriente. No experimento II, mesmo não apresentando diferenças significativas ($P = 0,05$) no teor de Mo nas folhas, foi verificado, como no experimento I, uma tendência de aumento no teor foliar deste micronutriente com a aplicação de Mo, tendo o teor aumentado de $2,85 \text{ mg kg}^{-1}$, na dose zero, para $3,54 \text{ mg kg}^{-1}$, na dose de 80 g ha^{-1} (Tabela 11).

Segundo PESSOA (1998), a aplicação foliar de molibdênio é responsável pelo aumento e pela manutenção da atividade da nitrogenase e da redutase do nitrato em valores altos, por maior período de tempo, durante o ciclo de feijoeiro, comparando-se as plantas que não recebem Mo. Esta afirmativa foi verificada pelo aumento da concentração de molibdênio nas folhas do feijoeiro. Isto mostra que as plantas satisfatoriamente nutridas com Mo neste experimento, possivelmente tiveram incrementos na utilização do nitrogênio, por melhorar a fixação biológica e utilizar mais eficientemente o N mineral absorvido do solo.

Tabela 10 – Resumo da análise de variância dos dados observados, desdobrados em contrastes ortogonais, para os teores foliares de Mo e N-total nos experimentos de verão-outono e inverno-primavera

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios			
		Verão-outono		Inverno-primavera	
		Mo	N-total	Mo	N-total
Blocos	3	0,3598	0,0247	2,6173	0,5188
Testemunha vs Outros	1	4,3109 **	9,9029 **	1,7306 n.s.	8,7453 **
Início 15 + Início 20 vs Início 25	1	4,2741 **	0,0283 n.s.	0,1072 n.s.	0,0573 n.s.
Início 15 vs Início 20	1	1,6763 **	0,7426 **	0,7405 n.s.	0,0008 n.s.
Início 15 Dose única vs Início 15 Dose parcelada	1	1,8759 **	0,0001 n.s.	0,0004 n.s.	0,1584 n.s.
Dose parc. 15/20 vs Dose parc. (15/25+15/30)	1	2,6470 **	0,3050 n.s.	0,0115 n.s.	0,3700 n.s.
Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30	1	7,4085 **	0,0525 n.s.	0,4499 n.s.	0,00001 n.s.
Início 20 Dose única vs Início 20 Dose parcelada	1	2,2531 **	0,0567 n.s.	1,5480 n.s.	0,0002 n.s.
Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30	1	2,9959 **	0,3553 *	0,2888 n.s.	0,1696 n.s.
Início 25 Dose única vs Dose parcelada 25/30	1	4,7974 **	0,0415 n.s.	0,0839 n.s.	0,0719 n.s.
Resíduos		0,1080	0,0828	1,0777	0,8412
C.V. (%)	-	11,38	7,82	29,88	18,48

n.s.: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

*e**: Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

Isto foi comprovado pelos maiores teores de Mo e N total nas folhas e pelo aspecto visual das plantas que apresentaram maior crescimento e folhas com coloração mais verde conforme evidenciado na leitura SPAD, durante a fase de enchimento dos grãos.

Uma característica da adubação molíbdica é a variação da concentração deste nutriente, nas diferentes partes da planta, nas diferentes espécies e mesmo entre variedades de uma espécie, como ocorre no feijoeiro (JACOB NETO e FRANCO, 1989). No feijoeiro, estas variações irão depender das condições de suprimento externo deste nutriente à planta.

Se adequado, o conteúdo de Mo nas folhas é maior que nos nódulos, porém se o suprimento for deficiente, a concentração de Mo nos nódulos é maior que nas folhas (JACOB NETO e FRANCO, 1989). Em geral, o Mo se encontra na planta em uma faixa que varia de 0,1 a 30,0 mg kg⁻¹, porém as concentrações comumente encontradas estão na faixa de 0,1 a 0,2 mg kg⁻¹ HAQUE (1987). Segundo JOHNSON et al. (1952), o teor de Mo na folha do feijoeiro considerada suficiente é de 0,4 mg kg⁻¹, enquanto OLIVEIRA e THUNG (1988) consideram a faixa de 0,40 a 1,40 mg kg⁻¹, a concentração

normal. Conforme relatou PESSOA (1998), plantas com teores abaixo de 0,61 mg kg⁻¹ apresentam deficiência de Mo, interferindo no metabolismo do N. A época de plantio e a densidade podem afetar a absorção e a distribuição de nutrientes no feijoeiro, segundo MAFRA et al. (1974). As maiores quantidades de nutrientes são encontradas nas plantas cultivadas em épocas chuvosas, em determinadas populações, dependendo da adubação aplicada e do nível de fertilidade do solo (OLIVEIRA e THUNG, 1988).

Tabela 11 – Contrastes estimados para o teor foliar de molibdênio (mg kg⁻¹) do feijoeiro, cv. Meia Noite, em função de doses e épocas de aplicação foliar de Mo, nos experimentos de verão-outono e inverno-primavera

CONTRASTES	VERÃO- OUTONO	DIFE- RENÇA	INVERNO- PRIMAVER A	DIFE- RENÇA
Testemunha vs Outros	1,90 vs 3,00	1,10 **	2,85 vs 3,54	0,69 n.s.
Início 15 + Início 20 vs Início 25	2,81 vs 3,64	0,83 **	3,51 vs 3,65	0,14 n.s.
Início 15 vs Início 20	2,60 vs 3,09	0,49 **	3,37 vs 3,70	0,33 n.s.
Início 15 Dose única vs Início 15 Dose parcelada	2,01 vs 2,80	0,79 **	3,36 vs 3,38	0,02 n.s.
Dose parcelada 15/20 vs Dose parc. (15/25+15/30)	2,13 vs 3,13	1,00 **	3,33 vs 3,40	0,07 n.s.
Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30	2,17 vs 4,09	1,92 **	3,16 vs 3,64	0,48 n.s.
Início 20 Dose única vs Início 20 Dose parcelada	2,48 vs 3,40	0,92 **	4,21 vs 3,45	0,76 n.s.
Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30	2,79 vs 4,01	1,22 **	3,64 vs 3,26	0,38 n.s.
Início 25 Dose única vs Dose parcelada 25/30	2,87 vs 4,41	1,54 **	3,54 vs 3,75	0,21 n.s.

n.s.: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

**.: Significativo ao nível de 1% de probabilidade

De forma semelhante, nos dois experimentos, em condição de deficiência de Mo, as plantas apresentaram sintomas típicos de deficiência de nitrogênio, caracterizados por pequeno crescimento das folhas e plantas, clorose a partir das folhas mais velhas atingindo toda a planta de forma uniforme. No decorrer do ciclo da cultura, as folhas mais velhas tornaram-se necróticas com posterior queda, observando-se com isto, redução no ciclo da cultura em cerca de 10 dias.

A concentração de N total nas folhas aumentou em 75% com a adubação foliar molíbdica, quando comparada com os tratamentos que não receberam Mo no experimento I. Estes apresentaram teor médio de 2,19 dag kg⁻¹ e os que receberam Mo via foliar, apresentaram 3,85 dag kg⁻¹ (Tabela 12).

No experimento II, o tratamento que não recebeu aplicação foliar de Mo apresentou teor máximo de N na matéria seca das folhas igual a 4,74 dag kg⁻¹,

enquanto os tratamentos que receberam Mo apresentaram, em média, teor máximo de 5,12 dag kg⁻¹, acréscimo correspondente a 8% no teor de N na folha do feijoeiro (Tabela 12).

Tabela 12 – Contrastes estimados para o teor foliar de nitrogênio total (dag kg⁻¹) do feijoeiro, cv. Meia Noite, em função de doses e épocas de aplicação foliar de Mo, nos experimentos verão-outono e inverno-primavera

CONTRASTES	VERÃO- OUTONO	DIFE- RENÇA	INVERNO- PRIMAVERA	DIFE- RENÇA
Testemunha vs Outros	2,19 vs 3,85	1,66 **	4,74 vs 5,12	0,38 **
Início 15 + Início 20 vs Início 25	3,83 vs 3,90	0,07 n.s.	5,10 vs 5,19	0,09 n.s.
Início 15 vs Início 20	3,69 vs 4,02	0,33 **	5,10 vs 5,09	0,01 n.s.
Início 15 Dose única vs Início 15 Dose parcelada	3,70 vs 3,69	0,01 n.s.	5,27 vs 5,04	0,23 n.s.
Dose parcelada 15/20 vs Dose parc. (15/25+15/30)	3,46 vs 3,80	0,34 n.s.	4,79 vs 5,17	0,38 n.s.
Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30	3,72 vs 3,88	0,16 n.s.	5,17 vs 5,17	0,00 n.s.
Início 20 Dose única vs Início 20 Dose parcelada	4,12 vs 3,97	0,15 n.s.	5,08 vs 5,10	0,02 n.s.
Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30	4,18 vs 3,76	0,42 *	4,95 vs 5,24	0,29 n.s.
Início 25 Dose única vs Dose parcelada 25/30	3,83 vs 3,97	0,14 n.s.	5,10 vs 5,29	0,19 n.s.

n.s.: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

*e**: Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

O aumento da concentração de N total na matéria seca das folhas, devido à adubação foliar molíbdica, pode ser explicado pela participação deste nutriente nas enzimas redutase do nitrato e nitrogenase, melhorando suas atividades e possibilitando o aproveitamento do nitrogênio (COELHO et al., 1998; TAIZ e ZEIGER, 1998). Em função de seu papel fundamental no metabolismo do N, o molibdênio influencia, concomitantemente, os processos fotossintético e respiratório das plantas, contribuindo, desse modo, para o aumento da produtividade (TAIZ e ZEIGER, 1998).

Segundo VIEIRA (1994), a quantidade máxima de nitrogênio na parte aérea dos tratamentos que receberam molibdênio foi obtida no período de enchimento dos grãos, enquanto nos tratamentos sem Mo este máximo foi obtido mais cedo. Isso implicou em maior taxa de fixação biológica, por um período mais prolongado do ciclo do feijoeiro, quando a planta estava bem nutrida com Mo. O autor concluiu que este nutriente aumentou sobremaneira a atividade da nitrogenase e da redutase do nitrato e, portanto, a maior concentração de N pode ser decorrente do N absorvido do solo, como também da fixação biológica.

Com relação às diferentes épocas de aplicação foliar de Mo na cultura do feijoeiro, foi observado, no experimento de verão-outono, efeito significativo ($P = 0,01$) para as concentrações foliares deste nutriente em todos os contrastes estabelecidos (Tabela 10). A aplicação tardia do Mo, contraste Início 15 + Início 20 vs Início 25, aumentou em 29% a concentração foliar deste nutriente, quando comparada com aplicações precoces (Tabela 11). O contraste Início 15 vs Início 20 mostra que a concentração foliar de Mo passou de $2,60 \text{ mg kg}^{-1}$, nos tratamentos que se iniciaram aos 15 DAE, para $3,09 \text{ mg kg}^{-1}$, nos tratamentos que iniciaram as aplicações foliares de Mo aos 20 DAE, contribuindo assim, com acréscimo de 19% na concentração deste micronutriente nas folhas do feijoeiro (Tabela 11). Visto serem as aplicações tardias de Mo melhores para a elevação dos teores deste nutriente nas folhas, o contraste Início 25 dose única vs Dose parcelada 25/30, mostra acréscimo de 53% no teor foliar de Mo, passando de $2,87 \text{ mg kg}^{-1}$, para os tratamentos que se iniciavam aos 25 DAE em dose única, para $4,41 \text{ mg kg}^{-1}$, para os tratamentos que receberam 80 g ha^{-1} de Mo, parcelado aos 25 e 30 DAE (Tabela 11).

Quanto aos teores foliares de N total, ainda no experimento I, influenciados pelas diferentes épocas de aplicação foliar de Mo, foi observado efeito significativo ($P = 0,01$) no contraste Início 15 vs Início 20 (Tabela 12). Neste contraste, os tratamentos que receberam Mo via foliar a partir dos 15 DAE apresentaram teor de N nas folhas de $3,69 \text{ dag kg}^{-1}$, enquanto os tratamentos que receberam Mo mais tardiamente, 20 DAE, apresentaram em média, $4,02 \text{ dag kg}^{-1}$, promovendo assim acréscimo de 9% no teor foliar de N na cultura. O contraste Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30, também apresentou efeito significativo ($P = 0,05$) com relação aos teores foliares de N (Tabela 12), aumentando em 11% o seu teor nas folhas, quando o Mo foi aplicado parcelado aos 20/25 DAE, atingindo o máximo de $4,18 \text{ dag kg}^{-1}$, enquanto os tratamentos que receberam Mo aos 20/30 DAE, atingiram um máximo de $3,76 \text{ dag kg}^{-1}$. No experimento de inverno-primavera, não foi observado efeito significativo ($P = 0,05$) das diferentes épocas de aplicação do Mo via foliar, em nenhum contraste avaliado para as concentrações foliares de Mo e N total (Tabelas 11 e 12).

4.8. Teor de molibdênio e nitrogênio na semente do feijoeiro

A análise conjunta dos experimentos I e II revelou efeito significativo ($P = 0,05$) da interação EXP x TRAT (Tabela 13) para o teor de Mo nas sementes, não sendo o mesmo observado no teor de N-total. A concentração de molibdênio nas sementes do feijoeiro foi afetada significativamente ($P = 0,01$), pela adubação foliar de Mo, nos dois experimentos (Tabela 14). O contraste Testemunha vs Outros evidenciou aumento de 155% no teor desse micronutriente na semente, passando de $0,09 \text{ mg kg}^{-1}$, na dose zero, para $0,23 \text{ mg kg}^{-1}$, na dose de 80 g ha^{-1} de Mo (Tabela 14), no experimento de verão-outono. De uma forma ainda mais significativa, no experimento II, aumentou em 6.200%, passando de $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$, na dose zero, para $0,63 \text{ mg kg}^{-1}$, na dose de 80 g ha^{-1} de Mo (Tabela 14). Segundo BRODRICK et al. (1992) e JACOB-NETO (1985), esse aumento na concentração de Mo nos grãos evidencia a translocação e a capacidade desses em armazenar este micronutriente, o que é importante para garantir a nutrição inicial em Mo das futuras plantas oriundas dessas sementes, e até para prevenir deficiências desse elemento em condições de campo.

Tabela 13 – Resumo da análise de variância conjunta dos dados de Mo e N-total nas sementes do feijoeiro, nos experimentos I e II

FV	GL	Quadrados Médios	
		Mo	N-total
BLO/EXP	6	0,019 n.s.	0,018 n.s.
EXP	1	2,426 *	34,191*
TRAT	9	0,191 **	0,291 **
EXP x TRAT	9	0,089 *	0,026 n.s.
RESÍDUO	54	0,008	0,023
CV (%)		23,93	5,44

n.s.: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

*e**: Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

Segundo OLIVEIRA e THUNG (1988), os teores de molibdênio nos grãos, variam de $0,09$ a $2,46 \text{ mg kg}^{-1}$, estando os resultados do experimento I, situados dentro dessa faixa de variação. Os resultados do experimento II mostram que os teores encontrados nos tratamentos que não receberam Mo se

encontram em níveis bem abaixo do considerado adequado para o bom desenvolvimento das plantas.

A semente é considerada o insumo de maior importância no processo produtivo, e sua qualidade, o elemento indispensável no sucesso da cultura (PERETTI, 1994). Ela apresenta composição química bastante variável por se formar no final do ciclo da planta, acumulando reservas de N, carboidratos, lipídios e minerais durante o seu desenvolvimento. O Mo, apesar de sua importância, ainda não foi determinado em que parte constituinte da semente ele se encontra. Sabe-se apenas que do total de Mo absorvido pelas plantas, 24 a 65% é translocado para a semente (JACOB NETO et al., 1988).

Tabela 14 – Contrastes estimados para o teor de molibdênio nas sementes (mg kg^{-1}) do feijoeiro, cv. Meia Noite, em função de doses e épocas de aplicação foliar de Mo, nos experimentos de verão-outono e de inverno-primavera

CONTRASTES	VERÃO- OUTONO	DIFE- RENÇA	INVERNO- PRIMAVERA	DIFE- RENÇA
Testemunha vs Outros	0,09 vs 0,23	0,14 **	0,01 vs 0,63	0,62 **
Início 15 + Início 20 vs Início 25	0,24 vs 0,22	0,02 n.s.	0,58 vs 0,82	0,24 **
Início 15 vs Início 20	0,21 vs 0,28	0,07 n.s.	0,53 vs 0,64	0,11 **
Início 15 Dose única vs Início 15 Dose parcelada	0,11 vs 0,24	0,13 *	0,35 vs 0,59	0,24 **
Dose parcelada 15/20 vs Dose parc. (15/25+15/30)	0,21 vs 0,26	0,05 n.s.	0,51 vs 0,63	0,12 *
Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30	0,20 vs 0,32	0,12 *	0,58 vs 0,67	0,09 n.s.
Início 20 Dose única vs Início 20 Dose parcelada	0,28 vs 0,28	0,00 n.s.	0,45 vs 0,74	0,29 **
Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30	0,29 vs 0,26	0,03 n.s.	0,75 vs 0,72	0,03 n.s.
Início 25 Dose única vs Dose parcelada 25/30	0,17 vs 0,26	0,09 n.s.	0,85 vs 0,80	0,05 n.s.

n.s.: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

*e**: Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

A reserva de nutrientes na semente é expressa pelos teores encontrados nas partes constituintes desta, variando entre espécies, cultivares e dependendo das condições do ambiente em que a semente é produzida (CARVALHO e NAKAGAWA, 1988). Em alguns casos, especialmente para micronutrientes como o Mo, a reserva interna da semente é suficiente para que a planta possa crescer sem dependência externa (JACOB NETO e FRANCO, 1989). Para os macronutrientes como N, P, Ca e Mg, é pouco provável que só a reserva interna da semente seja suficiente para a planta completar seu ciclo, devido à maior necessidade quantitativa destes elementos para o crescimento e desenvolvimento (JACOB-NETO e ROSSETO, 1998). Os nutrientes armazenados na semente suprem a plântula nos estádios iniciais de

crescimento (JACOB-NETO e ROSSETO, 1998) ou melhoram a qualidade nutricional dos grãos (FERREIRA et al., 2001).

Os teores de nitrogênio nos grãos do feijoeiro, de acordo com os dados do contraste Testemunha vs Outros, também mostram o acréscimo de 25% com a aplicação foliar de Mo, passando de 2,26 dag kg⁻¹, nos tratamentos sem Mo, para 2,83 dag kg⁻¹, nos tratamentos que receberam Mo na dosagem de 80 g ha⁻¹ (Tabela 15).

Tabela 15 – Contrastes estimados para o teor de N-total (dag kg⁻¹) nas sementes do feijoeiro, cv. Meia Noite, em função de doses e épocas de aplicação foliar de Mo

CONTRASTES	EXPERIMENTO	DIFERENÇA
Testemunha vs Outros	2,26 vs 2,83	0,57 **
Início 15 + Início 20 vs Início 25	2,83 vs 2,83	0,00 n.s.
Início 15 vs Início 20	2,82 vs 2,84	0,02 n.s.
Início 15 Dose única vs Início 15 Dose parcelada	2,70 vs 2,87	0,17 **
Dose parcelada 15/20 vs Dose parcelada (15/25+15/30)	2,83 vs 2,88	0,05 n.s.
Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30	2,84 vs 2,93	0,09 n.s.
Início 20 Dose única vs Início 20 Dose parcelada	2,88 vs 2,81	0,07 n.s.
Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30	2,85 vs 2,78	0,07 n.s.
Início 25 Dose única vs Dose parcelada 25/30	2,84 vs 2,82	0,02 n.s.

n.s.: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Esses menores teores de N total nos grãos do feijoeiro comprovam que a deficiência de molibdênio afetou seriamente o metabolismo do nitrogênio, em consequência, provavelmente, da menor atividade das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato. De acordo com HUNGRIA e NEVES (1986), o maior acúmulo de N nas sementes do feijoeiro está associado a taxas elevadas da atividade da nitrogenase, no período de floração e estabelecimento inicial das vagens e, a taxas elevadas de translocação do nitrogênio das folhas para os grãos. Deve-se destacar que plantas adubadas com molibdênio apresentam teores máximos de N nas folhas durante o estágio do florescimento (VIEIRA, 1994). Com o desenvolvimento das vagens, os teores de N começam a diminuir por causa do intenso crescimento e da sua translocação para as vagens, associados à redução da absorção de nitrogênio do solo, bem como da fixação biológica, por causa da diminuição da atividade da nitrogenase. Segundo PESSOA (1998), esses efeitos são muito mais acentuados nas plantas deficientes em Mo e, conseqüentemente, essas plantas apresentam

menor concentração de N nos grãos, em comparação com aquelas bem nutridas com molibdênio.

Os teores de Mo nos grãos do feijoeiro também aumentaram significativamente pelas diferentes épocas de aplicação deste micronutriente. No experimento I foram observados efeitos significativos nos teores de Mo nos grãos, nos contrastes Início 15 dose única vs Início 15 dose parcelada ($P = 0,05$), e Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30 ($P = 0,05$) com a aplicação foliar de Mo em diferentes épocas (Tabela 14). No experimento de inverno-primavera, observou-se significância ($P = 0,01$) no contraste Início 15 + Início 20 vs Início 25, apresentando em média $0,58 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mo nos grãos que tiveram aplicação deste nutriente com início aos 15 + 20 DAE, e $0,82 \text{ mg kg}^{-1}$ nos tratamentos que receberam Mo aos 25 DAE, indicando aumento de 41% na concentração de Mo nas sementes que receberam adubação mais tardia (Tabela 14). Também foi observado efeito significativo ($P = 0,01$) nos teores de Mo nos grãos, nos contrastes Início 15 vs Início 20 e Início 15 dose única vs Início 15 dose parcelada. No contraste Dose parcelada 15/20 vs Dose parcelada (15/25 + 15/30), observou-se efeito significativo ($P = 0,05$) no teor de Mo nos grãos. O contraste Início 20 dose única vs Início 20 dose parcelada evidenciou aumento significativo ($P = 0,01$) com a aplicação foliar de Mo em diferentes épocas.

O teor de N nos grãos, nas diferentes épocas de aplicação do Mo, indicou significância ($P = 0,01$) apenas no contraste Início 15 Dose única vs Início 15 Dose parcelada, com aumento de 6,3% na concentração de N nos grãos, quando o Mo foi aplicado com início aos 15 DAE em dose parcelada, onde apresentou teor médio de N de $2,87 \text{ dag kg}^{-1}$ e $2,70 \text{ dag kg}^{-1}$ quando aplicado com Início 15 dose única (Tabela 15).

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência da época de aplicação foliar e do parcelamento da dose de oitenta gramas ha^{-1} de molibdênio (Mo) sobre os componentes da produção, intensidade de cor verde medida com o medidor SPAD e sobre a composição mineral de folhas e sementes do feijoeiro, cv. Meia Noite. Foram conduzidos dois experimentos na Estação Experimental da Universidade Federal de Viçosa, no município de Coimbra, MG, sendo o primeiro no verão-outono e o segundo no inverno-primavera.

Ambos os experimentos foram conduzidos no delineamento em blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições distribuídos da seguinte forma: 1- testemunha, sem Mo; 2- 80 g ha^{-1} de Mo aplicados aos 15 dias após a emergência (DAE); 3- 40 g ha^{-1} de Mo aplicados aos 15 DAE e 40g aplicados aos 20 DAE; 4- 40 g ha^{-1} de Mo aos 15 DAE e 40 g ha^{-1} de Mo aplicados aos 25 DAE; 5- 40 g ha^{-1} de Mo aos 15 DAE e 40 g ha^{-1} de Mo aos 30 DAE; 6- 80 g ha^{-1} de Mo aos 20 DAE; 7- 40 g ha^{-1} de Mo aos 20 DAE e 40 g ha^{-1} de Mo aos 25 DAE; 8- 40 g ha^{-1} de Mo aos 20 DAE e 40 g ha^{-1} de Mo aos 30 DAE; 9- 80 g ha^{-1} de Mo aos 25 DAE; 10- 40 g ha^{-1} de Mo aos 25 DAE e 40 g ha^{-1} de Mo aos 30 DAE.

A adubação foliar molíbdica melhorou a nutrição nitrogenada do feijoeiro, proporcionando aumentos significativos nos componentes da produção e a intensidade de cor verde, medida com o medidor SPAD. O rendimento de grãos atingiu o máximo de 2.558 kg ha⁻¹ e 2.680 kg ha⁻¹, com ganhos de 183,6% e 46%, em relação à dose zero, nos experimentos I e II, respectivamente. A aplicação foliar de Mo influenciou positivamente o número de vagens por m², o peso de 100 sementes, o número de sementes por vagem e a intensidade de cor verde, medida com o medidor SPAD, indicando acréscimo de 62%, 9,5%, 8,8% e 28,5% respectivamente, na média dos experimentos I e II, sendo o número de vagens por m² o componente do rendimento que mais variou com esta adubação.

Nos dois experimentos ficou evidente o efeito do Mo aplicado via foliar. Na ausência do micronutriente, as folhas mais velhas amareleceram, houve menor crescimento das plantas e senescência mais rápida no período de enchimento dos grãos.

A época de aplicação foliar do Mo, em dose única ou parcelada, só apresentou efeito significativo no experimento I, para a característica produtividade, com acréscimo de 16,50%, quando o Mo foi aplicado precocemente. Da mesma forma, na média dos experimentos I e II, o peso de 100 sementes aumentou 4,5%, quando o micronutriente foi aplicado com início aos 15 DAE parcelado.

Os teores foliares de Mo na folha do feijoeiro, no experimento I, aumentaram de 1,90 mg kg⁻¹ para 3,00 mg kg⁻¹, quando comparados a testemunha com os tratamentos que receberam 80 g ha⁻¹ de Mo. No experimento II não foi obtida resposta significativa da aplicação foliar de Mo, porém observou-se aumento de 24% em seu teor, nas folhas do feijoeiro.

A adubação foliar molíbdica aumentou os teores de nitrogênio total nas folhas, em 75% e 8% nos experimentos I e II, respectivamente, em relação ao tratamento testemunha. As plantas não adubadas apresentaram sintomas típicos de deficiência de N, começando com o crescimento reduzido das folhas, bem como da planta inteira, amarelecimento em forma de clorose uniforme e homogênea, começando pelas folhas mais velhas e posteriormente atingindo

toda a planta. Com o desenvolvimento, as folhas tornaram-se necróticas, ocorrendo desfolhamento precoce, com redução do ciclo do feijoeiro.

A época de aplicação foliar do Mo apresentou efeito significativo no experimento I, sobre o teor foliar deste micronutriente, em todos os contrastes estabelecidos, passando de $2,81 \text{ mg kg}^{-1}$, quando aplicado aos 15 + 20 DAE, para $3,64 \text{ mg kg}^{-1}$, quando aplicado aos 25 DAE. O contraste Início 25 dose única vs Dose parcelada 25/30, também apresentou significância, com acréscimo de 53% quando o Mo foi aplicado parcelado aos 25 e 30 DAE. No experimento II não foi observado efeito das diferentes épocas de aplicação do Mo sobre o seu teor foliar.

A concentração foliar de nitrogênio total foi influenciada pelas diferentes épocas de aplicação do Mo no experimento I, com o contraste Início 15 vs Início 20, indicando uma diferença de 9%, em relação aos tratamentos que receberam Mo a partir dos 15 DAE, apresentando um teor máximo de N nas folhas de $3,69 \text{ dag kg}^{-1}$, e os que receberam Mo aos 20 DAE apresentaram teor de N de $4,02 \text{ dag kg}^{-1}$.

Os teores de Mo na matéria seca das sementes do feijoeiro, no experimento I, aumentaram de $0,09 \text{ mg kg}^{-1}$ para $0,23 \text{ mg kg}^{-1}$, quando comparados a testemunha com os tratamentos que receberam 80 g ha^{-1} de Mo. No experimento II o acréscimo foi ainda maior, passando de $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$ para $0,63 \text{ mg kg}^{-1}$, quando feita a mesma comparação, ou seja, houve acréscimo de 6200% no teor de Mo na sementes, com a aplicação foliar desse micronutriente no feijoeiro.

Os aumentos dos teores de nitrogênio total nos grãos indicam que a adubação foliar molíbdica melhorou a nutrição nitrogenada do feijoeiro. Esse acréscimo foi da ordem de 25%. O aumento do teor de nitrogênio total na matéria seca dos grãos proporcionou melhor desenvolvimento da cultura, em comparação com as plantas que não receberam adubação foliar de Mo, provavelmente em consequência do efeito conjunto da melhor utilização do N mineral do solo pelo aumento da atividade da redutase do nitrato e do incremento da fixação biológica do nitrogênio, pelo aumento e manutenção da atividade da nitrogenase.

A época de aplicação foliar do Mo apresentou efeito significativo no experimento I, sobre o teor deste micronutriente nas sementes, nos contrastes Início 15 dose única vs Início 15 dose parcelada, passando de 0,11 mg kg⁻¹, quando aplicado aos 15 DAE em dose única, para 0,24 mg kg⁻¹, quando aplicado 15 DAE parceladamente. Também observou-se acréscimo de 60% quando o Mo foi aplicado parcelado aos 15/30 DAE, comparado ao que foi aplicado parcelado aos 15/25 DAE. No experimento II, os resultados do contraste Início 15 + Início 20 vs Início 25 indicam aumento de 41% no teor de Mo nos grãos, quando o Mo foi aplicado aos 25 DAE, em comparação ao aplicado aos 15 + 20 DAE. Por fim, no contraste Início 20 dose única vs Início 20 dose parcelada, também houve aumento de 64% no teor de Mo nos grãos, quando o mesmo foi aplicado com início aos 20 DAE, em dose parcelada.

A concentração de nitrogênio total nos grãos só foi influenciada pelas diferentes épocas de aplicação do Mo, no contraste Início 15 dose única vs Início 15 dose parcelada, indicando aumento de 6% nos tratamentos que receberam Mo aos 15 DAE, em dose parcelada.

Portanto, concluiu-se que:

- a) A adubação foliar molíbdica, na dose de oitenta gramas ha⁻¹, melhora a nutrição nitrogenada do feijoeiro, influenciando positivamente os componentes da produção, o índice obtido com o aparelho minolta-SPAD e os teores de Mo e N-total nas suas folhas e sementes.
- b) A aplicação foliar de Mo, com início aos 15 e 20 dias após a emergência em dose única ou parcelada, aumenta a produtividade de grãos no cultivo de verão-outono. No cultivo de inverno-primavera, a produtividade aumenta com o Mo sendo aplicado na faixa de 15 a 30 dias após a emergência em dose única ou parcelada.
- c) No cultivo de verão-outono, a melhor época e forma de aplicação foliar de Mo para aumentar o seu teor nas folhas é com a dose parcelada aos 25 e 30 dias após a emergência. Para aumentar o teor foliar de N, parcelar o Mo aos 20 e 25 dias após a emergência. No cultivo de inverno-primavera, as diferentes épocas de aplicação não influenciam significativamente os teores foliares de Mo e N total.

- d) No período de verão-outono, a melhor época de aplicação foliar de Mo para aumentar o seu teor nas sementes é parcelar aos 15/30 dias após a emergência, e aos 25 dias após a emergência, em dose única ou parcelada, no período de inverno-primavera. Com relação ao teor de N nas sementes, a melhor época de aplicação foliar do Mo é, a partir dos 15 dias após a emergência de forma parcelada, em ambos os experimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL, 2003 **Anuário da Agricultura Brasileira**. Rio de Janeiro: Editora Agros Comunicação, 544p, 2003.

ALVARENGA, P.E. **Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica e a inoculação com *Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaseoli***. Lavras, UFLA, 67p. 1995. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, 1995.

AMANE, M.I.V. **Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais: efeitos de doses, calagem e rizóbio**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 83p. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

AMANE, M.I.V.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A.A.; ARAÚJO, G.A. de A. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica. **Revista Ceres**, v.41, n.234, p.202-216, 1994.

ARAÚJO, P. R. de A. **Combinações de doses de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 55p. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

ARAÚJO, G.A. de A.; FONTES, L. A.N.; AMARAL, F.A.L.; CONDÉ, A.R. Influência do molibdênio e do nitrogênio sobre duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Rev. Ceres**, Viçosa, v.34, p.333-339, 1987.

BERGER, P.G. **Adubação molíbdica na cultura do feijoeiro** (*Phaseolus vulgaris* L.): **doses, épocas e modos de aplicação**. Viçosa, MG: UFV 1995. 75p. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

BERGER, P. G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G. A. de 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, n.p. (Resumo, 159), 1993.

BERGER, P.G; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G.A. de A.; CASSINI, S.T.A. Peletização de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com carbonato de cálcio, rizóbio e molibdênio. **Revista Ceres**, v.42, n.243, p. 562-574, 1995.

BERGER, P.G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G.A. de A. Efeitos de doses e épocas de aplicação de molibdênio sobre a cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.7, p.473-480, 1996.

BERGERSEN, F. J. Development of root-nodule symbiosis, formation and Function of bacteroids. In: QUISPÉL, A. ed. **The Biology of Nitrogen Fixation**. Amsterdam, p. 473-498, 1974.

BRAGA, J. M. Resposta do feijoeiro 'Rico 23' a aplicação de enxofre, boro e molibdênio. **Rev. Ceres**, 19:222-6, 1972.

BRODRICK, S.J.; GILLER, K.E. Root nodules of *Phaseolus*: efficient scavengers of molybdenum for N₂ fixation. **Journal of Experimental Botany**, v.42, n.243, p.679-686, 1991.

BRODRICK, S.J.; SAKALA, M.K.; GILLER, K.E. Molybdenum reserves of seed, and growth and N₂ fixation by *Phaseolus vulgaris* L. **Biology and Fertility of Soils**, v.13, n.1, p.39-44, 1992.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 3 ed. Campinas: Fundação Cargill, 424p., 1988.

CATALDO, D.A.; HAROON, M.; SCHARDER, M.; YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitrification of salicylic acid. **Communication Soil Science and Plant Analysis**, v.6, n.1, p.71-81, 1975.

COELHO, F.C.; VIEIRA, C.; MOSQUIM, P.R.; CASSINI, S.T.A. Nitrogênio e molibdênio nas culturas do milho e do feijão, em monocultivo e em consórcio: I – Efeitos sobre o feijão. **Revista Ceres**, v.45, p.393-407, 1998.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG: 359 p. 1999.

DALLPAI, D.L. **Determinação espectrofotométrica de molibdênio em solo e tecido vegetal e adsorção de molibdato em alguns solos de Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 56p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.

DINIZ, A.R. **Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio (semeadura e cobertura) e de molibdênio foliar**. Lavras: UFLA, 60p. 1995. (Dissertação de Mestrado – Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, 1995.

EIVAZI, F.; SIMS, J.L.; CRUTHFIELD, J. Determination of molybdenum in plant materials using a rapid automated method. **Soil Science and Plant Analysis**, v.13, p.135-150, 1982.

FARIA, S.M.; DE-POLLI, H. & FRANCO, A.A. Adesivos para inoculação e revestimento de sementes de leguminosas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 20(2): 169-176, 1985.

FERREIRA, A.C. de B. **Nutrição e produtividade do feijoeiro em função do molibdênio contido na semente e da sua aplicação via foliar**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 53p. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.

FERREIRA, A. de B.; ARAÚJO, G. A. de A.; PEREIRA, P.R.G.; CARDOSO, A.A.; Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientae Agrícola**, 58: 131-8, 2001.

FERREIRA, A. de B.; ARAÚJO, G. A. de A.; CARDOSO, A.A.; FONTES, P.C.R.; VIEIRA, C. Influência do molibdênio contido na semente e da sua aplicação foliar sobre a composição mineral de folhas e sementes do feijoeiro. **Revista Ceres**, v. 49, n. 284, p. 443-452, 2002.

FONTES, R. L. F. Pesquisa com micronutrientes em solos e plantas. Difusão dos resultados no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Palestras (CD-ROOM)**. Rio de Janeiro: SBCS, Não paginado, 1997.

FUGE, R. An automated method for the determination of molybdenum in geological and biological samples. **Analytical**, v.95, p.171-176, 1970.

GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 11ed. Piracicaba: Nobel, 467p. 1985.

GUIMARÃES, T.G.; FONTES, P.C.R.; ALVAREZ, V.H.V.; MONERAT, P.H. Utilização dos teores de clorofila determinados pelo método padrão e pelo medidor de clorofila portátil SPAD – 502, para avaliação do status nitrogenado do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.14, n.1, p.88, 1996.

GUPTA, U.C. Effect and interaction of molybdenum and limestone on growth and molybdenum content of cauliflower, alfalfa, and bromegrass on acid soils. **J. Soil Sci. Soc. Am.**, 33: 929-932, 1969.

GUPTA, U.C. Effect of methods of application and residual effect of molybdenum on the molybdenum concentration and yield of forages on Podzol soils. **Canadian Journal Soil Science**, 59: 183-189, 1979.

GUPTA, U.C.; LIPSETT, J. Molybdenum in soil, plants and animals. **Advance in Agronomy**, v.34, p.73-115, 1981.

GURLEY, W. H.; GIDDENS, J. Factors affected uptake, yield response, and carry over of molybdenum concentration in soybean seed. **Agronomy Journal**. 61: 7-9, 1969.

HAQUE, I. Molybdenum in soils and plants and its potential importance to livestock nutrition, with special reference to sub-Saharan Africa. **Ilca Bulletin**, v.26, p.20-28, 1987.

HOROWITZ, A. Os íons do molibdênio no solo: um exemplo da aplicação dos diagramas EH-pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.2, p.98-103, 1978.

HUNGRIA, M.; NEVES, M.C.P. Ontogenia da fixação biológica do nitrogênio em *Phaseolus vulgaris*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, p.715-730, 1986.

JACKSON, M.L. Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: JACKSON, M.L. (Eds). **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, p.183-204, 1958.

JACOB NETO, J. **Variação estacional, concentração nas sementes e níveis críticos de Mo nos nódulos de feijoeiro** (*Phaseolus vulgaris* L.). Itaguaí: UFRRJ, 1985. 141 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1985.

JACOB NETO, J.; FRANCO, A.A. Conteúdo de molibdênio nas sementes para auto-suficiência do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) **An. Acad. Brás. Ciênc.**, 58 (3): 508, 1986.

JACOB NETO, J.; FRANCO, A.A. Determinação do nível crítico de Mo nos nódulos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Turrialba**, 39(2): 215-223, 1989.

JACOB NETO, J.; ROSSETO, C.A.V. Concentração de nutrientes nas sementes: o papel do molibdênio. **Floresta e Ambiente**, v.5, n.1, p.171-183, 1998.

JACOB NETO, J.; THOMAS, R.J.; FRANCO, A.A. Variação estacional da concentração de molibdênio nos nódulos e demais partes da planta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Turrialba**, 38(1): 51-58, 1988.

JOHNSON, C.M.; PEASON, G.A.; STOUT, P.R. Molybdenum nutrition of crop plants. II: plant and soil factors concerned with molybdenum deficiencies in crop plants. **Plant and soil**. Hague, v.4, p.178-196, 1952.

JUNQUEIRA NETTO, A; SANTOS, O. S. dos; AIDAR, H. & VIEIRA, C. Ensaio preliminares sobre a aplicação de molibdênio e de cobalto na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) **Rev. Ceres** 24:628-33, 1977.

- KOCHIAN, L.V. Mechanisms of micronutrients uptake and translocation in plants. In: MORTVEDT, J.J., COX, F.R., SHUMAN, L.M. et al. (eds.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, p.229-292, 1991.
- LOPES, A. S. Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agronômica e preparo de fertilizantes. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Eds.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. p.357-390, 1991.
- MAFRA, R.C.; VIEIRA, C.; BRAGA, J.M.; SIQUEIRA, C.; BRANDES, D. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). IV. Absorção de nutrientes. **Experientiae**, Viçosa, 17 (9): 217-39, 1974.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 672p, 1980.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2. ed. New York: Academic Press, 889 p, 1995.
- MARTINÉZ, E.L.; BARRACHINA, A.C.; CARBONELL, F.B.; POZO, M.A.; GARCIA, M.A.; BENEYTO, J.M. Molybdenum uptake, distribution and accumulation in bean plants. **Fresenius Envir Bull**, v.5, p.73-78, 1996.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. International Potash Institute. Worblaufen-Bern/Switzerland. 593p. 1978.
- MINOTTI, P.L.; HALSETH, D.E.; SIECZKA, J.B. Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. **HortScience**, v.29, n.1, p.1497-500, 1994.
- NEVES, M.C.P.; FERNANDES, M. S.; SÁ, M.F.M. **Assimilação de nitrogênio em plantas noduladas de *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.) WALP.** Pesq. Agropec. Bras. Brasília, 17 (5): 689-695, 1982.
- OLIVEIRA, R.H. de. **Produção e teores de nitrogênio no solo e no milho “safrinha” irrigado em resposta a doses de nitrogênio, de composto orgânico e de molibdênio**. Viçosa, MG, UFV, 1998, 128p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.

- OLIVEIRA, I.P.; THUNG, M.D.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Eds.). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, SP: POTAFOS, p.175-212, 1988.
- PERETTI, A. **Manual para análisis de semillas**. Buenos Aires: Editorial Hemisfério Sur, 282p., 1994.
- PESSOA, A. C. dos S. **Atividades de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo**. Viçosa, MG: UFV, 1998. 151p. Dissertação (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- PENG, S.; LAZA, M.R.C.; GARCIA, F.V.; CASSMAN, K.G. Chlorophyll meter estimates leaf área-based nitrogen concentration of rice. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.26, n.56, p.927-935, 1995.
- REISENAUER, H. M. Relative efficiency of seed-and-soil-applied molybdenum fertilizer. **Agron. J.**, 55, 459-460, 1963.
- SACO, D.; ALVAREZ, M.; MARTINS, S. Activity of nitrate reductase and the content of proteins in *Nicotiana rustica* grown with various levels of molybdenum. **J. Plant Nutrition**, v.18, n.10, p.1149-1153, 1995.
- SANTOS, O.S. dos. Molibdênio. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**, Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.191-217, 1991.
- SANTOS, A. B. dos; VIEIRA, C.; LOURES, E.G.; BRAGA, J.M. & THIÉBAUT, J. T. L. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao molibdênio e ao cobalto em solos de Viçosa e Paula Cândido, Minas Gerais. **Rev. Ceres** 26:92-101, 1979.
- STONE, L.F.; SILVA, G. de M. e; MOREIRA, J.A.A. Uso de clorofilômetro SPAD-502 na estimativa do nitrogênio foliar específico e da produtividade do feijoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7. Viçosa, 2002. **Resumos...** Viçosa: UFV, p.743-746, 2002.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2. ed. (S. I.): Sinauer Associates, Inc., 794 p, 1998.

TIFFIN, L.O. Translocation of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L. eds. *Micronutrients in Agriculture*. Madison, **Soil Science Society of America**, Inc., p.199-229, 1972.

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EPE, 24 p. (Boletim Técnico, 7), 1969.

VIDOR, C.; PERES, J.R.R. Nutrição de plantas com molibdênio e cobalto. In: SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Anais...** Londrina: EMBRAPA-CNPQSO/IAPAR/SBCS, p. 179-203, 1988.

VIEIRA, C. **Cultura do feijão**. Viçosa, MG, UFV, Imprensa Universitária, 146p. 1978.

VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: UFV. 231p, 1988.

VIEIRA, C.; NOGUEIRA, A.O.; ARAÚJO, G.A. de A. Adubação nitrogenada e molíbdica na cultura do feijão. **Revista Agricultura**, v.67, n.2, p.117-124, 1992.

VIEIRA, R.F. **Aplicação foliar de molibdênio e seu efeito nas atividades da nitrogenase e redutase do nitrato no feijoeiro em campo**. Piracicaba: ESALQ, 1994, 188p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1994.

VIEIRA, R. F.; CARDOSO, E. J. B. N.; VIEIRA, C.; CASSINI, S. T. A. Foliar application of molybdenum in common beans. I. Nitrogenase and reductase activities in a soil of high fertility. **J. Plant Nutr.**, v.21, n.1, p.169-180, 1998.

YATSIMIRSKII, K.B. **Catalytic and chemical kinetics: the use of catalytic reactions involving hydrogen peroxid in the study of the formation of complexes and in the development of very sensitive analytical methods**. [S.1.:s.n.],1964. Não paginado

WASKON, R.M.; WESTFALL, D.G.; SPELLMAN, D.E.; SOLTANPOUR, P.N. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.27, n.34, p.545-560, 1996.

WOOD, C.W.; REEVES, D.W.; DUFFIELD, R.R.; EDMISTEN, K.L. Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. **J. Plant Nutr.**, v.15, n.1, p.487-500, 1992.