

MORYB JORGE LIMA DA COSTA SAPUCAY

**MOLIBDÊNIO PODE SUBSTITUIR ADUBO NITROGENADO DE
COBERTURA EM FEIJOEIRO DE ALTA PRODUTIVIDADE
NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS**

Dissertação 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
2012

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S241m
2012

Sapucay, Moryb Jorge Lima da Costa, 1986-

Molibdênio pode substituir adubo nitrogenado de cobertura em feijoeiro de alta produtividade na Zona da Mata de Minas Gerais / Moryb Jorge Lima da Costa Sapucay. – Viçosa, MG, 2012.

x, 35f. : il. ; 29cm.

Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 29-35

1. Feijão - Adubos e fertilizantes. 2. *Phaseolus vulgaris*.
3. Molibdênio. 4. Nitrogênio. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 635.652891

MORYB JORGE LIMA DA COSTA SAPUCAY

**MOLIBDÊNIO PODE SUBSTITUIR ADUBO NITROGENADO DE
COBERTURA EM FEIJOEIRO DE ALTA PRODUTIVIDADE
NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS**

Dissertação 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: 27 de julho de 2012.



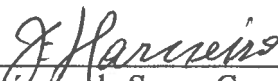
Rogério Faria Vieira
(Coorientador)



Paulo Roberto Cecon
(Coorientador)



Trícia Costa Lima



José Eustáquio de Souza Carneiro
(Orientador)

*A Deus, pois tudo o que sou, o que tenho,
o que serei e o que terei pertencem a Ele.
Aos meus amados pais pelo amor e dedicação.
Às minhas queridas irmãs pelo incentivo e apoio.
Aos amigos pela diversão e companheirismo.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me amar desde o ventre de minha mãe, por estar comigo nos momentos em que me senti sozinho, momentos esses em que Ele me colocou em Seu colo e me consolou. Por ter acalmado meu coração e refrigerado minha alma nos momentos difíceis, por me ajudar a construir minha história dia após dia, por realizar os desejos do meu coração, por sempre estar disposto a me ouvir. Louvado seja, pois tua é, SENHOR, a magnificência, o poder, a honra, a vitória, a majestade; porque teu é tudo quanto há nos céus e na terra; teu é, SENHOR, o reino, e tu te exaltaste por cabeça sobre todos.

A Jesus, por ter me protegido e guardado durante as idas e vindas de casa para universidade, por ter colocado as pessoas certas para me acompanhar nessa jornada, por ser meu advogado, por permitir que eu tenha comunhão direta com meu Pai, por, nas horas de aflição, ter pego meu fardo pesado e me dado Seu fardo leve, pelo Seu infinito amor, bondade e misericórdia, por sempre ser por mim.

Ao Espírito Santo, por me dar sabedoria, por ser meu ajudador, auxiliador, este que foi enviado pelo meu Pai para me ensinar todas as coisas a respeito do Seu Reino e da Sua Justiça.

Ao meu pai, Jorge Pereira, pelo seu amor, por seu esforço dedicado me dando oportunidade de realizar meus estudos nas melhores instituições de ensino, pela proteção, pelos ensinamentos, por ser um exemplo de determinação e vitória em meio às adversidades, por sempre se preocupar com meu bem-estar.

À minha mãe, Maria Edinatelma, por seu amor, pela educação, cumplicidade, carinho, cuidado, extremo zelo e preocupação, pela compreensão nos momentos de correria, por suas orações, pelo incentivo, por me ajudar a construir minha personalidade.

Às minhas queridas irmãs, Chaym e Verônica, por sempre me apoiarem, me entusiasmarem, por serem minhas primeiras, grandes e verdadeiras amigas, pelas brincadeiras e momentos de comunhão e de crescimento espiritual e pessoal.

À Igreja Metodista, minha segunda casa, lugar de oração, onde eu cultuo e louvo ao meu Deus pelas maravilhas que Ele tem feito em minha vida.

Aos Jovens dessa igreja, pela acolhida e fortalecimento na fé.

A todos os tios e tias, pelo grande apoio e incentivo.

Aos meus avôs e avós, por suas histórias, momentos de aprendizado e pela simples sabedoria que ajudou a formar o meu caráter.

Ao meu orientador, professor Dr. José Eustáquio de Souza Carneiro, por seus ensinamentos e pelas oportunidades dadas para meu crescimento acadêmico-profissional, pela confiança em mim depositada e pela importante liderança nos trabalhos realizados.

Ao meu coorientador, Dr. Rogério Faria Vieira, pela disponibilidade para tirar minhas dúvidas, pelos valiosos ensinamentos e ótimas ideias, críticas e sugestões dadas.

Ao meu coorientador, professor Dr. Paulo Roberto Cecon, por me ajudar, antes de tudo, a escolher onde moraria em Viçosa, depois, por sanar minhas dúvidas estatísticas relacionadas a essa pesquisa.

À professora Dra. Trícia Costa Lima, por ter aceitado participar da banca e pela relevante contribuição.

À Universidade Federal de Viçosa – UFV e, especialmente, ao Departamento de Fitotecnia pela acolhida e possibilidade de realização deste e outros trabalhos.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos divertidos amigos e funcionários do Programa de Melhoramento de Feijão da UFV, pela ajuda na montagem e condução dos experimentos, coleta de dados no campo e laboratório. E pela oportunidade de nesse tempo de convívio nos conhecer melhor, podendo assim ter bons momentos de alegria.

Aos estagiários e funcionários da Epamig, pelo auxílio na condução e coleta de dados do experimento.

Aos meus amigos e companheiros de república, Diego e Rusthon, pelos anos de convivência, sempre me ajudando a superar a distância da minha família, com momentos de conversa e descontração.

Às minhas amigas, Hellen e Renata, pelos almoços, jantares e lanches juntos, pelas conversas descontraídas, pelas conversas sérias e ajuda nas disciplinas.

A todos os participantes da república UFPB em Viçosa (Afonso, Naysa, Camilla, Mayana), pelos agradáveis momentos juntos nos quais me lembrava de casa.

Aos amigos, Anderson e Bárbara, que me recepcionaram e me hospedaram muito bem quando cheguei nessa cidade.

À minha inesquecível amiga, Carolline Montenegro, pela compreensão e inestimável amizade e, principalmente, por ser exemplo de simplicidade e amor pelo próximo.

A todos aqueles que oraram e oram pelo meu sucesso.

Em fim, a todos aqueles que direta ou indiretamente participaram e contribuíram para a minha formação acadêmica e profissional.

BIOGRAFIA

MORYB JORGE LIMA DA COSTA SAPUCAY, filho de Jorge Pereira da Costa e Maria Edinatelma Lima da Costa, nasceu em 16 de janeiro de 1986, na cidade de Campina Grande, Paraíba.

Graduou-se em Agronomia em fevereiro de 2010 pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB. Iniciou seu mestrado em Fitotecnia em agosto de 2010 na Universidade Federal de Viçosa - UFV, submetendo-se à defesa em julho de 2012.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Nitrogênio no feijoeiro	3
2.2 Molibdênio no feijoeiro	4
2.3 Adubação molíbdica no feijoeiro	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1 Local de condução dos experimentos e características do solo	8
3.2 Delineamento experimental e condução dos experimentos	8
3.3 Características avaliadas	11
3.4 Análise estatística	12
4. RESULTADOS	13
4.1 Experimento de Oratórios	13
4.1.1 Avaliação do Mo em cada dose de N	13
4.1.2 Comparação do tratamento-referência (30 kg ha ⁻¹ de N no plantio + Mo) com os demais tratamentos	14
4.2 Experimento de Viçosa	15
4.2.1 Avaliação do Mo em cada dose de N	15
4.2.2 Comparação do tratamento-referência (30 kg ha ⁻¹ de N no plantio + Mo) com os demais tratamentos	17
4.3 Experimento de Coimbra	18
4.3.1 Avaliação do Mo em cada dose de N	18
4.3.2 Comparação do tratamento-referência (30 kg ha ⁻¹ de N no plantio + Mo) com os demais tratamentos	22
5. DISCUSSÃO	24
6. CONCLUSÕES	28
7. REFERÊNCIAS	29

RESUMO

SAPUCAY, Moryb Jorge Lima da Costa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2012. **Molibdênio pode substituir adubo nitrogenado de cobertura em feijoeiro de alta produtividade na Zona da Mata de Minas Gerais.** Orientador: José Eustáquio de Souza Carneiro. Coorientadores: Rogério Faria Vieira e Paulo Roberto Cecon.

Em áreas cultivadas regularmente com feijão na Zona da Mata de Minas Gerais, a aplicação de molibdênio (Mo) na folhagem dos feijoeiros tem sido usada no lugar do adubo nitrogenado de cobertura para sustentar produtividades em torno de 2000 kg ha⁻¹. Há dúvida, no entanto, quanto à efetividade dessa tecnologia em níveis de produtividades mais altos. Os objetivos com este estudo foram: (1) determinar até que dose de nitrogênio (N) em cobertura o feijoeiro responde à adubação molíbdica; (2) verificar se a adubação com molibdênio (Mo) substitui a adubação em cobertura com N em condições de alta produtividade. Foram conduzidos experimentos em três municípios da Zona da Mata: Coimbra, Oratórios e Viçosa. Os experimentos foram instalados entre abril e maio de 2011. Os tratamentos foram arranjos no esquema fatorial 5 x 2: 0, 30, 60, 90 ou 120 kg ha⁻¹ de N e 0 ou 80 g ha⁻¹ de Mo. O nitrogênio, na forma de ureia, foi aplicado da seguinte forma: 30 = no plantio; 60 = 30 (plantio) + 30 (15 dias após a emergência - DAE); 90 = 30 (plantio) + 30 (15 DAE) + 30 (25 DAE); 120 = 30 (plantio) + 45 (15 DAE) + 45 (25 DAE). O Mo foi aplicado na forma de solução de molibdato de sódio sobre a folhagem no estágio V4. Para atingir o primeiro objetivo, o efeito do Mo foi avaliado dentro de cada dose de N. Para atingir o segundo objetivo, consideraram-se os 10 tratamentos formados pelas combinações dos fatores N e Mo. Neste caso, foi usado o teste de Dunnett para comparar a combinação 30 kg ha⁻¹ de N no plantio + Mo com os demais. Foi usada a cultivar Ouro Vermelho. O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro repetições. As maiores produtividades foram 3437, 2185 e 3270 kg ha⁻¹ em Viçosa, Oratórios e Coimbra, respectivamente. Em Viçosa, diferentemente dos outros dois municípios, não houve efeito de N e/ou Mo na produtividade. Em Coimbra, o uso de Mo aumentou a produtividade com zero (nível de 30 kg ha⁻¹ de N) ou 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura (nível de 60 kg ha⁻¹ de N). Em Oratórios e Coimbra, o feijão que recebeu Mo associado ao N de plantio produziu tanto quanto o feijão que recebeu 90

kg ha⁻¹ de N em cobertura (nível de 120 kg ha⁻¹ de N). Os resultados sugerem que o feijão pode responder ao Mo mesmo quando se usa adubação de cobertura com 30 kg ha⁻¹ de N e que o Mo pode substituir a adubação de N em cobertura em níveis de produtividade de até 3000 kg ha⁻¹.

ABSTRACT

SAPUCAY, Moryb Jorge Lima da Costa, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2012. **Molybdenum can replace nitrogen topdressing in high yielding common bean at Zona da Mata of Minas Gerais.** Adviser: José Eustáquio de Souza Carneiro. Co-Advisers: Rogério Faria Vieira and Paulo Roberto Cecon.

In areas cultivated frequently with common bean at Zona da Mata of Minas Gerais state, Mo application on foliage have been used instead of N topdressing to sustain yields around 2000 kg ha⁻¹. However, there is a doubt about the effectiveness of this technology in higher yield conditions. The objectives of this work were: 1) determinate the maximal rate of N topdressing in which common bean respond to molybdenum fertilizer; 2) verify if the Mo fertilization replace the N topdressing in high yielding conditions. The experiments were conducted at three municipalities of Zona da Mata: Coimbra, Oratórios, and Viçosa. They were installed on April or May of 2011. The treatments were arranged as a 5 x 2 factorial: 0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹ of N and 0 and 80 g ha⁻¹ of Mo. N as urea was applied the following way: 30 = at sowing, 60 = 30 (sowing) + 30 (15 days after emergence - DAE), 90 = 30 (sowing) + 30 (15 DAE) + 30 (25 DAE), 120 = 30 (sowing) + 45 (15 DAE) + 45 (25 DAE). Mo was applied as sodium molybdate solution onto the foliage at V4 stage. In order to reach the first objective, the effect of Mo was evaluated at each N rate. In order to reach the second objective, the ten treatments formed by the combination of N and Mo factors were considered. In this case, Dunnett test was utilized in order to compare the association of 30 kg ha⁻¹ of N at the sowing + Mo with each other treatments. The cultivar Ouro Vermelho was used. A randomized complete block design with four replications was used. The highest yields were 3437, 2185 and 3270 kg ha⁻¹ at Viçosa, Oratórios, and Coimbra, respectively. In Viçosa, differently from the others municipalities, N and/or Mo did not affect yield. In Coimbra, Mo increased yield when zero (level of 30 kg ha⁻¹ de N) or 30 kg ha⁻¹ de N topdressing (level of 60 kg ha⁻¹ de N) was used. In Oratórios and Coimbra, plants sprayed with Mo and fertilized with N at sowing yielded as much as plants fertilized with N topdressing at a rate of 90 kg ha⁻¹. Results suggest that common bean can respond in

yield to Mo even when N topdressing of 30 kg ha is used and that Mo can replace topdressing N for yield levels of up to 3000 kg ha⁻¹.

1. INTRODUÇÃO

O rendimento relativamente baixo do feijão é atribuído a fatores como uso de manejos culturais inadequados; incidência de pragas e doenças; uso de sementes de baixa qualidade; baixa fertilidade dos solos e manejo inadequado da adubação, especialmente do fertilizante nitrogenado (Araújo et al., 2009).

O nitrogênio (N) é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo feijoeiro (Oliveira et al., 1996). Para obtenção de altas produtividades, ele deve estar disponível em tempo e locais adequados para ser absorvido pela planta (Carvalho et al., 2001). O alto custo dos fertilizantes nitrogenados associado a perdas de N por lixiviação, volatilização e desnitrificação são fatores que justificam a busca e o desenvolvimento de técnicas que possibilitem às plantas obter esse nutriente de outras formas (Santos et al., 2003).

O molibdênio (Mo) desempenha importante papel no metabolismo do N. Ele atua como cofator da enzima nitrogenase, essencial na fixação do N atmosférico pelos rizóbios dos nódulos radiculares, e na enzima redutase do nitrato, indispensável para ocorrer o primeiro passo da redução assimilatória do nitrato absorvido pelo feijoeiro. Devido as essas funções, a deficiência de Mo pode causar sintomas de deficiência de N (Marschner, 1995). Logo, a adubação molíbdica no feijão pode ser opção econômica, de fácil aplicação e de menor potencial poluidor que o uso de N.

O fornecimento do Mo aos feijoeiros geralmente é realizado pelo tratamento de sementes (Berger et al., 1995), pela pulverização da folhagem (Vieira et al., 1992) e pelo uso de sementes ricas em Mo (Vieira et al., 2005; Vieira et al., 2011). A pulverização da folhagem tem sido o método mais empregado pelos agricultores da Zona da Mata.

Quando o Mo é aplicado na folhagem, as maiores produtividades de feijão na Zona da Mata de Minas Gerais são obtidas com dose única de 70 a 100 g ha⁻¹ (Berger et al., 1996; Amane et al., 1999). Via foliar, o Mo é aplicado entre o 14º e 28º dias após a emergência das plântulas (Berger et al., 1996).

Em solos com deficiência de N e/ou Mo na Zona da Mata de Minas Gerais, a adubação molíbdica via foliar, associada ao N aplicado no sulco de semeadura, pode substituir a adubação nitrogenada em cobertura do feijoeiro (Vieira et al., 1992; Amane et al., 1994; Vieira et al. 1998ab; Amane et al., 1999). No entanto, com exceção de parte do estudo de Amane et al. (1999), que testaram doses de 30, 60 e 90

kg ha⁻¹ de N em cobertura, e obtiveram produtividade máxima em torno de 2100 kg ha⁻¹, as doses de N em cobertura usadas variaram de 20 a 40 kg ha⁻¹ de N.

Os feijoeiros não responderam em produtividade à aplicação de Mo quando, além do N aplicado no sulco de semeadura, foi feita adubação de cobertura com 30 kg ha⁻¹ de N (Vieira et al., 1998ab). Outros estudos, no entanto, indicaram que, mesmo com a aplicação de N em cobertura (de 20 a 50 kg ha⁻¹), os feijoeiros responderam à aplicação do Mo (Vieira et al., 1992; Amane et al., 1999; Araújo et al., 2009). Em razão dessa discrepância de resultados, estudos adicionais são necessários para esclarecer esse assunto, especialmente em níveis de produtividades mais altos que os obtidos nessas pesquisas, que variaram de 1100 a 2868 kg ha⁻¹.

Os objetivos com este estudo foram: (1) determinar até que dose de N em cobertura o feijoeiro responde à adubação molíbdica; (2) verificar se a adubação com molibdênio substitui a adubação nitrogenada em cobertura em condições de alta produtividade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Nitrogênio no feijoeiro

As plantas absorvem a maior parte do N na forma de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) (Williams & Miller, 2001). Depois de absorvido, o NO_3^- é reduzido a NH_4^+ por reação catalisada pelas enzimas redutase do nitrato e nitrito redutase, ou é acumulado no vacúolo das células da raiz para posterior utilização, ou ainda é transportado para a parte aérea da planta, onde pode ser reduzido e assimilado. O NH_4^+ absorvido ou obtido pela redução do nitrato é rapidamente incorporado em esqueletos de carbono por meio de duas vias, a GS/GOGAT ou a glutamato DHase (GDH), especialmente pela primeira (Marschner, 1995).

O gás nitrogênio (N_2) é fonte natural de N. No entanto, o N nessa forma não é disponível para utilização direta pela planta. É necessária sua transformação para as formas assimiláveis. Por ser uma leguminosa, o feijoeiro pode adquirir o N por meio da fixação simbiótica realizada por bactérias. As bactérias do gênero *Rhizobium* fixam o N_2 atmosférico pela ação da enzima nitrogenase, que converte o N_2 em NH_3^+ (Ferreira et al., 2000).

Quanto à produtividade, as respostas do feijoeiro à adubação nitrogenada são variadas. Em Minas Gerais, há resposta positiva a adubação nitrogenada em pouco mais de 60% dos experimentos (Vieira, 1998; Vieira, 2006). Em sistema convencional, há resposta positiva do feijoeiro a doses de N até 129 kg ha^{-1} (Stone & Moreira, 2001; Soratto et al., 2004). Portanto, o N é um dos nutrientes que mais limita a produtividade da cultura no estado.

A falta de N no plantio geralmente reduz a produtividade do feijão (Amane et al., 1999). A adubação nitrogenada parcelada promove aumento na produtividade do feijoeiro quando a última aplicação é realizada até aproximadamente 30 DAE. Depois desse tempo, ela tem pequeno ou nenhum efeito na cultura (Araújo et al., 1994; Gomes Júnior et al., 2005; Santi et al., 2006).

A adubação nitrogenada do feijão é tema de muitas pesquisas e há resultados contraditórios, provavelmente devido às diferenças entre as condições edafoclimáticas e às diferenças entre as variedades de feijão quanto à necessidade de N.

As recomendações de adubação na cultura do feijão são realizadas considerando os níveis de tecnologia apresentados pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (Alvarez et al., 1999). Em geral, essa comissão recomenda que a adubação nitrogenada seja parcelada: parte distribuída no sulco de plantio, junto com o fósforo e o potássio, e parte em cobertura, antes do início do florescimento.

2.2 Molibdênio no feijoeiro

O molibdênio (Mo) é o nutriente requerido em menor quantidade pelas culturas, depois do níquel. Existem poucas enzimas que contêm Mo como cofator nas plantas superiores. Delas, as duas mais pesquisadas são a redutase do nitrato e a nitrogenase. Nessas enzimas, o Mo está diretamente envolvido em reações de oxirredução no metabolismo das plantas. A enzima nitrogenase é fundamental para fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico (N_2) pela ação dos rizóbios. A redutase do nitrato é essencial para que ocorra o aproveitamento do nitrato absorvido pela planta (Marschner, 1995).

A nitrogenase é o complexo enzimático que catalisa a fixação biológica de N_2 , isto é, essa enzima está relacionada ao processo de redução do N_2 atmosférico a amônia (NH_3) pelo processo de fixação simbiótica. Essa enzima é constituída de dois componentes distintos contendo íons de Mo e Fe (Salisbury & Ross, 1992). O componente I é formado de uma proteína com quatro subunidades, cada uma com 24 átomos de Fe e um pequeno cofator com dois átomos de Mo. O componente II é formado por duas subunidades com quatro átomos de Fe (Winter & Burris, 1976).

No processo redutivo do N_2 a NH_3 , a ferredoxina reduzida doa elétrons à nitrogenase. Primeiramente, os elétrons são transferidos para a proteína ligada ao ferro, que se torna agente redutor e transfere os elétrons recebidos para a proteína que se encontra ligada ao Fe-Mo. Esta, por sua vez, reduz o N_2 a duas moléculas de NH_3 (Mengel & Kirkby, 1987). A energia necessária no processo de fixação é derivada do ATP suprido pelos fotossintatos da planta.

A redutase do nitrato é a enzima que promove a redução do nitrato (NO_3^-) a nitrito (NO_2^-) no citoplasma das células, primeiro passo da redução assimilatória do nitrato. Ela é uma enzima dímera formada por três grupos prostéticos transferidores de elétrons por subunidade, flavina (FAD), heme e Mo. Durante esse processo de

redução, diferentemente do que ocorre na reação catalisada pela nitrogenase, os elétrons são transferidos diretamente do Mo para o nitrato (Marschner, 1995).

Portanto, plantas que têm como fonte principal de N o nitrato (NO_3^-), apresentam maior concentração de Mo que plantas nutridas com N na forma de amônio (NH_4^+), fato explicado pela função desempenhada por esse micronutriente como componente da redutase do nitrato (Gupta & Lipsett, 1981). Logo, plantas supridas com N-NH_4^+ apresentam sintomas de deficiência de Mo menos severos, quando comparadas com plantas supridas com N-NO_3 (Marschner, 1995). Esse autor acrescenta que em plantas deficientes em Mo ocorre o acúmulo de NO_3^- na folha, devido à não indução da enzima redutase do nitrato. Essa é a explicação por que leguminosas deficientes em Mo apresentem, frequentemente, sintomas semelhantes aos de deficiência de N: clorose das folhas e atrofiamento da planta.

O Mo é absorvido da solução do solo pelas raízes como íon molibdato (MoO_4^{2-}). Este se move até as raízes predominantemente por fluxo de massa. A disponibilidade do Mo no solo é influenciada, principalmente, pelo pH, teores de óxidos de ferro e alumínio, argila e matéria orgânica. A disponibilidade do molibdênio aumenta com o aumento do pH do solo (Gupta & Lipsett, 1981).

A forma como o Mo movimenta-se na planta não é conhecida. No entanto acredita-se que se mova no xilema, como MoO_4^{2-} , complexo Mo-S aminoácido ou como molibdato complexado com açúcares (Dechen et al., 2006).

2.3 Adubação molíbdica no feijoeiro

O efeito benéfico do Mo na produtividade do feijoeiro está fortemente associado à ação das enzimas que atuam no metabolismo do N, nas quais o Mo é constituinte estrutural (Salisbury e Ross, 1992).

Na Zona da Mata de Minas Gerais, até a década de 70, os experimentos sobre adubação da cultura do feijão concentravam-se nos macronutrientes primários (N, P e K). Em um dos primeiros estudos com Mo na Zona da Mata, a aplicação de $13,5 \text{ g ha}^{-1}$ de Mo em tratamento de semente aumentou a produtividade do feijão (Braga, 1972).

Vieira et al. (1992) estudaram, em Viçosa e Ponte Nova, a adubação nitrogenada e molíbdica no feijão, em solos com estirpes nativas de rizóbio. Nesse estudo foram testados: N no sulco de plantio (0 ou 20 kg ha^{-1}), N em cobertura (0 ou

20 kg ha⁻¹) e Mo (0 ou 20 g ha⁻¹). A aplicação de N em cobertura e a de Mo foram realizadas aos 25 dias após a emergência das plântulas. Em Viçosa, quando o Mo foi aplicado sozinho, houve aumento no rendimento em cerca de 200%. Com N no plantio associado à aplicação de Mo houve incremento adicional de 19% na produtividade. Somente a adubação com N não foi suficiente para suprir as plantas com N, as quais ficaram cloróticas. Esses autores concluíram que, quando se utiliza Mo associado à adubação nitrogenada de plantio, o Mo aplicado via foliar “substitui” a adubação nitrogenada em cobertura. Em Ponte Nova, houve incremento da produtividade em cerca de 50% quando se utilizou Mo associado a N no plantio. Outros autores também verificaram que o Mo pode substituir a adubação nitrogenada em cobertura na Zona da Mata de Minas Gerais (Amane et al., 1994; Amane et al., 1999; Vieira et al., 1998ab).

O fornecimento do Mo aos feijoeiros pode ser realizado junto com a adubação de plantio, pelo tratamento das sementes com adubo molíbdico, pela pulverização da folhagem com solução do adubo e pelo uso de sementes ricas em Mo. A pulverização foliar é o método mais empregado pelos agricultores (Vieira et al., 2008) e é mais eficiente que a peletização das sementes para aumentar a produtividade de feijão (Berger et al., 1995).

Em trabalho realizado na Zona da Mata de Minas Gerais, Berger et al. (1996), avaliaram os efeitos de doses de Mo (0, 15, 30, 60 e 120 g ha⁻¹) e a melhor época de aplicá-lo nas folhas (7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 52 DAE). Concluíram que a dose de 80-90 g ha⁻¹ foi a que proporcionou as maiores produtividades e a melhor época de aplicação foi de 14 a 28 DAE. Amane et al. (1999) obtiveram resultados semelhantes ao de Berger et al. (1996): os mais altos rendimentos foram obtidos com doses de 70 a 100 g ha⁻¹, dependendo da adubação nitrogenada, ou seja, quanto mais N se usa menor a dose de Mo, e vice-versa.

A aplicação de 80 g ha⁻¹ de Mo via foliar no feijoeiro proporciona aumentos de produtividade de 111% a 323% (Berger et al., 1996; Pires et al., 2004; Leite et al., 2007). Esses aumentos de produtividade devido ao Mo, devem-se, possivelmente, ao efeito positivo desse micronutriente no metabolismo do N. O Mo atua na assimilação do N atmosférico e no aproveitamento do N disponível na forma de N-NO₃⁻ (Zimmer & Mendel, 1999).

De maneira geral, com base nesses resultados de pesquisa pode-se afirmar que, geralmente, o Mo aumenta a produtividade de feijão, na Zona da Mata de Minas

Gerais. Nessa região, o Mo aplicado via foliar pode ser boa alternativa, pois é de fácil aplicação, econômico e de menor potencial poluidor que o N aplicado em cobertura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de condução dos experimentos e características do solo

Foram conduzidos três experimentos em três localidades da Zona da Mata de Minas Gerais: Fazenda Experimental do Vale do Piranga (EPAMIG – FEVP) – Oratórios, MG (422 m de altitude, latitude de 20° 24' 12,8" S e longitude de 42° 49' 08,7" W); Estação Experimental da Horta Nova – Distrito de São José do Triunfo, Viçosa, MG (671 m de altitude; 20° 45' 42" S de latitude; e 42° 49' 30" W de longitude); e Estação Experimental de Coimbra – Coimbra, MG (715 m de altitude, 20° 49' 43" S de latitude e 42° 45' 48" W de longitude). As duas últimas áreas experimentais pertencem ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Os experimentos foram conduzidos no outono-inverno. As semeaduras foram feitas em 27 de abril de 2011 (Oratórios), 29 de abril de 2011 (Viçosa) e 6 maio de 2011 (Coimbra). Os solos desses três locais são reconhecidamente povoados por estirpes nativas de rizóbio.

O preparo do solo foi feito de modo convencional, com uma aração e duas gradagens. Resultados de características do solo na profundidade de 0-20 cm são apresentados na Tabela 1. Com base nesses resultados, fez-se o cálculo das doses de potássio (K_2O) e de fósforo (P_2O_5) para a adubação do solo, considerando-se a recomendação para o maior nível tecnológico (NT4) da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999). O potássio e o fósforo foram aplicados no sulco de plantio por ocasião da semeadura, na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio. Antes da semeadura, os adubos foram misturados com o solo para minimizar o contato deles com as sementes.

3.2 Delineamento experimental e condução dos experimentos

Os tratamentos constaram de cinco doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90 ou 120 kg ha⁻¹) e duas de molibdênio (0 ou 80 g ha⁻¹). O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram distribuídas 15 sementes por metro da cultivar Ouro Vermelho (Carneiro et al., 2006). Estas foram obtidas na UFV de um campo de produção de sementes localizado em Coimbra. As plantas das quais essas

sementes foram colhidas receberam uma pulverização com solução de Mo de 80 g ha⁻¹.

A parcela experimental foi composta por cinco linhas de 5 m, espaçadas de 0,5 m. A ureia foi a fonte de N. Ela foi aplicada na forma e doses apresentadas na Tabela 2. A ureia aplicada em cobertura foi distribuída em filete contínuo sobre o solo e a 5 cm das plantas. No mesmo dia da aplicação da ureia, fez-se a sua incorporação com irrigação. O Mo foi aplicado na forma de solução de molibdato de sódio sobre a folhagem entre 20 e 25 DAE, no estágio V4 (terceira folha trifoliolada). A distribuição da solução de Mo sobre as plantas foi feita com pulverizador de CO₂ equipado com dois bicos cone XR 11002, espaçados de 0,50 m, e com vazão equivalente a 225 L ha⁻¹ numa pressão de 207 kPa. Uma lona plástica com 1 m de largura foi estendida entre as parcelas vizinhas às tratadas, para evitar a deriva.

Realizou-se controle fitossanitário para manter as plantas livres de pragas e doenças durante todo o ciclo de vida dos feijoeiros. Para isso, utilizaram-se agrotóxicos recomendados para a cultura. O controle das plantas daninhas foi feito com fomesafen (250 g i.a./ha) e fluazifop-p-butil (200 g i.a./ha) aplicados em pós-emergência. Os experimentos foram irrigados semanalmente por aspersão convencional, com lâmina bruta de aproximadamente 40 mm.

Tabela 1 – Resultados das análises das amostras do solo obtidas nas áreas experimentais na profundidade de 0-20 cm.

Característica	Oratórios	Interpretação ¹	Viçosa	Interpretação ¹	Coimbra	Interpretação ¹
pH em água (1:2,5)	6,1	bom	5,8	bom	5,4	baixo
P (mg dm ⁻³)	10,6	médio	50,5	muito bom	6,2	médio
K (mg dm ⁻³)	68	médio	114	bom	81	bom
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	2,0	médio	5,0	muito bom	2,3	médio
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,8	muito baixo	0,7	muito baixo	0,8	muito baixo
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,0	muito baixo	0,0	muito baixo	0,1	muito baixo
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,47	médio	4,13	médio	4,46	médio
SB (cmol _c dm ⁻³)	2,97	média	5,99	boa	3,31	média
CTC (t) (cmol _c dm ⁻³)	2,97	média	5,99	boa	3,41	média
CTC (T) (cmol _c dm ⁻³)	6,43	média	10,12	boa	7,77	média
V (%)	46	médio	59	médio	43	médio
m (%)	0,0	muito baixo	0,0	muito baixo	3,0	muito baixo
Matéria orgânica (dag kg ⁻¹)	2,0	baixa	3,2	média	3,0	média
Zn (mg dm ⁻³)	4,7	alto	11,08	alto	3,37	alto
Fe (mg dm ⁻³)	36,8	bom	7,08	muito baixo	11,9	baixo
Mn (mg dm ⁻³)	56,3	alto	31,5	alto	30,7	alto
Cu (mg dm ⁻³)	1,3	bom	0,62	baixo	0,95	médio
B (mg dm ⁻³)	0,2	baixo	0,1	muito baixo	0,0	muito baixo
P-remanescente	30,8		36,0		29,9	
Classificação textural	argilo arenosa		argilosa		argilosa	

P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - extrator Mehlich 1; Ca - Mg - Al - extrator: KCl - 1 mol/L; H + Al - extrator acetato de cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0; B - extrator água quente; S - extrator - fosfato monocálcico em ácido acético; SB = soma de bases trocáveis; CTC (t) - capacidade de troca catiônica efetiva; CTC (T) - capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = índice de saturação de bases; m = índice de saturação de alumínio; matéria orgânica - oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10N.

¹ Conforme Alvarez et al. (1999).

Tabela 2. Doses e épocas da adubação nitrogenada usadas nos três experimentos.

Dose total de nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Parcelamento das doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)		
	Plantio	15 DAE ¹	25 DAE ¹
0	-	-	-
30	30	-	-
60	30	30	-
90	30	30	30
120	30	45	45

¹DAE = dias após a emergência.

3.3 Características avaliadas

As variáveis avaliadas foram: leitura do SPAD, população final de plantas (estande final), teor de nitrogênio total nas folhas, severidade de doenças, produtividade de grãos e seus componentes (número de vagens/plantas, número de grãos/vagem, massa de 100 grãos).

As leituras do SPAD foram obtidas quando 50% das plantas tinham pelo menos uma flor aberta. Em cada parcela foram amostradas nove plantas. As leituras foram efetuadas nos três folíolos da folha completamente desenvolvida, a partir do ápice da planta. Foi considerada a média de 27 leituras por parcela. As leituras foram realizadas entre 8:30 e 10:00 horas com clorofilômetro modelo Minolta SPAD-502. As folhas onde foram feitas as leituras foram coletadas, acondicionadas em sacos de papel, e levadas para o laboratório. Lá, elas foram lavadas com água destilada, secas em estufa de ventilação forçada a 65°C até atingir massa constante. Em seguida, foram moídas e homogeneizadas para uso na determinação do nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (Horowitz, 1970).

A severidade de doenças foi avaliada em R8 (enchimento de grãos) com base na seguinte escala de avaliação de 1 a 9, adaptada de Van Schoonhoven e Pastor-Corrales (1987): 1,1 a 2,5 (leve); 2,6 a 4,1 (leve/moderado); 4,5 a 5,7 (moderada); 5,8 a 7,3 (moderada/severa); e > 7,4 (severa).

Os grãos colhidos nas três linhas centrais da parcela, sem 0,5 m de cada extremidade, foram usados para o cálculo da produtividade. Uma dessas linhas também foi usada para a estimativa dos componentes da produtividade. A massa de 100 grãos e a produtividade foram corrigidas para o teor de água de 13% (base úmida).

3.4 Análise estatística

Numa primeira abordagem, fez-se a análise de variância de cada experimento considerando-se o fatorial 5 x 2. Interações com $P \leq 0,25$ foram desdobradas conforme recomendado por Perecin e Cargnelutti Filho (2008). Numa segunda abordagem, fez-se uma análise de variância considerando-se a combinação dos fatores N e Mo (10 tratamentos). Neste caso, foi utilizado o teste de Dunnett (5%) para comparar o tratamento-referência (30 kg ha⁻¹ de N no plantio + 80 g ha⁻¹ de Mo aplicado nas folhas) com os demais tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando os recursos computacionais do programa GENES (Cruz, 2006).

4. RESULTADOS

4.1 Experimento de Oratórios

Apesar da aplicação de fungicidas, os feijoeiros apresentaram sintomas moderados de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e sintomas leves a moderados de mancha-angular (*Pseudocercospora griseola*). Não houve efeito significativo do N, do Mo e da interação N x Mo sobre a intensidade do mofo-branco. Os feijoeiros que receberam molibdênio (Mo) apresentaram menos sintomas de mancha-angular (média de 2,85 e desvio-padrão de 0,81) que os que não receberam o micronutriente ($3,62 \pm 0,97$) ($P = 0,008$). O nitrogênio (N), no entanto, não influenciou significativamente a severidade da mancha-angular ($P = 0,40$).

4.1.1 Avaliação do Mo em cada dose de N

Não houve efeito significativo da interação N x Mo, nem de cada fator individualmente sobre o estande final, a leitura do SPAD, o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem (Tabela 3). A significância da interação N x Mo em relação à massa de 100 grãos foi inferior a 10% (Tabela 3). Portanto, ela foi desdobrada.

Tabela 3 – Efeitos de nitrogênio e molibdênio sobre as leituras do SPAD e os teores de N na folha na floração e a produtividade e seus componentes, em Oratórios, MG, no outono-inverno de 2011.

Fator	Dose ¹	Estande final (2 m ²)	Leitura do SPAD ²	N na folha ² (dag kg ⁻¹)	Vagens/ planta	Grãos/ vagem	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	0	55,5	35,9	3,45	5,86	5,25	18,9	1754
	30	52,4	36,6	3,98	6,55	5,44	18,8	1822
	60	53,7	36,2	3,93	6,51	5,41	19,5	1980
	90	51,5	37,7	4,08	6,83	5,35	20,7	2083
	120	50,4	37,8	4,26	6,78	5,52	20,4	2059
Molibdênio (g ha ⁻¹)	0	52,5	36,3	3,69	6,32	5,46	19,3	1846
	80	52,9	37,4	4,20	6,70	5,33	20,0	2033
Fontes de variação	GL	Valor de P ³						
Tratamentos	(9)	0,414	0,176	0,008	0,457	0,875	0,002	0,036
N	4	0,229	0,151	0,017	0,993	0,851	0,003	0,041
Mo	1	0,785	0,065	0,001	0,388	0,393	0,029	0,021
N x Mo	4	0,484	0,560	0,746	0,267	0,697	0,082 [†]	0,394
CV (%)		8,7	5,0	11,3	20,2	8,96	5,3	12,4

¹ 30 = aplicado no plantio, 60 = 30 (plantio) + 30 (15 dias após a emergência - DAE), 90 = 30 (plantio) + 30 (15 DAE) + 30 (25 DAE); 120 = 30 (plantio) + 45 (25 DAE) + 45 (25 DAE). O Mo foi aplicado aos 23 DAE.

² Avaliados na plena floração.

³ Em negrito, valores de $P \leq 0,05$; (†), interação com $P \leq 0,25$ (que será desdobrada).

O N e o Mo tiveram efeito significativo sobre o teor de N na folha (Tabela 3). O Mo, em média, aumentou em 13,8% o teor de N. A diferença entre o mais alto teor de N na folha e o mais baixo, em resposta às doses de N, foi de 23,5%.

O desdobramento da interação N x Mo revelou que os feijoeiros adubados com 30 kg ha⁻¹ de N + Mo produziram massa de 100 grãos significativamente maior que os que receberam apenas 30 kg ha⁻¹ de N (Fig. 1). No tratamento com 120 kg ha⁻¹ de N, a massa de 100 grãos proveniente de plantas adubadas com Mo foi 8% maior em relação às não adubadas com Mo. O N e o Mo tiveram efeito significativo sobre a produtividade de grãos (Tabela 3). Em média, a aplicação de Mo aumentou a produtividade em 10%. A diferença entre a mais alta produtividade e a mais baixa, em resposta às doses de N, foi de 305 kg ha⁻¹.

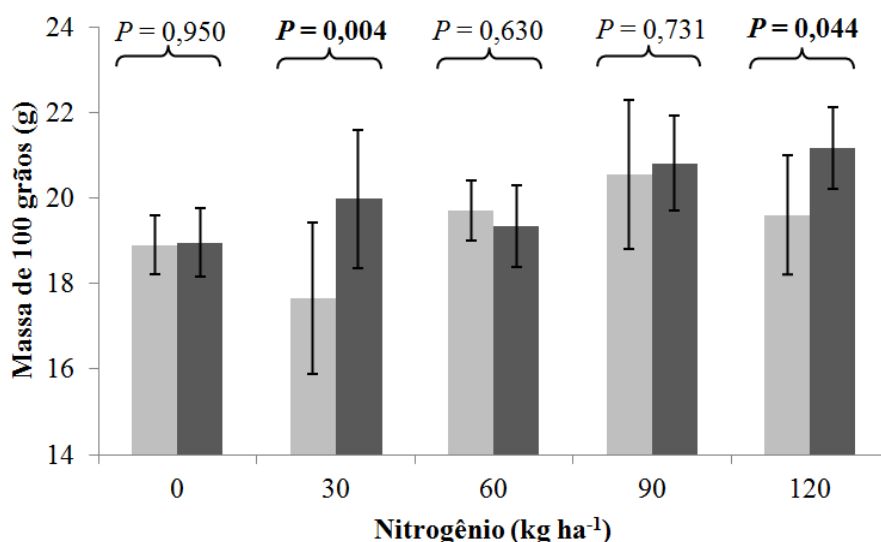


Figura 1 - Efeitos da aplicação (barra cinza escuro) ou não (barra cinza claro) de 80 g ha⁻¹ de molibdênio na folhagem em cada uma das cinco doses de nitrogênio sobre a massa de cem grãos do feijão (média ± desvio-padrão) em Oratórios, MG. Em negrito, valores de *P* inferiores a 5%.

4.1.2 Comparação do tratamento-referência (30 kg ha⁻¹ de N no plantio + Mo) com os demais tratamentos

Houve efeito significativo dos tratamentos sobre o teor de N na folha, a massa de 100 grãos e a produtividade (Tabela 3). O teor de N na folha do tratamento sem N e sem Mo foi significativamente menor que o do tratamento-referência (Tabela 4). Os grãos oriundos das plantas que receberam apenas 30 kg ha⁻¹ de N no plantio

foram quase 12% mais leves que os originados dos feijoeiros que receberam o tratamento-referência. O teste de Dunnett não detectou diferença entre cada tratamento e o tratamento-referência (30 kg ha⁻¹ de N no plantio + 80 g ha⁻¹ de Mo em cobertura) em relação à produtividade.

Tabela 4 – Efeito dos tratamentos formados pela combinação dos níveis de nitrogênio e de molibdênio sobre o teor de N nas folhas na floração, a massa de 100 grãos e a produtividade, em Oratórios, MG, no outono-inverno de 2011.

Nitrogênio ¹	Molibdênio ¹	N na folha ² (dag kg ⁻¹)	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
0	0	3,01 *	18,9	1611
30	0	3,73	17,6 *	1639
60	0	3,68	19,7	1922
90	0	3,91	20,5	2124
120	0	4,09	19,6	1933
0	80	3,89	18,9	1897
30	80	4,23	20,0	2005
60	80	4,18	19,3	2038
90	80	4,24	20,8	2041
120	80	4,43	21,7	2185

Médias seguidas por asterisco na vertical diferem significativamente do tratamento-referência (30 kg ha⁻¹ de N no plantio + 80 g ha⁻¹ de Mo em cobertura - barra cinza) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

¹ 30 = aplicado no plantio, 60 = 30 (plantio) + 30 (15 dias após a emergência - DAE), 90 = 30 (plantio) + 30 (15 DAE) + 30 (25 DAE); 120 = 30 (plantio) + 45 (25 DAE) + 45 (25 DAE). O Mo foi aplicado aos 23 DAE.

² Avaliado na plena floração.

4.2 Experimento de Viçosa

Os feijoeiros não apresentaram sintomas de mofo-branco. A severidade da mancha-angular nas plantas variou de leve a moderada e não foi influenciada pelos tratamentos de Mo: média de 2,50 e desvio-padrão de 0,61(com Mo) e 2,62 ± 0,70 (sem Mo), ($P = 0,45$).

4.2.1 Avaliação do Mo em cada dose de N

Não houve efeito significativo da interação N x Mo e nem de cada fator, individualmente, sobre o estande final, o número de grãos por vagem e a

produtividade de grãos (Tabela 5). A significância da interação N x Mo em relação à leitura de SPAD e ao número de vagens por planta foi menor que 10%. Portanto, elas foram desdobradas.

Quanto à leitura do SPAD, o desdobramento da interação N x Mo revelou que somente nos níveis zero e 30 kg ha⁻¹ de N, a aplicação de Mo aumentou-lhe significativamente o valor em 14% e 8%, respectivamente (Fig. 2). O N e, especialmente o Mo, aumentaram significativamente o teor de N na folha (Tabela 5).

Tabela 5 – Efeitos de nitrogênio e molibdênio sobre as leituras do SPAD e os teores de N na folha na floração e a produtividade e seus componentes, em Viçosa, MG, no outono-inverno de 2011.

Fator	Dose ¹	Estande final (2 m ²)	Leitura do SPAD ²	N na folha ² (dag kg ⁻¹)	Vagens/ planta	Grãos/ vagem	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	0	55,9	39,1	4,34	10,4	5,41	21,0	3070
	30	50,7	37,7	4,36	10,6	5,33	21,7	2932
	60	51,9	38,5	4,68	11,6	5,39	21,7	3098
	90	52,1	38,8	4,79	12,1	5,20	21,5	3132
	120	52,2	39,1	4,78	11,9	5,21	21,9	3406
Molibdênio (g ha ⁻¹)	0	53,6	37,5	4,25	11,1	5,35	21,1	3035
	80	51,5	39,8	4,92	11,7	5,26	22,0	3219
Fontes de variação	GL	Valor de P ³						
Tratamentos	(9)	0,173	0,006	<0,001	0,020	0,422	0,012	0,161
N	4	0,197	0,475	0,025	0,026	0,210	0,133	0,101
Mo	1	0,143	<0,001	<0,001	0,120	0,158	<0,001	0,093
Mo x N	4	0,277	0,081 ⁺	0,315	0,086 ⁺	0,884	0,774	0,585
CV%		8,2	4,4	7,5	10,4	4,2	3,1	10,7

¹ 30 = aplicado no plantio, 60 = 30 (plantio) + 30 (15 dias após a emergência - DAE), 90 = 30 (plantio) + 30 (15 DAE) + 30 (25 DAE); 120 = 30 (plantio) + 45 (25 DAE) + 45 (25 DAE). O Mo foi aplicado aos 23 DAE.

² Avaliados na plena floração.

³ Em negrito, valores de $P \leq 0,05$; (+), interação $P \leq 0,25$ (que será desdobrada).

O desdobramento da interação N x Mo em relação ao número de vagens por planta revelou que, nos tratamentos zero e 30 kg ha⁻¹ de N, a adubação com Mo aumentou consideravelmente as médias dessa variável (Fig. 3). Isso não foi observado nos tratamentos em que foram usados 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N. A aplicação de Mo incrementou a massa de 100 grãos (Tabela 5). Os tratamentos de N não tiveram influencia significativa sobre essa variável.

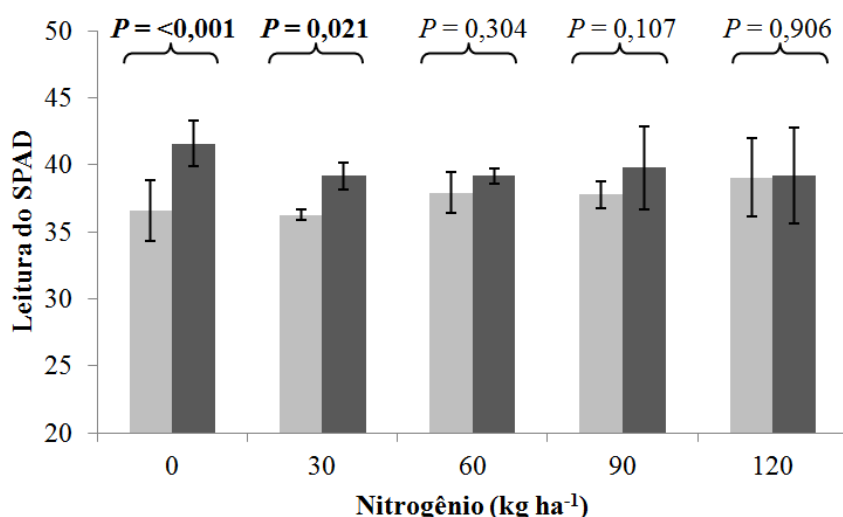


Figura 2 - Efeitos da aplicação (barra cinza escuro) ou não (barra cinza claro) de 80 g ha⁻¹ de molibdênio na folhagem em cada uma das cinco doses de nitrogênio sobre a leitura do SPAD na floração (R6) do feijão (média ± desvio-padrão) em Viçosa, MG. Em negrito, valores de *P* inferiores a 5%.

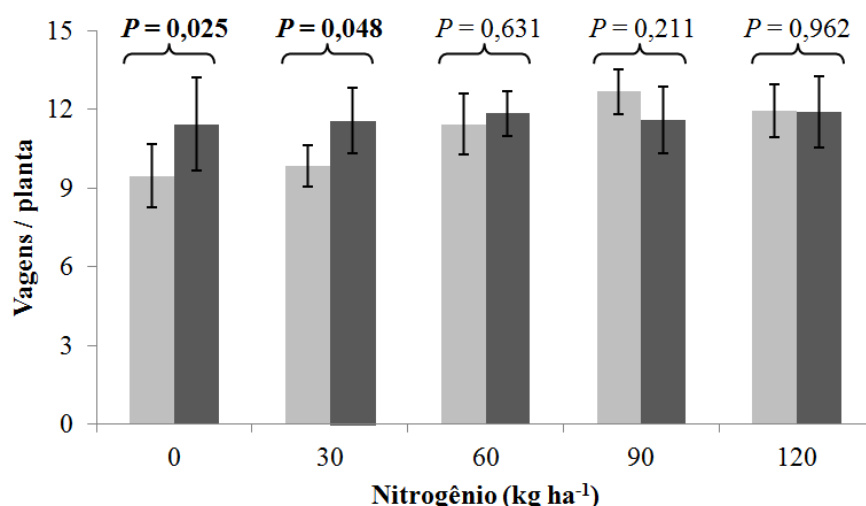


Figura 3 - Efeitos da aplicação (barra cinza escuro) ou não (barra cinza claro) de 80 g ha⁻¹ de molibdênio na folhagem em cada uma das cinco doses de nitrogênio sobre o número de vagens por planta do feijão (média ± desvio-padrão) em Viçosa, MG. Em negrito, valores de *P* inferiores a 5%.

4.2.2 Comparação do tratamento-referência (30 kg ha⁻¹ de N no plantio + Mo) com os demais tratamentos

Houve efeito significativo dos tratamentos sobre a leitura do SPAD, o teor de N na folha, o número de vagens por planta e a massa de 100 grãos (Tabela 5). O teste

de Dunnett detectou diferença entre a média do tratamento-padrão e a do tratamento sem N e Mo em relação ao teor de N na folha e à massa de 100 grãos (Tabela 6). No tratamento-referência, os feijoeiros tiveram teor de N 23% maior e grãos 8% mais pesados que os não adubados com N e Mo.

Tabela 6 – Efeito dos tratamentos formados pela combinação dos níveis de nitrogênio e molibdênio sobre o teor de N nas folhas no início da floração, a massa de 100 grãos e a produtividade, em Viçosa, MG, no outono-inverno de 2011.

Nitrogênio ¹	Molibdênio ¹	N na folha ² (dag kg ⁻¹)	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
0	0	3,81 *	20,6 *	2831
30	0	4,02	21,2	2787
60	0	4,37	21,1	3036
90	0	4,43	21,0	3147
120	0	4,63	21,8	3375
0	80	4,86	21,5	3308
30	80	4,69	22,2	3076
60	80	4,99	22,3	3159
90	80	5,15	22,1	3117
120	80	4,92	22,1	3437

Médias seguidas por asterisco na vertical diferem significativamente do tratamento-referência (30 kg ha⁻¹ de N no plantio + 80 g ha⁻¹ de Mo em cobertura - barra cinza) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

¹ 30 = aplicado no plantio, 60 = 30 (plantio) + 30 (15 dias após a emergência - DAE), 90 = 30 (plantio) + 30 (15 DAE) + 30 (25 DAE); 120 = 30 (plantio) + 45 (25 DAE) + 45 (25 DAE). O Mo foi aplicado aos 23 DAE.

² Avaliado na plena floração.

4.3 Experimento de Coimbra

Os feijoeiros não apresentaram sintomas de mofo-branco. A severidade da mancha-angular nas plantas foi moderada e não foi influenciada pelos tratamentos de Mo: média de 4,92 e desvio-padrão de 0,61 (com Mo) e 5,07 ± 0,54 (sem Mo), ($P = 0,34$).

4.3.1 Avaliação do Mo em cada dose de N

Com exceção do estande final, os valores de P das interações N x Mo foram menores que 15% (Tabela 7).

Tabela 7 – Efeitos de nitrogênio e molibdênio sobre as leituras do SPAD e os teores de N na folha na floração e a produtividade e seus componentes, em Coimbra, MG, no outono-inverno de 2011.

Tratamento	Dose ¹	Estande final (2 m ²)	Leitura do SPAD ²	N na folha ² (dag kg ⁻¹)	Vagens/ planta	Grãos/ vagem	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Nitrogênio (kg ha ⁻¹)	0	56,7	37,2	3,78	8,04	4,83	20,2	2241
	30	54,1	39,1	3,89	8,88	5,06	20,9	2511
	60	59,5	40,6	4,11	9,22	5,29	21,2	2982
	90	53,6	42,0	4,41	10,44	5,31	21,7	3103
	120	58,2	42,5	4,15	9,84	5,23	21,2	3017
Molibdênio (g ha ⁻¹)	0	56,1	38,7	3,78	8,52	5,05	20,3	2467
	80	56,7	41,9	4,36	10,05	5,23	21,7	3075
Fontes de variação	GL	Valor de P ³						
Tratamentos	(9)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
N	4	0,077	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,043	<0,001
Mo	1	0,688	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	<0,001
Mo x N	4	0,857	0,148 ⁺	0,010 ⁺	0,025 ⁺	0,011 ⁺	0,051 ⁺	0,006 ⁺
CV(%)		8,3	6,1	7,2	10,7	3,4	4,4	11,0

¹ 30 = aplicado no plantio, 60 = 30 (plantio) + 30 (15 dias após a emergência - DAE), 90 = 30 (plantio) + 30 (15 DAE) + 30 (25 DAE); 120 = 30 (plantio) + 45 (25 DAE) + 45 (25 DAE). O Mo foi aplicado aos 23 DAE.

² Avaliados na plena floração.

³ Em negrito, valores de $P \leq 0,05$; (+), interação $P \leq 0,25$ (que será desdobrada).

Nos tratamentos zero e 30 kg ha⁻¹ de N, a adubação molíbdica aumentou consideravelmente a leitura do SPAD (Fig. 4) e o teor de N na folha (Fig. 5). As plantas que receberam Mo apresentaram teor de N nas folhas superior a 4 dag kg⁻¹. Este teor só foi obtido, na ausência de Mo, com a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N. Com o uso de zero, 30 e 60 kg ha⁻¹ de N, a aplicação de Mo aumentou em 40%, 15% e 16%, respectivamente, o teor de N na folha (Fig. 5).

No tratamento sem N, a aplicação de Mo aumentou em 59% o número de vagens por planta (Fig. 6) e em quase 12% o número de grãos por vagem (Fig. 7). No tratamento com 30 kg ha⁻¹ de N, o aumento do número de vagens por planta com o uso de Mo foi de 20%. Nos tratamentos com zero, 30 e 60 kg ha⁻¹ de N, a aplicação de Mo aumentou a massa de 100 grãos (Fig. 8). Quando se usou apenas N, foram necessários 90 kg ha⁻¹ para que a massa dos grãos entre os níveis com e sem Mo não diferissem significativamente entre si. Com 90 e 120 kg ha⁻¹ de N, o Mo não influenciou significativamente os componentes da produtividade.

O Mo aumentou a produtividade de grãos até a dose de 60 kg ha⁻¹ de N (Fig. 9). No tratamento em que não se usou N e Mo, a produtividade foi de 1577 kg ha⁻¹. Esta quase dobrou com a aplicação de Mo. As plantas de todos os tratamentos com Mo renderam em torno de 3000 kg ha⁻¹, média só alcançada, sem o uso de Mo, quando se adubou com 90 kg ha⁻¹ de N.

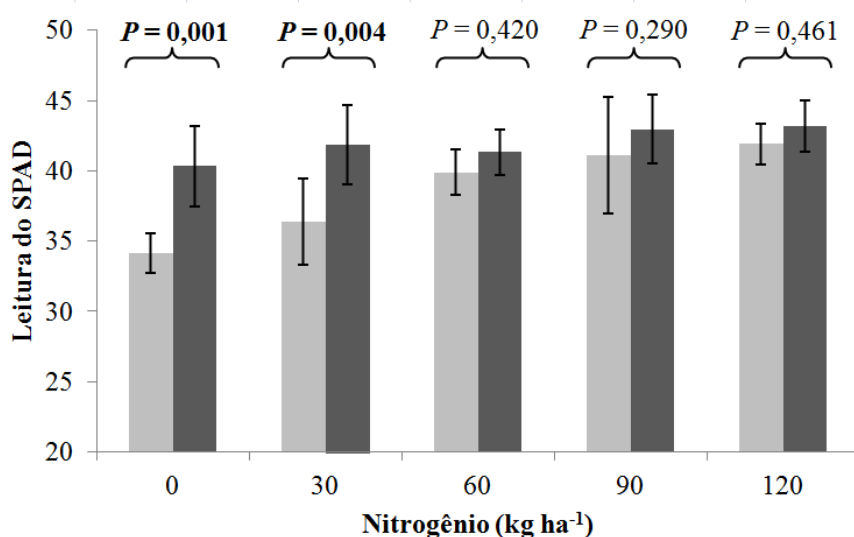


Figura 4 - Efeitos da aplicação (barra cinza escuro) ou não (barra cinza claro) de 80 g ha⁻¹ de molibdênio na folhagem em cada uma das cinco doses de nitrogênio sobre a leitura do SPAD na floração (R6) do feijão (média ± desvio-padrão) em Coimbra, MG. Em negrito, valores de *P* inferiores a 5%.

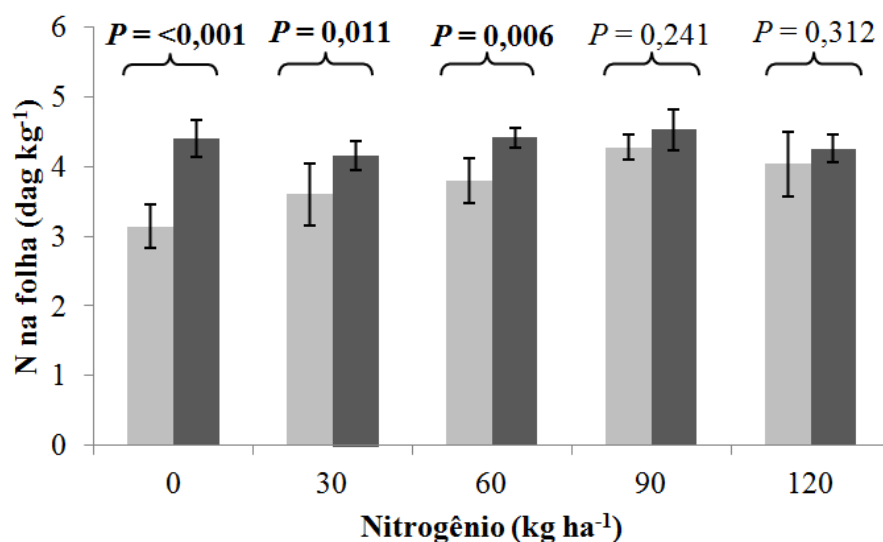


Figura 5 - Efeitos da aplicação (barra cinza escuro) ou não (barra cinza claro) de 80 g ha⁻¹ de molibdênio na folhagem em cada uma das cinco doses de nitrogênio sobre os teores de N na folha do feijão (média ± desvio-padrão) em Coimbra, MG. Em negrito, valores de *P* inferiores a 5%.

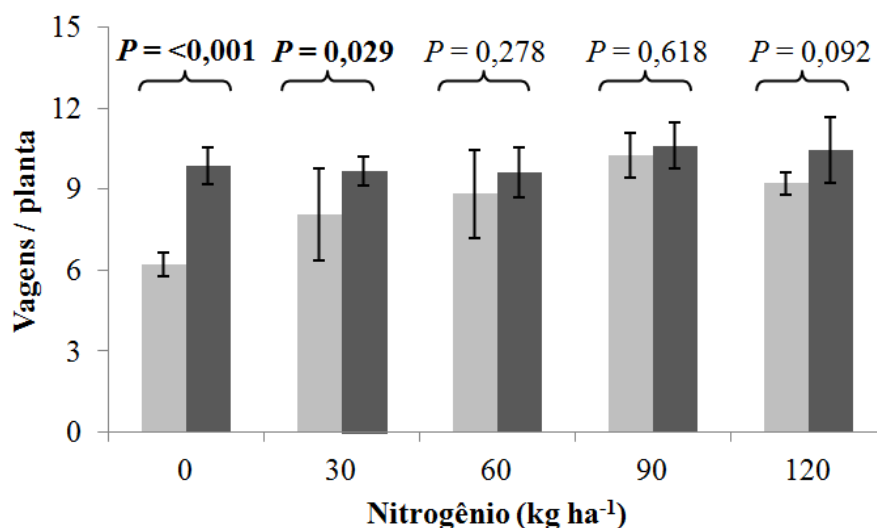


Figura 6 - Efeitos da aplicação (barra cinza escuro) ou não (barra cinza claro) de 80 g ha⁻¹ de molibdênio na folhagem em cada uma das cinco doses de nitrogênio sobre número de vagens por planta do feijão (média ± desvio-padrão) em Coimbra, MG. Em negrito, valores de *P* inferiores a 5%.

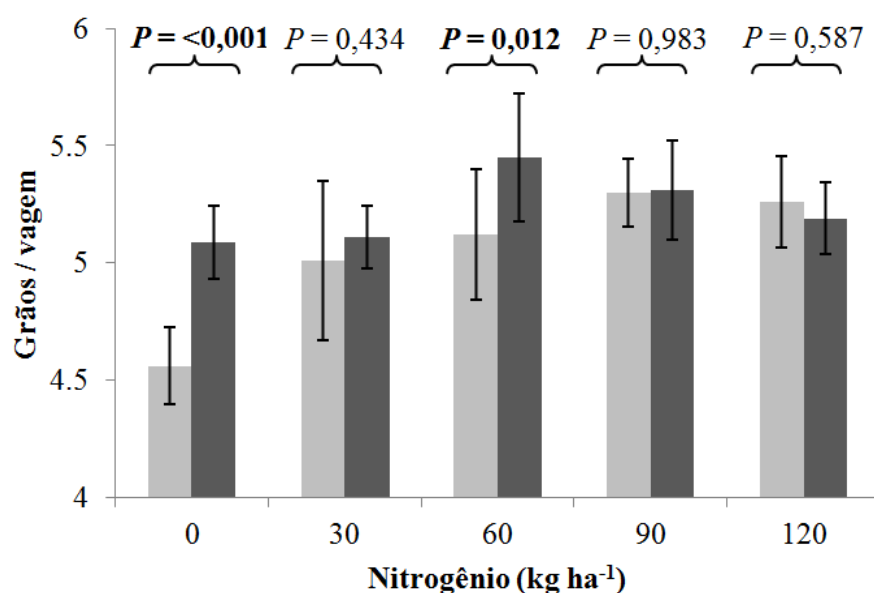


Figura 7 - Efeitos da aplicação (barra cinza escuro) ou não (barra cinza claro) de 80 g ha⁻¹ de molibdênio na folhagem em cada uma das cinco doses de nitrogênio sobre número de grãos por vagem do feijão (média ± desvio-padrão) em Coimbra, MG. Em negrito, valores de *P* inferiores a 5%.

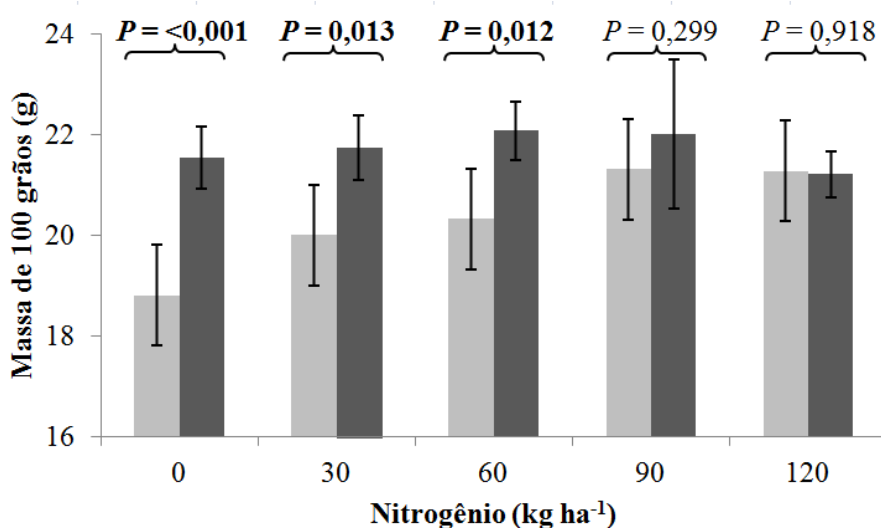


Figura 8 - Efeitos da aplicação (barra cinza escuro) ou não (barra cinza claro) de 80 g ha⁻¹ de molibdênio na folhagem em cada uma das cinco doses de nitrogênio sobre massa de cem grãos do feijão (média ± desvio-padrão) em Coimbra, MG. Em negrito, valores de *P* inferiores a 5%.

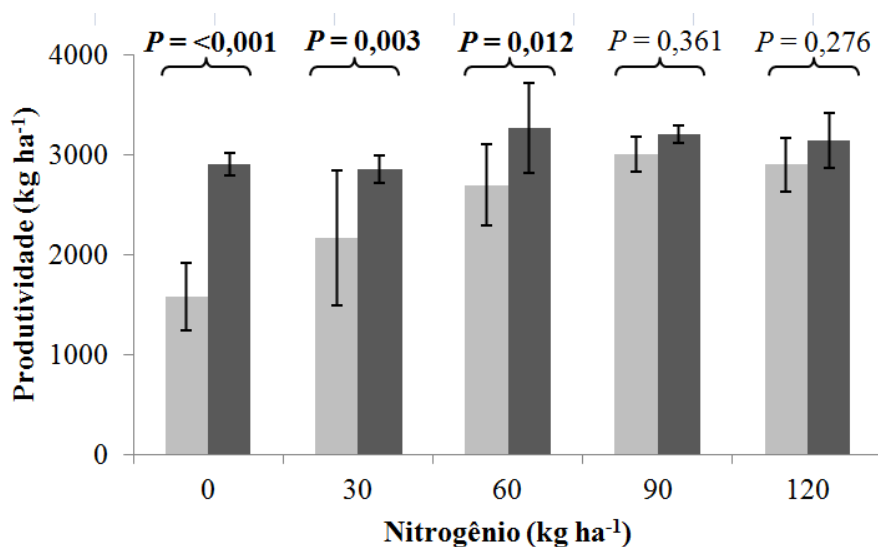


Figura 9 - Efeitos da aplicação (barra cinza escuro) ou não (barra cinza claro) de 80 g ha⁻¹ de molibdênio na folhagem em cada uma das cinco doses de nitrogênio sobre a produtividade do feijão (média ± desvio-padrão) em Coimbra, MG. Em negrito, valores de *P* inferiores a 5%.

4.3.2 Comparação do tratamento-referência (30 kg ha⁻¹ de N no plantio + Mo) com os demais tratamentos

Na ausência de Mo, o valor de SPAD no tratamento-referência foi significativamente mais alto que nos níveis de zero e 30 kg ha⁻¹ de N (Tabela 8). As

folhas das plantas do tratamento-referência tiveram 1,02 dag kg⁻¹ mais N na folha que as do tratamento sem N e Mo. As plantas do tratamento-referência produziram 56% mais vagens, 12% mais grãos por vagem e grãos 15% mais pesados que as do tratamento sem N e Mo. Em relação à produtividade, as médias do tratamento-referência não diferiram significativamente das médias dos tratamentos que receberam adubação nitrogenada em cobertura (Tabela 8). As plantas do tratamento-referência renderam 1281 kg ha⁻¹ mais que as não adubadas com N e Mo. Em relação às plantas adubadas com 30 kg ha⁻¹ de N, a diferença foi de 693 kg ha⁻¹.

Tabela 8 - Efeito dos tratamentos formados pela combinação dos níveis de nitrogênio e molibdênio sobre a leitura do SPAD e teor de N nas folhas no início da floração e a produtividade e seus componentes, em Coimbra, MG, no outono-inverno de 2011.

Nitrogênio	Molibdênio	Leitura do SPAD ²	N na folha ² (dag kg ⁻¹)	Vagens/planta	Grãos/vagem	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
0	0	34,1 *	3,14 *	6,21 *	4,56 *	18,8 *	1576 *
30	0	36,4 *	3,60	8,07	5,01	20,0	2164 *
60	0	39,9	3,80	8,83	5,12	20,3	2693
90	0	41,1	4,28	10,26	5,30	21,3	3003
120	0	41,9	4,04	9,22	5,26	21,3	2897
0	80	40,3	4,40	9,87	5,09	21,5	2906
30	80	41,8	4,16	9,69	5,11	21,7	2857
60	80	41,3	4,42	9,61	5,45	22,1	3270
90	80	43,0	4,53	10,62	5,31	22,0	3203
120	80	43,2	4,26	10,45	5,19	21,2	3136

Médias seguidas por asterisco na vertical diferem significativamente do tratamento-referência (30 kg ha⁻¹ de N no plantio + 80 g ha⁻¹ de Mo em cobertura - barra cinza) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

¹ 30 = aplicado no plantio, 60 = 30 (plantio) + 30 (15 dias após a emergência - DAE), 90 = 30 (plantio) + 30 (15 DAE) + 30 (25 DAE); 120 = 30 (plantio) + 45 (25 DAE) + 45 (25 DAE). O Mo foi aplicado aos 23 DAE.

² Avaliados na plena floração.

5. DISCUSSÃO

Os objetivos com este estudo foram: (1) determinar até que dose de N em cobertura o feijoeiro responde à adubação molíbdica e (2) verificar se a adubação com Mo substitui a adubação em cobertura com N em condições de alta produtividade. Para atingir o primeiro objetivo, os dados foram analisados como fatorial, e o efeito do Mo foi avaliado dentro de cada dose de N. Para atingir o segundo objetivo, os dados foram analisados deste modo: consideraram-se, na análise de variância, os 10 tratamentos formados pela combinação das cinco doses de N e dos tratamentos de Mo (com ou sem). Neste último caso, foi usado o teste de Dunnett (5%) para comparar o tratamento-referência (30 kg ha⁻¹ de N na semeadura + 80 g ha⁻¹ de Mo) com os demais.

Os feijoeiros cultivados nos solos dos três locais onde os experimentos foram conduzidos apresentaram diferenças na resposta ao N e/ou de Mo. Em nenhum experimento os tratamentos influenciaram significativamente o estande final (Tabelas 3, 5 e 7). A leitura do SPAD também é utilizada para o diagnóstico da nutrição nitrogenada dos feijoeiros (Silveira et al., 2003). No entanto, neste trabalho, o teor de N na folha deu melhor indicação da nutrição nitrogenada das plantas que as leituras do SPAD (Tabelas 3, 5 e 7). Em Viçosa, em solo com alta fertilidade e pH de 5,8 (Tabela 1), não houve efeito significativo dos fatores e da interação entre eles sobre a produtividade (Tabela 5). Nesse local, o teor de N nas folhas dos feijoeiros que não receberam N e Mo foi de 3,81 dag kg⁻¹ (Tabelas 6), teor considerado suficiente para os feijoeiros (Malavolta et al., 1997). Em Oratórios, em solo com pH de 6,1, o teor de N nas folhas das plantas não adubadas com N e Mo foi de 3,01 dag kg⁻¹ (Tabela 4), o que indica que o solo desse local é relativamente deficiente em N e/ou Mo, quando comparado ao de Viçosa. O efeito significativo do N e do Mo sobre a produtividade confirma essa afirmativa (Tabela 4). Em Coimbra, em solo com pH de 5,4, o mais baixo teor de N nas folhas foi 3,14 dag kg⁻¹ (Tabela 8). Neste caso, houve efeito significativo do N, do Mo e da interação N x Mo sobre a produtividade (Tabela 7).

O pH é um dos principais fatores que influenciam a disponibilidade do Mo no solo. Segundo Kaiser et al. (2005), para cada unidade de acréscimo acima de pH 3, a solubilidade do MoO₄⁻ na solução do solo aumenta aproximadamente 100 vezes. A

resposta do feijoeiro à aplicação de Mo na folhagem em solos com pH acima de 6,0, como ocorreu em Oratórios, também ocorreu em outros trabalhos realizados na Zona da Mata (Berger et al., 1996; Coelho et al., 1998; Amane et al., 1994; Vieira et al., 2005), indicando a baixa disponibilidade de Mo para as plantas nos solos desta região.

As maiores produtividades obtidas nesses experimentos foram 3437, 2185 e 3270 kg ha⁻¹ em Viçosa, Oratórios e Coimbra, respectivamente (Tabelas 4, 6 e 8). Em Oratórios, o mofo-branco foi, provavelmente, o principal fator responsável por essa produtividade relativamente baixa. A produtividade alcançada em Coimbra, onde houve resposta significativa à aplicação de N e/ou Mo, foi 1000 kg ha⁻¹ mais alta que a obtida por Amane et al. (1999), em experimento também conduzido em Coimbra, mas em solo com pH de 5,9. Esses autores estudaram, semelhantemente ao avaliado neste estudo, o efeito do Mo com doses crescentes de N (até 90 kg ha⁻¹ em cobertura) na Zona da Mata de Minas Gerais.

Só houve interação N x Mo sobre a produtividade em Coimbra (Tabela 7). Nesse local, a produtividade dos feijoeiros foi aumentada com a aplicação de Mo mesmo quando se usou 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Esses resultados corroboram com os de Vieira et al. (1992), Amane et al. (1999), e Araújo et al. (2009) e discordam dos de Vieira et al. (1998ab). No presente estudo, os feijoeiros que receberam 30 kg ha⁻¹ de N no plantio + 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura renderam 2693 kg ha⁻¹, enquanto os que receberam 60 kg ha⁻¹ de N (30 kg ha⁻¹ de N no plantio + 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura) + Mo produziram 3270 kg ha⁻¹, diferença que representa quase 10 sacos de 60 kg de feijão (Tabela 8). Em relação aos componentes da produtividade, a massa da semente ($P = 0,012$) e o número de grãos por vagem ($P = 0,012$) responderam positivamente à aplicação do Mo quando se aplicou 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura (Figs. 7 e 8). No estudo de Araújo et al. (2009) e de Amane et al. (1999), houve evidências de que o feijoeiro responde ao Mo mesmo quando se usa doses maiores que 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura (além do N no plantio). Segundo Calonego et al. (2010), há acúmulo de nitrato nas folhas do feijoeiro à medida que se aumentam as doses de N, o que indica redução na eficiência do uso do N quando há deficiência de Mo. Portanto, o agricultor que faz adubação nitrogenada em cobertura deveria aplicar Mo no feijão, pois se trata de adubo de baixo custo que tem outros efeitos positivos além do relacionado com a nutrição nitrogenada, como reduzir a

severidade da mancha-angular (Jesus et al., 2004), fato verificado, neste estudo, apenas em Oratórios.

Os resultados obtidos em Oratórios e Coimbra (Tabelas 4 e 8) mostram que a produtividade das plantas que receberam adubação de N no plantio + Mo (tratamento-referência) não difere das que receberam N no plantio + N em cobertura + Mo. Em Coimbra, o tratamento-referência sustentou produtividades de até 3000 kg ha⁻¹. Com essa adubação, os teores de N nos feijoeiros variaram de 4,16 a 4,69 dag kg⁻¹ (Tabelas 4, 6 e 8), mas podem ficar acima de 5,00 dag kg⁻¹ (Vieira et al., 1992; Amane et al., 1999). Em Coimbra, o uso de Mo (sem N no plantio) proporcionou produtividade de 2906 kg ha⁻¹, média que não diferiu do tratamento com N no plantio + Mo (2857 kg ha⁻¹). Essa boa resposta ao Mo (sem o N no plantio), no entanto, não foi verificada em outros estudos (Vieira et al., 1992; Amane et al., 1994; Amane et al., 1999), o que descarta a recomendação isolada do Mo (sem N no plantio).

No estudo de Amane et al. (1999), conduzido em seis locais da Zona da Mata, as produtividades alcançadas sem aplicação de N e/ou Mo variaram de 415 a 1064 kg ha⁻¹. Com N na semeadura (20 kg ha⁻¹ de N) mais Mo, as produtividades variaram de 950 a 2695 kg ha⁻¹. De modo semelhante ao verificado por Amane et al. (1999), os resultados do presente estudo indicam que o uso de até 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura associado ao N na semeadura + Mo não aumenta a produtividade do feijão, em relação ao tratamento-referência. Outros estudos (Vieira et al., 1992; Amane et al., 1994; Vieira et al., 1998ab; Amane et al., 1999) também sugerem que a aplicação do Mo na folhagem do feijão substitui a adubação nitrogenada em cobertura. Em solo com deficiência de N e/ou Mo, Vieira et al. (2005) alcançaram 2624 kg ha⁻¹ (e 3,51 dag kg⁻¹ de N) com N no plantio e uso de semente enriquecida com Mo (1,272 µg de Mo por semente). Quando esses autores usaram N no plantio e semente pobre em Mo (0,080 µg de Mo), a produtividade foi de 1772 kg ha⁻¹ e o teor de N na folha foi de 2,99 dag kg⁻¹. Posteriormente, estudo de Vieira et al. (2011) indicou que semente com 3,64 µg de Mo (mais o N no plantio) proporcionam o mesmo resultado que a aplicação na folhagem de 90 g ha⁻¹ de Mo para obter produtividades um pouco acima de 2000 kg ha⁻¹.

Os resultados de outras pesquisas e dos deste trabalho mostram a importância do uso de Mo na cultura do feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. Entretanto, em alguns estados, como Mato Grosso do Sul e São Paulo, geralmente não se tem obtido respostas positivas com a aplicação do Mo sobre a produtividade do feijoeiro

(Soratto et al., 2000; Bassan et al., 2001; Nascimento et al., 2004; Silva et al., 2006). O feijoeiro é considerado de baixa eficiência quanto à fixação biológica de N atmosférico (Peoples et al., 2009). Na Zona da Mata, no entanto, a ação do rizóbio nativo tem sido muito eficiente quando existe quantidade suficiente de Mo disponível para as plantas (Vieira et al., 1992; Berger et al., 1996; Amane et al., 1999), visto que esse micronutriente aumenta a atividade da nitrogenase e alarga o período de alta atividade da redutase do nitrato, aumentando a utilização do N e, conseqüentemente, possibilitando o incremento da produtividade (Vieira et al., 1998ab; Pessoa et al., 2001).

6. CONCLUSÕES

- Com N no plantio, o Mo pode aumentar a produtividade do feijoeiro quando se usa até 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura.
- Quando se aduba os feijoeiros com N na semeadura, a aplicação de Mo na folhagem substitui a adubação em cobertura com N em níveis de produtividade em torno de 3000 kg ha⁻¹.

7. REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solo. In.: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. (Eds.). **Recomendações e uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999, p.25-30.

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

AMANE, M.I.V.; VIEIRA, C.; NOVAIS, R.F.; ARAÚJO, G.A.A. Adubação nitrogenada e molíbdica da cultura do feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23: 643-650, 1999.

ARAÚJO, P.R.A.; ARAÚJO, G.A.A.; ROCHA, P.R.R.; CARNEIRO, J.E.S. Combinações de doses de molibdênio e nitrogênio na adubação da cultura do feijoeiro-comum. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 31: 227-234, 2009.

ARAÚJO, G.A.A.; VIEIRA, C.; MIRANDA, G.V. Efeito da época de aplicação do adubo nitrogenado em cobertura sobre o rendimento do feijão, no período de outono-inverno. **Revista Ceres**, 41: 442-450, 1994.

BASSAN, D.A.Z.; ARF, O.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M.A.C.; SANTOS, N.C.B.; SÁ, M.E. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, 23: 76-83, 2001.

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

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

BRAGA, J. M. Resposta do feijoeiro “Rico 23” aplicado de enxofre, boro e molibdênio. **Revista Ceres**, 19: 222-226, 1972.

CALONEGO, J.C.; RAMOS Jr., E.U.; BARBOSA, R.D.; LEITE, G.H.P.; FILHO, H.G. Adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro com suplementação de molibdênio via foliar. **Revista Ciência Agronômica**, 41: 334-340, 2010.

CARNEIRO, J.E.S; SILVA, L.C.; PAULA JUNIOR, T.J.; ARAÚJO, G.A.A.; CARNEIRO, P.C.S.; GIUDICE, M.P.; MENEZES JUNIOR, J.A.N.; RAMALHO, M.A.P.; PELOSO, M.J.; ABREU, A.F.B. Ouro Vermelho: new red bean cultivar for Minas Gerais. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 49: 281-282, 2006.

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

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

CRUZ, C. D. **Programa Genes - estatística experimental e matrizes**. Viçosa: Editora UFV, 2006. v.1. 285p.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. (Ed). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. p.328-354.

FERREIRA, A.N.; ARF, O.; CARVALHO, M.A.C.; ARAÚJO, R.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, 57: 507-512, 2000.

GOMES JÚNIOR, F.G.; LIMA, E.R.; SÁ, M.E.; ARF, O.; RAPASSI, R.M.A. Rendimento do feijoeiro de inverno em resposta à época de semeadura e adubação nitrogenada em cobertura em diferentes estádios fenológicos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 27: 77-81, 2005.

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

HOROWITZ, W. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 11.ed. AOAC, Washington, DC, 1970.

JESUS JÚNIOR, W.C.; VALE, F.X.R.; COELHO, R.R.; HAU, B.; ZAMBOLIM, L.; BERGER, R.D. Management of angular leaf spot in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with molybdenum and fungicide. **Agronomy Journal**, 96: 665-670, 2004.

JUNQUEIRA-NETO, A.; SANTOS, O.S.; AIDAR, H.; VIEIRA, C. Ensaios preliminares sobre a aplicação de molibidênio e de cobalto na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, 24: 628-633, 1977.

KAISER, B.N.; GRIDLEY, K.L.; BRADY, J.N.; PHILLIPS, T.; TYERMAN, S.D. The role of molybdenum in agricultural plant production. **Annals of Botany**, 96: 745-754, 2005.

LEITE, U.T.; ARAÚJO, G.A.A.; MIRANDA, G.V.; VIEIRA, R.F.; CARNEIRO, J.E.S.; PIRES, A.A. Rendimento de grãos e componentes de rendimento do feijoeiro em função da aplicação foliar de doses crescentes de molibidênio. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 29: 113-120, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 308 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. New York, Academic Press, 1995. 889p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

NASCIMENTO, M.S.; ARF, O.; SILVA, M.G.. Resposta do feijoeiro a aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 26: 153-159, 2004.

OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica do nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Eds.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.169-221.

PEOPLES, M.B.; BROCKWELL, J.; HERRIDGE, D.F.; ROCHESTER, I.J.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; DAKORA, F.D.; BHATTARAI, S.; MASKEY, S.L.; SAMPET, C.; RERKASEM, B.; KHAN, D.F.; HAUGGAARD-NIELSEN, H.; JENSEN, E.S. The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. **Symbiosis**, 48: 1–17, 2009.

PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciência e Agrotecnologia**, 32: 68-72, 2008.

PESSOA, A.C.S.; RIBEIRO, A.C.; CHAGAS, J.M.; CASSINI, S.T.A. Atividades de nitrogenase e redutase de nitrato e produtividade do feijoeiro “Ouro Negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25: 217-224, 2001.

PIRES, A.A.; ARAÚJO, G.A.A.; MIRANDA, G.V.; BERGER, P.G.; FERREIRA, A.C.B.; ZAMPIROLI, P.D.; LEITE, U.T. Rendimento de grãos, componentes do rendimento e índice SPAD do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em função de época de aplicação e do parcelamento da aplicação foliar de molibdênio. **Ciência e Agrotecnologia**, 28: 1092-1098, 2004.

SALYSBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. 4.ed. California: Wadsworth Publishing Company, 1992. 682p.

SANTI, A.L.; DUTRA, L.M.C.; MARTIN, T.N.; BONADIMAN, R.; BELLÉ, G.L.; FLORA, L.P.D.; JAUER, A. Adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro em plantio convencional. **Ciência Rural**, 36: 1079-1085, 2006.

SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F.; MELO, M.L.B. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38: 1265-1271, 2003.

SANTOS, A.B.; VIEIRA, C.; LOURES, E.G.; BRAGA, J.M.; THUÈBAUT, J.T.L. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao molibidênio e ao cobalto em solos de Viçosa e Paula Cândido, Minas Gerais. **Revista Ceres**, 26: 92-101, 1979.

SILVA, T.R.B.; LEMOS, L.B.; TAVARES, C.A.. Produtividade e característica tecnológica de grãos de feijoeiro adubado com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41: 739-745, 2006.

SILVEIRA, P.M.; BRAZ, A.J.B.P.; DIDONET, A.D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38: 1083-1087, 2003.

SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B; CHIDI, S.N.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Feijoeiro irrigado e a aplicação de nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar. **Cultura Agronômica**, 9: 115-132, 2000.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, L.M.; LEMOS, L.B. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, 64: 211-218, 2004.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 36: 473-481, 2001.

VAN SCHOONHOVEN, A.; PASTOR CORRALES, M.A. **Standard system for evaluation of bean germoplasm**. Cali, CIAT, 1987. 53p.

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

VIEIRA, C.; PAULA Jr.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa, Editora UFV, p.123-151. 1998.

VIEIRA, C. Adubação Mineral e Calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. p.13-18.

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. **Journal of Plant Nutrition**, 21: 169-180, 1998a.

VIEIRA, R.F.; CARDOSO, E.J.B.N.; VIEIRA, C.; CASSINI, S.T.A. Foliar application of molybdenum in common beans. II. Nitrogenase and reductase activities in a soil of low fertility. **Journal of Plant Nutrition**, 21: 2141-2151, 1998b.

VIEIRA, R.F.; SALGADO, L.T.; FERREIRA, A.C.B. Performance of common bean using seeds harvested from plants fertilized with high rates of molybdenum. **Journal of Plant Nutrition**, 28: 393-377, 2005.

VIEIRA, R.F.; SALGADO, L.T.; ARAÚJO, R.F.; PAULA Jr, T.J.P. **Produção de sementes de feijão ricas em molibdênio e benefícios com seu uso.** Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG. Circular técnica, n.12, 2008.

VIEIRA, R.F. SALGADO, L.T.; PIRES, A.A.; ROCHA, G.S.. Conteúdo de molibdênio das sementes do feijoeiro em resposta a doses do micronutriente pulverizado sobre as plantas. **Ciência Rural**, 40: 666-669, 2010.

VIEIRA, R.F.; PAULA Jr, T.J.; PIRES, A.A.; CARNEIRO, J.E.S.; ROCHA, G.S. Common bean seed complements molybdenum uptake by plants from soil. **Agronomy Journal**, 103: 1843-1848, 2011.

WILLIAMS, L.E.; MILLER, A.J. Transporters responsible for the uptake and partition of nitrogenous solutes. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 52: 659-688, 2001.

WINTER, H.C.; BURRIS, R.H. Nitrogenase. **Annual Review of Biochemistry**, 45: 409-426, 1976.

ZIMMER, W.; MENDEL, R. Molybdenum metabolism in plants. **Plant Biology**, 1: 160-168, 1999.