

## APLICAÇÃO FOLIAR DE MOLIBDÊNIO EM FEIJOEIRO: CONTEÚDO DO NUTRIENTE NA SEMENTE E DESEMPENHO DAS PLANTAS ORIGINADAS<sup>1</sup>

Rogério Faria Vieira<sup>2</sup>, Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira<sup>3</sup>, Adalgisa Lelis do Prado<sup>2</sup>

### ABSTRACT

MOLYBDENUM CONTENTS IN COMMON  
BEAN SEEDS AND PERFORMANCE OF PLANTS  
ORIGINATED FROM THOSE SEEDS

The production of seeds with high molybdenum (Mo) content is a practical and inexpensive way of supplying its plants with this micronutrient. The objectives of this study were to estimate the relation among Mo rates sprayed over common bean plants cultivated in soil with pH of 6.1 and Mo contents in seeds of the Ouro Negro cultivar, and evaluate the performance of plants originated from those seeds. For that, two trials were carried out at the Zona da Mata region, Minas Gerais state, Brazil. In the first trial, plants were sprayed with 0 g ha<sup>-1</sup>, 90 g ha<sup>-1</sup>, 250 g ha<sup>-1</sup>, 500 g ha<sup>-1</sup>, 750 g ha<sup>-1</sup>, and 1,000 g ha<sup>-1</sup> of Mo and the seeds had their Mo contents evaluated. In the second one, plants from seeds with four Mo contents (0.262 ± 0.060 µg, 1.595 ± 0.281 µg, 1.960 ± 0.804 µg, or 2.648 ± 0.190 µg), combined with either 0 g ha<sup>-1</sup> or 90 g ha<sup>-1</sup> of Mo were evaluated. The Mo content of seeds increased 0.217 µg, for each 100 g increase in the Mo rate. For 90 g ha<sup>-1</sup> of Mo, there was no significant difference on chlorophyll readings, in response to the seed Mo content. Without Mo, the chlorophyll readings, at 40 DAE, increased linearly with the increase of seed Mo content.

KEY-WORDS: *Phaseolus vulgaris*; chlorophyll meter; seed molybdenum content.

### RESUMO

A produção de sementes com alto conteúdo de molibdênio (Mo) é uma forma prática e barata de se disponibilizar este micronutriente para as plantas oriundas destas sementes. Os objetivos deste estudo foram estimar a relação entre doses de Mo pulverizado sobre feijoeiros cultivados em solo com pH 6,1 e conteúdos de Mo de sementes da cultivar Ouro Negro, e avaliar o desempenho das plantas delas originadas. Para tanto, foram conduzidos dois ensaios, na Zona da Mata de Minas Gerais. No primeiro, os feijoeiros foram pulverizados com 0 g ha<sup>-1</sup>, 90 g ha<sup>-1</sup>, 250 g ha<sup>-1</sup>, 500 g ha<sup>-1</sup>, 750 g ha<sup>-1</sup> e 1.000 g ha<sup>-1</sup> de Mo e as sementes avaliadas quanto ao conteúdo de Mo. No segundo, avaliou-se o desempenho das plantas oriundas de sementes com quatro conteúdos de Mo (0,262 ± 0,060 µg; 1,595 ± 0,281 µg; 1,960 ± 0,804 µg; ou 2,648 ± 0,190 µg), combinadas com 0 g ha<sup>-1</sup> ou 90 g ha<sup>-1</sup> de Mo, via foliar. Os conteúdos de Mo da semente aumentaram 0,217 µg, para cada 100 g de aumento da dose de Mo. Com 90 g ha<sup>-1</sup> de Mo, não houve diferença significativa nas leituras do clorofilômetro, em função do conteúdo de Mo da semente. Sem Mo, as leituras do clorofilômetro, aos 40 DAE, elevaram-se linearmente, com o aumento do conteúdo de Mo da semente.

PALAVRAS-CHAVES: *Phaseolus vulgaris*; clorofilômetro; teor de molibdênio na semente.

### INTRODUÇÃO

Estudos conduzidos na Zona da Mata de Minas Gerais, em solos com populações nativas de rizóbio e com deficiência de N e Mo, demonstraram que a adubação molíbdica pode substituir a adubação nitrogenada em cobertura (Vieira et al. 1992, Amane et al. 1999, Vieira et al. 2005), para a obtenção de produtividades de até 3.000 kg ha<sup>-1</sup> (Vieira et al. 2005). Nestes casos, o Mo foi disponibilizado via folhagem, pela pulverização de solução sobre os feijoeiros, no

estádio V4 (Vieira et al. 1992, Amane et al. 1999), ou foi disponibilizado para as plantas por meio do uso de sementes com alto conteúdo de Mo (Vieira et al. 2005). A adubação molíbdica aumenta muito a atividade da nitrogenase e prolonga o período de alta atividade da redutase do nitrato (Vieira et al. 1998). Nesta região, em solos com pH entre 5,4 e 6,3, as mais altas produtividades foram alcançadas com a pulverização dos feijoeiros com doses entre 70 g ha<sup>-1</sup> e 100 g ha<sup>-1</sup> de Mo (Berger et al. 1996, Amane et al. 1999), ou com o uso de sementes provenientes de

1. Trabalho recebido em dez./2009 e aceito para publicação em abr./2011 (nº registro: PAT 8535/ DOI: 10.5216/pat.v41i2.8535).

2. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), Unidade Regional da Zona da Mata, Viçosa, MG, Brasil.

E-mails: rfvieira@epamig.br, adalgisa\_lp@yahoo.com.br.

3. Embrapa Algodão, Goiânia, GO, Brasil. E-mail: acunha@cnpa.embrapa.br.

plantas cultivadas em solo com pH 5,7 e pulverizadas com 1.440 g ha<sup>-1</sup> de Mo (Vieira et al. 2005).

Os fatores que mais influenciam na disponibilidade de Mo são o pH do solo e a quantidade de óxidos de Al e Fe (Tisdale et al. 1993). Para cada unidade de acréscimo do pH acima de 3,0, a solubilidade do MoO<sub>4</sub><sup>-</sup> aumenta, aproximadamente, 100 vezes (Kaiser et al. 2005). Por isto, acredita-se que, em solos corrigidos com calcário, em que o cultivo do feijão é feito em solo com pH pouco ácido (situação comum em campos de produção de sementes), é possível produzir sementes com alto conteúdo de Mo, com doses mais baixas que as usadas por Vieira et al. (2005), o que reduziria o custo de produção deste insumo. Outro fator que influencia no acúmulo de Mo na semente é a cultivar (Brodrick & Giller 1991).

A resposta dos feijoeiros ao uso de sementes ricas em Mo depende da disponibilidade de Mo e N no solo. Com adubação de semente de 24 kg ha<sup>-1</sup>, 37 kg ha<sup>-1</sup> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, P e K, respectivamente, em solo com pH 5,7, não houve resposta dos feijoeiros aos conteúdos de Mo da semente, em relação ao teor de N na folha e à produtividade de grãos. As produtividades variaram de 2.529 kg ha<sup>-1</sup> a 2.821 kg ha<sup>-1</sup>. Em outro ensaio, no entanto, em que foi usada a adubação supracitada, em solo com pH 6,1, plantas provenientes de sementes com alto conteúdo de Mo (0,722 µg e 1,272 µg por semente) produziram mais que as oriundas de sementes com baixo conteúdo de Mo (0,080 µg e 0,096 µg por semente). Estas plantas, diferentemente daquelas, responderam à aplicação foliar de Mo, com produtividades variando entre 1.772 kg ha<sup>-1</sup> e 3.017 kg ha<sup>-1</sup>. Há evidências de que conteúdos de Mo superiores a 1,272 µg por semente poderiam beneficiar ainda mais as plantas, no que diz respeito ao teor de N na folha e à produtividade (Vieira et al. 2005).

Os objetivos deste estudo foram estimar a relação entre doses de Mo pulverizado sobre feijoeiros cultivados em solo com pH 6,1 e conteúdos de Mo da semente da cultivar Ouro Negro, e avaliar o desempenho das plantas oriundas destas sementes.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois ensaios a campo, na Zona da Mata de Minas Gerais. No primeiro, foram obtidas sementes com seis conteúdos de Mo, pela variação das doses de adubo molíbdico pulverizado sobre os feijoeiros. No segundo, avaliou-se o desem-

penho das plantas oriundas de sementes com quatro conteúdos de Mo, produzidas no primeiro ensaio, associadas ou não à aplicação de Mo (fatorial 4x2).

Na sementeira do primeiro ensaio, foram usadas sementes da cultivar Ouro Negro, com 0,028 µg de Mo por semente. Esta cultivar pertence ao grupo comercial preto, tem hábito de crescimento indeterminado (tipo III) e alta capacidade de fixação simbiótica de N (Ramalho et al. 2004). A sementeira manual foi feita no espaçamento entre fileiras de 0,5 m, com 15 sementes por metro. O campo experimental foi irrigado por aspersão convencional.

O Primeiro ensaio foi instalado em 14 de março de 2002, na Fazenda Paraíso, localizada no município de Viçosa (MG), em Argissolo Vermelho-Amarelo, fase terraço, cuja análise do solo, na camada 0-0,20 m, forneceu os seguintes resultados: pH (H<sub>2</sub>O) = 6,1; V = 64%; P (Mehlich 1) = 36,7 mg dm<sup>-3</sup>; K = 162 mg dm<sup>-3</sup>; e 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, 4,26 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 1,01 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al, Ca e Mg, respectivamente. O solo foi previamente corrigido com calcário calcítico (2 t ha<sup>-1</sup>), em outubro de 2001. Foram testadas as seguintes doses de Mo: 0 g ha<sup>-1</sup>, 90 g ha<sup>-1</sup>, 250 g ha<sup>-1</sup>, 500 g ha<sup>-1</sup>, 750 g ha<sup>-1</sup> e 1.000 g ha<sup>-1</sup>, utilizando-se, como fonte, molibdato de amônio. Com exceção da dose de 1.000 g ha<sup>-1</sup>, que foi parcelada, sendo metade aplicada aos 20 dias após a emergência (DAE) e metade aos 30 DAE, as demais doses foram aplicadas uma única vez, aos 20 DAE. A distribuição de solução de molibdato de amônio sobre as plantas foi feita com pulverizar costal, equipado com bico XR 11002 e com vazão equivalente a 225 L ha<sup>-1</sup>. Uma lona plástica com 1 m de largura foi estendida entre as parcelas vizinhas às tratadas, para evitar a deriva.

Foi usado o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela constou de quatro fileiras de 5 m de comprimento. Na colheita, foram eliminadas as duas fileiras laterais e mais 0,5 m das extremidades das fileiras centrais, mantendo-se uma área útil de 4 m<sup>2</sup>.

Empregaram-se, na adubação de sementeira, 600 kg ha<sup>-1</sup> do formulado comercial 04-14-08. Em cobertura, aos 20 DAE, foram distribuídos 100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, em filete, ao lado das plantas. As plantas daninhas foram controladas com os herbicidas fomesafen + fluazifop-p-butil (0,25 + 0,20 L ha<sup>-1</sup>), aplicados em pós-emergência. A cigarrinha-verde (*Empoasca kraemeri*) foi controlada com o inseticida monocrotophos (0,3 L ha<sup>-1</sup>). O controle de doenças foliares, com o fungicida azoxystrobin (50 g ha<sup>-1</sup>), foi

realizado preventivamente, aos 39, 49 e 59 DAE. A colheita ocorreu em 12 de junho de 2002.

Os teores de Mo nas sementes foram determinados colorimetricamente, conforme metodologia descrita por Vieira et al. (2005). O conteúdo de Mo de uma semente foi obtido pela multiplicação do teor de Mo da semente pela massa de uma semente seca.

Os dados de produtividade de grãos e de massa de 100 sementes, estimados utilizando-se sementes com 12% de água (base úmida), e de teor e conteúdo de Mo nas sementes foram submetidos a análises de variância e de regressão. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, usando-se o teste t, a 5%, no coeficiente de determinação ( $R^2 = \text{SQ}_{\text{Regressão}}/\text{SQ}_{\text{Tratamento}}$ ) e no fenômeno biológico. Quando as variáveis dependentes não foram influenciadas significativamente pelas doses de Mo ( $p > 0,05$ ), foi apresentado o valor exato de  $p$ , quando este se situou entre 0,05 e 0,10, e  $p > 0,10$ , nos demais casos.

O segundo ensaio, objetivando-se avaliar o desempenho das plantas oriundas de sementes produzidas de feijoeiros cultivados em solo com pH 6,1 e doses crescentes de Mo foliar, foi instalado em 14 de agosto de 2002, na Estação Experimental de Coimbra da Universidade Federal de Viçosa.

A análise da camada 0-0,20 m do solo (Argissolo Vermelho-Amarelo, fase terraço) forneceu os seguintes resultados: pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) = 6,1; P (Mehlich 1) = 4,6 mg  $\text{dm}^{-3}$ ; K = 104 mg  $\text{dm}^{-3}$ ; e 0,0 cmol<sub>c</sub>  $\text{dm}^{-3}$ , 3,3 cmol<sub>c</sub>  $\text{dm}^{-3}$  e 1,7 cmol<sub>c</sub>  $\text{dm}^{-3}$  de Al, Ca e Mg, respectivamente.

Os tratamentos foram arranajados no esquema fatorial 4x2: conteúdos de Mo da semente (0,262 ± 0,060 µg, 1,595 ± 0,281 µg, 1,960 ± 0,804 µg e 2,648 ± 0,190 µg) x tratamentos de Mo (0 g  $\text{ha}^{-1}$  ou 90 g  $\text{ha}^{-1}$ ). Os conteúdos de Mo da semente corresponderam às médias ± desvio-padrão verificadas nas sementes originadas das plantas pulverizadas no primeiro ensaio, com 0 g  $\text{ha}^{-1}$ , 250 g  $\text{ha}^{-1}$ , 500 g  $\text{ha}^{-1}$  e 1.000 g  $\text{ha}^{-1}$  de Mo.

Antes da semeadura, as sementes, mantidas desde a colheita em condições naturais, foram beneficiadas manualmente. Foram descartadas sementes quebradas, partidas, mofadas e chochas. O Mo foi disponibilizado via folhagem, pela pulverização de solução de molibdato de sódio sobre os feijoeiros, aos 23 DAE (estádio V4). O uso do pulverizador e a proteção das parcelas vizinhas às pulverizadas,

com lona plástica, foram feitas como descrito no primeiro ensaio.

Adotou-se o delineamento em blocos ao acaso, com cinco repetições. As parcelas constaram de cinco fileiras de 4 m de comprimento. Na colheita, realizada em 12 de novembro de 2002, foram eliminadas as fileiras externas e 0,5 m das extremidades das fileiras centrais, mantendo-se uma área útil de 4,5 m<sup>2</sup>.

A adubação foi realizada somente na semeadura, empregando-se 600 kg  $\text{ha}^{-1}$  do formulado comercial 04-14-08. As plantas daninhas foram controladas com os herbicidas mencionados no primeiro ensaio. O controle de pragas foi feito com deltamethrin (0,2 L  $\text{ha}^{-1}$ ) ou com monocrothophos (0,3 L  $\text{ha}^{-1}$ ). Uma pulverização das folhas, com o fungicida azoxystrobin (60 g  $\text{ha}^{-1}$ ), foi realizada aos 46 DAE.

Em cada parcela, leituras com clorofilômetro (Minolta SPAD 502) foram feitas aos 26, 34 e 40 DAE, em 10 folhas jovens plenamente expandidas, escolhidas de 10 plantas ao acaso. A produtividade e a massa de 100 sementes foram estimadas por meio de sementes com 12% de água. Os dados do estande final, massa de 100 sementes, produtividade de grãos, leituras do clorofilômetro e do teor e conteúdo de Mo das sementes foram submetidos a análises de variância e de regressão. Os modelos foram escolhidos como no primeiro ensaio. As comparações entre os tratamentos com e sem aplicação de Mo foram feitas pelo teste F. Quando as variáveis dependentes não foram influenciadas significativamente pelas variáveis independentes ( $p > 0,05$ ), foi apresentado o valor exato de  $p$ , quando este se situou entre 0,05 e 0,10, e  $p > 0,10$ , nos demais casos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Primeiro Ensaio*

Não houve efeito significativo das doses de Mo na produtividade ( $p > 0,10$ ) e na massa de 100 sementes ( $p > 0,10$ ) (Tabela 1). Em estudo de campo, Vieira et al. (2005) também não verificaram efeitos significativos das doses (0-1.440 g  $\text{ha}^{-1}$ ) de Mo, nestas duas variáveis. A aplicação de 100 kg  $\text{ha}^{-1}$  ou 110 kg  $\text{ha}^{-1}$  de ureia em cobertura, além do N distribuído na adubação de plantio, explicam esta falta de resposta do feijoeiro ao Mo. Apenas com o uso de N no plantio, Leite et al. (2007) verificaram que as produtividades de feijão, em resposta a sete doses de Mo (0-2.560 g  $\text{ha}^{-1}$ ), se ajustaram ao modelo

Tabela 1. Produtividade e massa de sementes com 12% de água e teor de Mo na semente, em função de doses de Mo pulverizado sobre os feijoeiros (Viçosa, MG, 2002).

Tratamento de Mo	Produtividade <sup>1</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa de 100 sementes <sup>1,2</sup> (g)	Mo na semente <sup>2,3</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )
Sem aplicação de Mo	1.715	27,2	1,10
90 g ha <sup>-1</sup> , aos 20 DAE <sup>4</sup>	2.075	28,2	2,80
250 g ha <sup>-1</sup> , aos 20 DAE	1.703	27,5	6,66
500 g ha <sup>-1</sup> , aos 20 DAE	1.703	27,5	8,06
750 g ha <sup>-1</sup> , aos 20 DAE	2.128	27,1	8,71
1.000 g ha <sup>-1</sup> , ½ aos 20 e ½ aos 30 DAE	1.794	28,3	10,50
CV(%)	19,7	4,7	19,30

<sup>1</sup>Variáveis não influenciadas, significativamente, pelos tratamentos. <sup>2</sup>Variáveis usadas no cálculo do conteúdo de Mo da semente. <sup>3</sup> $y = 2,541 + 0,0088***x$  ( $R^2 = 0,88$ ).  
 \*\*\* Significativo a 0,01%. <sup>4</sup>DAE: dias após a emergência.

exponencial representado pela segunda equação de Mitscherlich. Neste caso, as sementes produzidas com adubação molíbdica tiveram maior massa que as produzidas sem Mo.

O objetivo deste ensaio foi obter sementes com diferentes conteúdos de Mo, da mesma forma como faria o produtor de sementes, ou seja, com o cultivo do feijão em solo pouco ácido e com a realização de adubação nitrogenada em cobertura. Nesta condição, o conteúdo de Mo na semente aumentou 0,217 µg (Figura 1), para cada 100 g de aumento na dose de Mo. Comparando-se o conteúdo de Mo por semente das plantas que não receberam Mo com o das que receberam 1.000 g ha<sup>-1</sup> de Mo, o aumento estimado de Mo na semente foi de quase cinco vezes. O aumento do conteúdo de Mo da cultivar Pérola foi de 13,2 vezes (de 0,096 µg para 1,272 µg), quando as doses

de Mo variaram de 0 g ha<sup>-1</sup> a 1.440 g ha<sup>-1</sup> (Vieira et al. 2005), e o da cultivar Meia-Noite, de grãos pretos e pequenos, foi de 32,6 vezes (de 0,097 µg para 3,158 µg), quando as doses variaram de 0 g ha<sup>-1</sup> a 2.560 g ha<sup>-1</sup> (Leite et al. 2007, Leite et al. 2009).

O conteúdo médio estimado de Mo da semente proveniente de plantas não adubadas com Mo foi de 0,604 µg (Figura 1), bem acima do obtido por Vieira et al. (2005), em pH 5,7 (0,096 µg de Mo por semente), mas semelhante ao verificado por estes autores em pH 6,1 (0,412 µg de Mo por semente). Em solo com pH de 5,9 (Leite et al. 2007), sementes da cultivar Meia-Noite apresentaram 0,097 µg de Mo por semente, quando as plantas não foram adubadas com Mo (Leite et al. 2009). Estes menores conteúdos de Mo na semente, em relação ao verificado neste ensaio, podem ser devidos a diferenças genótípicas e/ou edafoclimáticas.

Os resultados deste ensaio sugerem que é possível colher sementes de feijão com conteúdo de Mo de 2,648 µg, dose menor que a usada por Vieira et al. (2005), para se obterem sementes com 1,272 µg de Mo, e também inferior aos 1.280 g ha<sup>-1</sup> de Mo usados por Leite et al. (2009), para colher sementes com 2,645 µg de Mo. O pH de 6,1 do solo usado neste ensaio, em relação ao de 5,7 (Vieira et al. 2005) ou 5,9 (Leite et al. 2007), provavelmente tenha influenciado estes resultados, pois, para cada unidade de acréscimo do pH acima de 3,0, a solubilidade do MoO<sub>4</sub><sup>-</sup> aumenta, aproximadamente, 100 vezes (Kaiser et al. 2005). É possível, também, que a cultivar Ouro Negro, que é boa fixadora simbiótica de N (Ramalho et al. 2004), acumule, relativamente, mais Mo nas sementes. Em estudo conduzido na Inglaterra, a cultivar Kabanima, que fixou mais N que a cultivar Baseka, especialmente quando as plantas

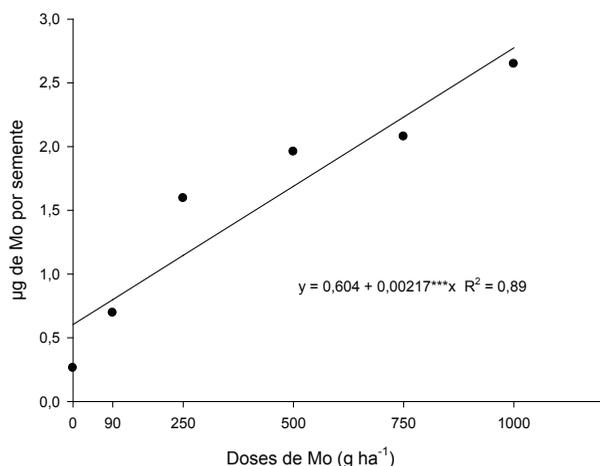


Figura 1. Conteúdos de Mo da semente, em função de doses de Mo pulverizado sobre feijoeiros, em solo com pH 6,1 (Viçosa, MG, 2002). \*\*\* Significativo a 0,01%.

não foram adubadas com Mo, foi mais eficiente em translocar Mo das raízes, nódulos e casca das vagens para as sementes (Brodrick & Giller 1991).

### Segundo Ensaio

Os conteúdos de Mo da semente não influenciaram as leituras do clorofilômetro avaliadas tanto aos 26 DAE ( $p > 0,10$ ; média = 37,1; CV = 4,8%; dados não apresentados) como aos 34 DAE ( $p > 0,10$ ; média = 35,9; CV = 7,2%; dados não apresentados), o estande final ( $p > 0,10$ ; média = 280 mil plantas  $ha^{-1}$ ; CV = 6,1%; dados não apresentados), a produtividade ( $p = 0,056$ ), a massa de 100 sementes ( $p > 0,10$ ) e o teor e conteúdo de Mo das sementes colhidas das plantas originadas de sementes com quatro conteúdos de Mo ( $p > 0,10$ ) (Tabela 2).

Os tratamentos de Mo só tiveram efeitos significativos no teor e conteúdo de Mo das sementes colhidas (Tabela 2), aumentando-os quase 10 vezes. Em solo também com pH de 6,1, a aplicação na folhagem, de 90  $g ha^{-1}$  de Mo, também elevou o conteúdo de Mo da semente, em relação às plantas não adubadas com este micronutriente, de 0,196  $\mu g$  para 0,689  $\mu g$ , diferença de 3,5 vezes (Vieira et al. 2005). Portanto, pelo menos em solo pouco ácido, a pulverização das plantas com 90  $g ha^{-1}$  de Mo, dose recomendada na Zona da Mata (Berger et al. 1996, Amane et al. 1999), para substituir a adubação nitrogenada em cobertura, aumenta significativamente o conteúdo de Mo da semente. Há evidências de que este enriquecimento da semente com Mo melhore sua qualidade fisiológica (Leite et al. 2009).

A resposta não significativa dos feijoeiros, em produtividade, à aplicação de 90  $g ha^{-1}$  de Mo,

ou ao uso de sementes com alto conteúdo de Mo, é indicação de que as plantas obtiveram do solo a maior parte do Mo e/ou do N necessários. Embora, em solos pouco ácidos, a disponibilidade de N e Mo para as plantas seja maior que nos ácidos (Tisdale et al. 1993), aumentos de produtividade, com a pulverização dos feijoeiros com Mo, foram alcançados em solos da Zona da Mata, com pH superior a 6,0 (Berger et al. 1996, Coelho et al. 1998, Vieira et al. 2005).

Houve interação ( $p = 0,015$ ) entre conteúdos de Mo da semente e tratamentos de Mo, nas leituras do clorofilômetro, aos 40 DAE (Tabela 3). Com 90  $g ha^{-1}$  de Mo, os conteúdos de Mo da semente não influenciaram as leituras do clorofilômetro. Sem Mo, no entanto, houve crescimento linear das leituras do clorofilômetro, com o aumento dos conteúdos de Mo da semente. As leituras obtidas com o clorofilômetro correspondem ao teor de clorofila na folha da planta (Takebe & Yoneyama 1989). O conteúdo de clorofila correlaciona-se com a concentração de N na planta e com o rendimento das culturas (Schepers et al. 1992, Blackmer & Schepers 1995).

Em estudo conduzido em casa-de-vegetação, plantas oriundas de sementes com alto conteúdo de Mo (2,25  $\mu g$ , na Carioca; 3,39  $\mu g$ , na Rio Tibagi; e 3,53  $\mu g$ , na Manteigão) apresentaram maior teor de N na parte aérea da cultivar Rio Tibagi, aos 30 DAE, e nas três cultivares, aos 45 DAE, em comparação com sementes com baixo conteúdo de Mo (0,36  $\mu g$ , 0,32  $\mu g$  e 0,77  $\mu g$ , respectivamente) (Kubota et al. 2008). Os resultados do presente estudo e os do estudo de Kubota et al. (2008) indicam que avaliações diretas (teor de N na folha) ou indiretas (clorofilômetro) da nutrição nitrogenada dos feijoeiros, devido ao uso de Mo (proveniente da semente ou de pulveriza-

Tabela 2. Produtividade e massa de sementes com 12 % de água e Mo na semente colhida, em função de conteúdos de Mo da semente usada no plantio e de tratamentos de Mo (Coimbra, MG, 2002)<sup>1</sup>.

Tratamentos	Produtividade ( $kg ha^{-1}$ )	Massa de 100 sementes (g)	Teor de Mo da semente ( $mg kg^{-1}$ )	Conteúdo de Mo <sup>2</sup> ( $\mu g semente^{-1}$ )
Conteúdo de Mo ( $\mu g semente^{-1}$ )				
0,262 $\pm$ 0,060 <sup>3</sup>	1.843	22,0	1,042	0,202
1,595 $\pm$ 0,281	2.127	22,4	0,948	0,187
1,960 $\pm$ 0,804	2.003	21,1	0,832	0,154
2,648 $\pm$ 0,190	2.030	21,7	1,018	0,194
Tratamento de Mo				
90 $g ha^{-1}$ (com)	1.975 <sup>ns</sup>	21,6 <sup>ns</sup>	1,745 <sup>***</sup>	0,332 <sup>***</sup>
0 $g ha^{-1}$ (sem)	2.027	22,0	0,174	0,034
CV (%)	11,0	6,3	39,4	37,8

<sup>1</sup> As médias referentes aos conteúdos de Mo da semente originaram-se de 10 dados e as dos tratamentos de Mo de 20. <sup>2</sup> A massa média de uma semente seca e o teor de Mo na semente foram usados neste cálculo. <sup>3</sup> Média  $\pm$  desvio padrão. <sup>ns</sup> Não significativo. <sup>\*\*\*</sup> Significativo a 0,01%, pelo teste F.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre conteúdos de Mo da semente e tratamentos de Mo na leitura do clorofilômetro, aos 40 dias após a emergência (Coimbra, MG, 2002).

Conteúdo de Mo ( $\mu\text{g semente}^{-1}$ )	Tratamento de Mo <sup>1</sup>	
	Com (90 g ha <sup>-1</sup> )	Sem <sup>2</sup> (0 g ha <sup>-1</sup> )
0,262 $\pm$ 0,060	36,2	33,6
1,595 $\pm$ 0,281	38,0	35,6
1,960 $\pm$ 0,804	35,3	37,8
2,648 $\pm$ 0,190	36,7	38,9

<sup>1</sup>Médias de cinco repetições. <sup>2</sup>y = 32,78 + 2,28\*\*\*x (R<sup>2</sup> = 0,95). \*\*\* Significativo a 0,01%.

ção das folhas), têm maior probabilidade de detectar diferença entre tratamentos, se feitas entre 40 e 45 DAE, ou seja, no início do estágio de enchimento de vagens. No entanto, se o solo for muito deficiente em N e Mo, as diferenças entre tratamentos já são visíveis aos 23 DAE (Vieira et al. 2005).

Vieira et al. (2005) não verificaram efeito dos conteúdos de Mo da semente (baixos = 0,080  $\mu\text{g}$  e 0,096  $\mu\text{g}$  e altos = 0,722  $\mu\text{g}$  e 1,272  $\mu\text{g}$ ) no teor de N nas folhas, aos 50 DAE, e na produtividade de grãos, em um ensaio. Em outro ensaio, em solo deficiente em N e/ou Mo, entretanto, as sementes com alto conteúdo de Mo originaram plantas que produziram mais que as provenientes de sementes com baixo conteúdo de Mo, especialmente quando não se pulverizaram os feijoeiros com 90 g ha<sup>-1</sup> de Mo. Neste último caso, o teor médio de N nas folhas das plantas oriundas de sementes com alto conteúdo de Mo foi de 3,40 dag kg<sup>-1</sup>, enquanto o das plantas provenientes de sementes com baixo conteúdo de Mo foi de 3,08 dag kg<sup>-1</sup>.

Os resultados do presente estudo indicam que conteúdos de Mo da semente maiores que 1,272  $\mu\text{g}$  melhoram a nutrição nitrogenada das plantas da cultivar Ouro Negro, quando o solo e a semente são as únicas fontes do micronutriente. Em estudo conduzido em Goiás, houve alta probabilidade de a cultivar Pérola ter a produtividade aumentada pela adubação nitrogenada em cobertura, quando a leitura do clorofilômetro foi inferior ou igual a 38,5, aos 40 DAE (Silveira et al. 2003). Os resultados deste ensaio, com a cultivar Ouro Negro, entretanto, sugerem que a elevação da leitura do clorofilômetro, de 33,6 para 38,9, nas folhas das plantas, aos 40 DAE (Tabela 3), devido ao aumento dos conteúdos de Mo das sementes que as originaram, não correspondeu a aumento significativo de produtividade (p = 0,056).

Em razão dos preços crescentes de adubos nitrogenados e do alto potencial poluidor destas fontes, o uso de sementes com alto conteúdo de Mo é alternativa econômica e de menor potencial poluidor do ambiente, para aumentar a eficiência da nutrição nitrogenada do feijão. Ademais, como evidenciado para a soja, o uso de sementes ricas em Mo, diferentemente do tratamento superficial das sementes com solução de Mo, não prejudica a nodulação (Milani et al. 2008, Campo et al. 2009).

## CONCLUSÕES

1. Os conteúdos de Mo da semente do feijão Ouro Negro apresentam aumento de 0,217  $\mu\text{g}$ , para cada 100 g de aumento da dose de Mo, em solo com pH de 6,1.
2. Sem pulverização dos feijoeiros com Mo e sem adubação em cobertura com N, a elevação do conteúdo de Mo das sementes aumenta a disponibilidade de N, para as plantas delas originadas. Com a pulverização dos feijoeiros com Mo, no entanto, não há efeito dos conteúdos de Mo da semente sobre a nutrição nitrogenada das plantas.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo suporte financeiro, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de iniciação científica concedida a Adalgisa Lelis do Prado.

## REFERÊNCIAS

- AMANE, M. I. V. et al. Adubação nitrogenada e molibdica da cultura do feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 643-650, 1999.
- BERGER, P. G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G. A. A. Efeitos de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura do feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 31, n. 7, p. 473-490, 1996.
- BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. *Journal of Production Agriculture*, Madison, v. 8, n. 1, p. 56-60, 1995.
- BRODRICK, S. J.; GILLER, K. E. Genotypic difference in molybdenum accumulation affects N<sub>2</sub>-fixation in tropical

- Phaseolus vulgaris* L. *Journal of Experimental Botany*, Glasgow, v. 42, n. 243, p. 1339-1343, 1991.
- CAMPO, R. J.; ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. Molybdenum-enriched soybean seeds enhance N accumulation, seed yield, and seed protein content in Brazil. *Field Crop Research*, Amsterdam, v. 110, n. 3, p. 219-224, 2009.
- COELHO, F. C. et al. Nitrogênio e molibdênio nas culturas do milho e do feijão, em monocultivo e em consórcio: I - efeitos sobre o feijão. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 45, n. 260, p. 393-407, 1998.
- KAISER, B. N. et al. The role of molybdenum in agricultural plant production. *Annals of Botany*, Oxford, v. 96, n. 5, p. 745-754, 2005.
- KUBOTA, F. Y. et al. Crescimento e acumulação de nitrogênio de plantas de feijoeiro originadas de sementes com alto teor de molibdênio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1635-1641, 2008.
- LEITE, U. T. et al. Influência do conteúdo de molibdênio na qualidade fisiológica da semente de feijão: cultivares Novo Jalo e Meia-Noite. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 56, n. 2, p. 225-231, 2009.
- LEITE, U. T. et al. Rendimento de grãos e componentes de rendimento do feijoeiro em função da aplicação foliar de doses crescentes de molibdênio. *Acta Scientiarum: Agronomy*, Maringá, v. 29, n. 1, p. 113-120, 2007.
- MILANI, G. L. et al. Nodulação e desenvolvimento de plantas oriundas de sementes de soja com altos teores de molibdênio. *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, v. 30, n. 2, p. 19-27, 2008.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; CARNEIRO, J. E. S. Cultivares. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 25, n. 223, p. 21-32, 2004.
- SCHEPERS, J. S. et al. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter reading. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 23, n. 17/20, p. 2173-2178, 1992.
- SILVEIRA, P. M. da; 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*, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, 2003.
- TAKEBE, M.; YONEYAMA, T. Measurement of leaf color scores and its implication to nitrogen nutrition of rice plants. *Japan Agricultural Research Quarterly*, Tokyo, v. 23, n. 1, p. 86-93, 1989.
- TISDALE, S. L. et al. *Soil fertility and fertilizers*. 5. ed. New York: MacMillan, 1993.
- VIEIRA, C.; NOGUEIRA, A. O.; ARAÚJO, G. A. de A. Adubação nitrogenada e molibídica na cultura do feijão. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v. 67, n. 2, p. 117-124, 1992.
- VIEIRA, R. F. et al. Foliar application of molybdenum in common beans: I. nitrogenase and reductase activities in a soil of high fertility. *Journal of Plant Nutrition*, Philadelphia, v. 21, n. 1, p. 169-180, 1998.
- VIEIRA, R. F.; SALGADO, L. T.; FERREIRA, A. C. de B. Performance of common bean using seeds harvested from plants fertilized with high rates of molybdenum. *Journal of Plant Nutrition*, Philadelphia, v. 28, n. 2, p. 363-377, 2005.