

Parcelamento e época de aplicação foliar do molibdênio na composição mineral das folhas do feijoeiro

André Assis Pires^{1*}, Geraldo Antônio de Andrade Araújo², Uberlando Tiburtino Leite², Poliana Daré Zampiroli¹, José Márcio Oliveira Ribeiro² e Robson Celestino Meireles¹

¹Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense, P-4, 28013-600, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. ²Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36571-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. *Autor para correspondência. e-mails: assis@uenf.br

RESUMO. Avaliou-se a influência do molibdênio parcelado nos teores dos nutrientes foliares do feijoeiro. Conduziram-se dois experimentos em março-julho/2002, em Viçosa, Estado de Minas Gerais, delineados em blocos casualizados com quatro repetições, sendo os tratamentos: testemunha; 80 g ha⁻¹ de Mo aplicados 15 dias após a emergência (DAE); 40 g ha⁻¹ de Mo aplicados 15 DAE e 40 g ha⁻¹ 20 DAE; 40 g ha⁻¹ de Mo 15 DAE e 40 g ha⁻¹ 25 DAE; 40 g ha⁻¹ de Mo 15 DAE e 40 g ha⁻¹ 30 DAE; 80 g ha⁻¹ de Mo 20 DAE; 40 g ha⁻¹ de Mo 20 DAE e 40 g ha⁻¹ 25 DAE; 40 g ha⁻¹ de Mo 20 DAE e 40 g ha⁻¹ 30 DAE; 80 g ha⁻¹ de Mo 25 DAE; 40 g ha⁻¹ de Mo 25 DAE e 40 g ha⁻¹ 30 DAE. O molibdênio, nas condições dos experimentos, aumentou os teores foliares de Mo, N, K e Mg.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, adubação molíbdica, teores foliares, micronutriente.

ABSTRACT. **Molybdenum partitioning and foliar application time on common bean leaves mineral composition.** This work aimed at studying molybdenum foliar application effect on mineral common bean leaves composition. The experiments were carried out from March to July, 2002 in Viçosa, State of Minas Gerais, in randomized blocks with four replicates. The treatments consisted of: 1 - control, without Mo; 2 - 80 g ha⁻¹ Mo applied 15 days after emergency (DAE); 3 - 40 g ha⁻¹ Mo applied at 15 DAE, and 40g at 20 DAE; 4 - 40 g ha⁻¹ Mo applied at 15 DAE, and 40 g ha⁻¹ Mo at 25 DAE; 5 - 40 g ha⁻¹ Mo applied at 15 DAE, and 40 g ha⁻¹ Mo at 30 DAE; 6 - 80 g ha⁻¹ Mo applied at 20 DAE; 7 - 40 g ha⁻¹ Mo applied at 20 DAE, and 40 g ha⁻¹ Mo at 25 DAE; 8 - 40 g ha⁻¹ Mo applied at 20 DAE, and 40 g ha⁻¹ Mo at 30 DAE; 9 - 80 g ha⁻¹ Mo applied at 25 DAE; 10 - 40 g ha⁻¹ Mo applied at 25 DAE, and 40 g ha⁻¹ Mo at 30 DAE. The results showed that Mo increased the contents of Mo, N, K and Mg in the common bean leaves.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, manuring molibdic, tenors foliate, micronutrients.

Introdução

Diagnosticar o estado nutricional das plantas é conhecer e avaliar as suas condições sob o aspecto da nutrição mineral, o que é justificável pela necessidade de manejar o programa de fertilização da cultura em consonância com os princípios da tecnologia de aplicação de dose variável ou adaptada a cada local ou da agricultura de precisão. Diversos procedimentos podem ser utilizados direta ou indiretamente na avaliação do estado nutricional das plantas. Dentre os primeiros estão os métodos de análise visual, foliar e da seiva (Fontes, 2001).

Além de ser ferramenta importante no processo de avaliação do estado nutricional da planta, a análise foliar pode ser realizada com outros objetivos, como confirmar a diagnose visual de sintomas de deficiência/toxidez, identificar “fome oculta”, verificar se o nutriente aplicado ao solo foi absorvido

pela planta, caracterizar a concentração dos nutrientes nas plantas ao longo dos anos, quantificar a remoção de nutrientes pela parte colhida, prever a produção da cultura (prognóstico), mapear áreas de fertilidade do solo e estimar os níveis de nutrientes em dietas disponíveis aos animais (Fontes, 2001).

As folhas, de modo geral, são consideradas os melhores órgãos para o diagnóstico, tendo em vista que não somente refletem um quadro geral das condições nutricionais das plantas, mas, também, quase sempre estão presentes, não importando a extensão da cultura ou a idade da planta, sendo facilmente amostradas por remoção, sem grandes danos ao vegetal como um todo (Reuter e Robinson, 1988; Jones *et al.*, 1991; Marschner, 1995; Malavolta *et al.*, 1997).

A diagnose foliar é, portanto, um método de avaliação do estado nutricional de plantas, através do

qual são analisadas quimicamente folhas de idade fisiológica definida. As folhas são normalmente a parte escolhida por responderem mais prontamente às variações no suprimento de nutrientes, representando melhor o estado nutricional da planta (Hoffmann *et al.*, 1996; Malavolta *et al.*, 1997).

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais importantes na nutrição do feijoeiro, pois é constituinte básico da clorofila, dos aminoácidos, das proteínas dos ácidos nucleicos e de outros compostos importantes no metabolismo da planta. A produtividade do feijoeiro está diretamente relacionada a sua nutrição nitrogenada (Vieira *et al.*, 1992; Amane, 1997). O metabolismo do N pode ser seriamente prejudicado pela deficiência de Mo, pois esse micronutriente faz parte das enzimas nitrogenase, responsável pela fixação biológica do N₂ pelo *Rhizobio*, e da redutase do nitrato, indispensável para o aproveitamento dos nitratos absorvidos pela planta. Por esse motivo, a carência de Mo provoca, no feijoeiro, sintomas semelhantes aos induzidos pela falta de N, ou seja, plantas com crescimento reduzido e folhas cloróticas.

A adubação molibídica altera a concentração desse nutriente, que varia entre as espécies e entre as partes componentes da planta (Vidor e Peres, 1988). Em feijoeiro, essas variações dependerão das condições de suprimento externo desse nutriente à planta. Se adequado, o conteúdo de Mo nas folhas é maior que nos nódulos. Por outro lado, se for deficiente, a sua concentração nos nódulos é maior do que nas folhas (Brodrick e Giller, 1991). Em geral, o Mo se encontra na planta dentro de um intervalo que varia de 0,1 a 30,0 mg kg⁻¹, porém, as concentrações comumente encontradas estão na faixa de 0,1 a 0,2 mg kg⁻¹ (Haque, 1987). Segundo Oliveira e Thung (1988), o teor de Mo na folha do feijoeiro considerado normal está entre 0,40 a 1,40 mg kg⁻¹. Os resultados obtidos por Pessoa (1998) demonstraram que plantas com teores abaixo de 0,61 mg kg⁻¹ apresentaram deficiência de Mo, interferindo no metabolismo do N. A época de plantio e a densidade podem afetar a absorção e a distribuição de nutrientes no feijoeiro (Mafra *et al.*, 1974). Em geral, as maiores quantidades de nutrientes são encontradas nas plantas cultivadas em épocas chuvosas, e dependem ainda da adubação aplicada e do nível de fertilidade do solo (Oliveira e Thung, 1988).

Na maioria dos ensaios de adubação foliar com Mo realizados na Zona da Mata de Minas Gerais, tem sido observado aumento nos teores foliares de N e Mo (Santos *et al.*, 1979; Araújo *et al.*, 1987; Vieira *et al.*, 1992; Berger *et al.*, 1993, 1996; Amane *et al.*, 1994; Amane, 1997; Coelho *et al.*, 1998; Pessoa, 1998; Araújo, 2000). Em relação aos outros nutrientes, Ferreira *et al.* (2002) verificaram que a adubação foliar molibídica aumentou os teores de N,

P, S, Ca, Mg e K na matéria seca de folhas. No entanto, Amane (1997) verificou que doses crescentes de Mo provocaram decréscimo nos teores foliares de S, Mn, Zn, Ca e Mg. Não há, porém, informações concretas sobre o parcelamento da dose aplicada. Esse parcelamento pode melhorar a eficiência da absorção e do uso do micronutriente pela planta, aumentando os teores foliares dos demais nutrientes, contribuindo, assim, para o aumento da produtividade do feijoeiro.

Torna-se extremamente importante, contudo, conhecer os teores foliares dos nutrientes na cultura do feijoeiro, principalmente os teores de Mo, pela sua influência direta nos teores de alguns macronutrientes.

Desta forma, foram conduzidos dois trabalhos em diferentes épocas de plantio, objetivando determinar a influência da época de aplicação e do parcelamento da dose de Mo, aplicado via foliar, sobre a composição mineral das folhas do feijoeiro.

Material e métodos

Foram realizados dois experimentos: um no período de verão-outono, com semeadura em março de 2002 (Experimento I), e o outro no período de inverno-primavera, com semeadura em julho de 2002 (Experimento II), utilizando-se em ambos a variedade Meia Noite. Os experimentos foram conduzidos em condições de campo, na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Coimbra, Estado de Minas Gerais. O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, que foi amostrado à profundidade de 0-20 cm, obtendo-se, no experimento I, os seguintes resultados: pH em água (1:2,5) = 5,8; Al³⁺ = 0 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 1,54 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,56 cmol_c dm⁻³; K = 60 mg dm⁻³; P = 6 mg dm⁻³; Mo = 0,80 mg dm⁻³ (extrator Mehlich-3); C = 1,46 dag kg⁻¹; CTC efetiva = 2,25 cmol_c dm⁻³; CTC total = 3,73 cmol_c dm⁻³; V = 60%; e classificação textural = argiloso, e no experimento II os seguintes resultados: pH em água (1:2,5) = 5,3; Al³⁺ = 0 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 1,23 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,45 cmol_c dm⁻³; K = 60 mg dm⁻³; P = 6 mg dm⁻³; Mo = 0,85 mg dm⁻³ (extrator Mehlich-3); C = 1,74 dag kg⁻¹; CTC efetiva = 1,90 cmol_c dm⁻³; CTC total = 3,93 cmol_c dm⁻³; V = 46%; e classificação textural = argiloso.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com dez tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram: 1- testemunha, sem Mo; 2- 80 g ha⁻¹ de Mo aplicados aos 15 dias após a emergência (DAE); 3- 40 g ha⁻¹ de Mo aplicados aos 15 DAE e 40 g ha⁻¹ aos 20 DAE; 4- 40 g ha⁻¹ de Mo aos 15 DAE e 40 g ha⁻¹ aos 25 DAE; 5- 40 g ha⁻¹ de Mo aos 15 DAE e 40 g ha⁻¹ aos 30 DAE; 6- 80 g ha⁻¹ de Mo aos 20 DAE; 7- 40 g ha⁻¹ de

Mo aos 20 DAE e 40 g ha⁻¹ aos 25 DAE; 8- 40 g ha⁻¹ de Mo aos 20 DAE e 40 g ha⁻¹ aos 30 DAE; 9- 80 g ha⁻¹ de Mo aos 25 DAE; e 10- 40 g ha⁻¹ de Mo aos 25 DAE e 40 g ha⁻¹ aos 30 DAE.

Cada parcela foi constituída de cinco linhas de 5 m de comprimento, espaçadas 0,5 m entre si. Os tratamentos receberam adubação uniforme com 300 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16 (respectivamente N, P₂O₅, K₂O) no sulco de plantio. Não houve aplicação adicional de nitrogênio em cobertura. A fonte de Mo utilizada nos dois experimentos foi o molibdato de amônio. O preparo do solo foi realizado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens leves e posterior abertura de sulcos. Foram realizados controle de plantas daninhas, e os tratamentos fitossanitários necessários para manter os ensaios livres de pragas e de doenças durante todo o ciclo da cultura. Quando necessária, foi realizada irrigação por aspersão nos dois experimentos.

Determinaram-se nos dois experimentos, os teores foliares de N orgânico, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fe Mn e Mo. Para tanto, foi coletada ao acaso, no início do florescimento, de dez plantas da área útil, a primeira folha trifoliolada adulta completamente desenvolvida a partir do ápice da planta. As folhas foram lavadas em água destilada, secas em estufa de ventilação forçada por 48 horas a 70°C e moídas em moinho tipo Wiley.

Para a determinação dos teores de N orgânico, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fe e Mn, utilizaram-se as metodologias citadas por Ferreira *et al.* (2001). A análise de molibdênio foi realizada de acordo com a metodologia do iodeto de potássio, proposta por Yatsimirskii (1964), modificada por Fuge (1970), Eivazi *et al.* (1982), Dallpai (1996) e Pessoa (1998).

Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta, de acordo com o critério da relação máxima de 7:1 entre os quadrados médios dos resíduos dos experimentos (Gomes, 1985), sendo obtidos nove contrastes ortogonais, considerando o teste F a 5% de probabilidade:

- Testemunha vs Outros
- Início 15 + Início 20 vs Início 25
- Início 15 vs Início 20
- Início 15 dose única vs Início 15 doses parceladas

- Dose parcelada 15/20 vs Dose parcelada (15/25 + 15/30)
- Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30
- Início 20 dose única vs Início 20 dose parcelada
- Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30
- Início 25 dose única vs Dose parcelada 25/30

Resultados e discussão

A análise de variância dos teores foliares de N, Mo, Fe e Mn no feijoeiro foi realizada separadamente para cada experimento, pois a relação entre os quadrados médios do resíduo, dos dois experimentos, foi superior ao recomendado para a realização da análise de variância conjunta (Gomes, 1985).

A análise conjunta dos experimentos I e II revelou efeito significativo ($P \leq 0,01$) para os teores foliares de P, Mg e S, da interação EXP x TRAT. Esse comportamento, entretanto, não se repetiu para as demais características avaliadas.

Teores foliares de Mo, de N, de Fe e de Mn

A concentração de Molibdênio nas folhas do feijoeiro aumentou significativamente ($p \leq 0,01$), devido à adubação foliar de Mo no experimento de verão-outono (Experimento I) (Tabela 1). O contraste Testemunha x Outros evidenciou essa afirmativa, indicando um aumento de 57% no teor desse micronutriente nas folhas, passando de 1,90 para 3,00 mg kg⁻¹, indicando que a aplicação foliar de Mo foi eficiente para a planta absorver e metabolizar esse nutriente (Tabela 1).

Já a concentração foliar de N total aumentou significativamente ($p \leq 0,01$) nos dois experimentos (Tabela 1). No experimento de verão-outono verificou-se acréscimo de 75% com a adubação foliar molibídica, passando os tratamentos que não receberam Mo de 2,19 dag kg⁻¹ para 3,85 dag kg⁻¹ quando adubados com Mo. No experimento de inverno-primavera, o tratamento que não recebeu aplicação foliar de Mo apresentou teor máximo de N na matéria seca das folhas igual a 4,74 dag kg⁻¹, enquanto os tratamentos que receberam Mo apresentaram 5,12 dag kg⁻¹, acréscimo de 8% no teor foliar de N (Tabela 1).

Tabela 1. Contrastes estimados e respectivas diferenças para os teores foliares de Mo e N total do feijoeiro, cv. Meia Noite, em função de doses e épocas de aplicação foliar de Mo, nos experimentos de verão-outono (I) e inverno-primavera (II).

Contrastes	Mo (mg kg ⁻¹)				N (dag kg ⁻¹)*			
	I	Diferença	II	Diferença	I	Diferença	II	Diferença
1	1,90 vs 3,00	1,10**	2,85 vs 3,54	0,69 ^{n.s.}	2,19 vs 3,85	1,66**	4,74 vs 5,12	0,38**
2	2,81 vs 3,64	0,83**	3,51 vs 3,65	0,14 ^{n.s.}	3,83 vs 3,90	0,07 ^{n.s.}	5,10 vs 5,19	0,09 ^{n.s.}
3	2,60 vs 3,09	0,49**	3,37 vs 3,70	0,33 ^{n.s.}	3,69 vs 4,02	0,33**	5,10 vs 5,09	0,01 ^{n.s.}
4	2,01 vs 2,80	0,79**	3,36 vs 3,38	0,02 ^{n.s.}	3,70 vs 3,69	0,01 ^{n.s.}	5,27 vs 5,04	0,23 ^{n.s.}
5	2,13 vs 3,13	1,00**	3,33 vs 3,40	0,07 ^{n.s.}	3,46 vs 3,80	0,34 ^{n.s.}	4,79 vs 5,17	0,38 ^{n.s.}
6	2,17 vs 4,09	1,92**	3,16 vs 3,64	0,48 ^{n.s.}	3,72 vs 3,88	0,16 ^{n.s.}	5,17 vs 5,17	0,00 ^{n.s.}
7	2,48 vs 3,40	0,92**	4,21 vs 3,45	0,76 ^{n.s.}	4,12 vs 3,97	0,15 ^{n.s.}	5,08 vs 5,10	0,02 ^{n.s.}

8	2,79 vs 4,01	1,22**	3,64 vs 3,26	0,38 ^{n.s.}	4,18 vs 3,76	0,42*	4,95 vs 5,24	0,29 ^{n.s.}
9	2,87 vs 4,41	1,54**	3,54 vs 3,75	0,21 ^{n.s.}	3,83 vs 3,97	0,14 ^{n.s.}	5,10 vs 5,29	0,19 ^{n.s.}

*dag; decagrama - medida de peso equivalente a 10 gramas; ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade; **e***: Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; 1-Testemunha vs Outros; 2- Início 15 + Início 20 vs Início 25; 3- Início 15 vs Início 20; 4- Início 15 dose única vs Início 15 doses parceladas; 5- Dose parcelada 15/20 vs Dose parcelada (15/25 + 15/30); 6- Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30; 7- Início 20 dose única vs Início 20 dose parcelada; 8- Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30; 9- Início 25 dose única vs Dose parcelada 25/30.

Segundo Pessoa (1998), a aplicação foliar de molibdênio foi responsável pelo aumento e pela manutenção da atividade da nitrogenase e da redutase do nitrato em valores altos, por maior período de tempo durante o ciclo de feijoeiro, comparando-se às plantas que não receberam Mo, influenciando, concomitantemente, nos processos fotossintético e respiratório das plantas, contribuindo, desse modo, para o aumento da produtividade (Taiz e Zeiger, 1998). Essa afirmativa foi verificada pelo aumento da concentração de Mo e N nas folhas do feijoeiro. Isso evidencia que as plantas de feijoeiro satisfatoriamente nutridas com Mo possivelmente tiveram incrementos na utilização do nitrogênio, por melhorar a fixação biológica e utilizar mais eficientemente o N mineral absorvido do solo. Fato este verificado pelo aspecto visual das plantas que apresentaram maior crescimento e folhas com coloração mais verde durante a fase de enchimento dos grãos (observação visual "*in loco*"). Nos tratamentos que não recebam Mo, os teores foliares encontraram-se acima da faixa proposta por Oliveira e Thung (1988), porém, de forma semelhante, nos dois experimentos nesses tratamentos, as plantas apresentaram sintomas típicos de deficiência de nitrogênio, caracterizados por pequeno crescimento das folhas e plantas, clorose a partir das folhas mais velhas, atingindo toda a planta de forma uniforme. No decorrer do ciclo da cultura, as folhas mais velhas tornaram-se necróticas com posterior queda, observando-se, com isto, redução no ciclo da cultura em cerca de 10 dias.

Em relação às diferentes épocas de aplicação foliar de Mo na cultura do feijoeiro, foi observado significância ($p \leq 0,01$) no experimento de verão-outono para as concentrações foliares desse nutriente em todos os contrastes estabelecidos (Tabela 1). A aplicação tardia do Mo, contraste Início 15 + Início 20 vs Início 25, aumentou em 29% a concentração foliar desse nutriente quando comparada com aplicações precoces (Tabela 1). O contraste Início 15 vs Início 20 mostrou que a concentração foliar de Mo passou de 2,60 mg kg⁻¹, nos tratamentos que se iniciaram aos 15 DAE, para 3,09 mg kg⁻¹, nos tratamentos que iniciaram as aplicações foliares de Mo aos 20 DAE, contribuindo, assim, com acréscimo de 19% na concentração desse micronutriente nas folhas do feijoeiro (Tabela 1). Visto serem as aplicações tardias de Mo melhores para a elevação dos teores desse nutriente nas folhas, o contraste Início 25 dose única vs Dose parcelada 25/30 mostrou acréscimo de 53% no teor foliar de Mo, passando de 2,87 mg kg⁻¹ nos tratamentos que se iniciavam aos 25

DAE em dose única para 4,41 mg kg⁻¹ nos tratamentos que receberam 80 g ha⁻¹ de Mo, parcelado aos 25 e 30 DAE (Tabela 1).

Quanto aos teores foliares de N total, ainda no experimento I, influenciados pelas diferentes épocas de aplicação foliar de Mo, foi observado efeito significativo ($p \leq 0,01$) no contraste Início 15 vs Início 20 (Tabela 1). Nesse contraste, os tratamentos que receberam Mo via foliar a partir dos 15 DAE apresentaram teor de N nas folhas de 3,69 dag kg⁻¹, enquanto os tratamentos que receberam Mo mais tardiamente, 20 DAE, apresentaram em média 4,02 dag kg⁻¹, promovendo acréscimo de 9% no teor foliar de N na cultura. O contraste Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30 também apresentou efeito significativo ($p \leq 0,05$) com relação aos teores foliares de N (Tabela 1), aumentando em 11% o seu teor nas folhas quando o Mo foi aplicado parcelado aos 20/25 DAE, atingindo o máximo de 4,18 dag kg⁻¹, enquanto os tratamentos que receberam Mo aos 20/30 DAE atingiram um máximo de 3,76 dag kg⁻¹.

Não houve influência do parcelamento e da época de aplicação da adubação molíbdica nos teores foliares de Mo e de N total no experimento de inverno-primavera (Tabela 1).

Os nutrientes Fe e Mn não foram influenciados significativamente, nos dois experimentos, pela aplicação foliar de Mo e pelas diferentes épocas de aplicação desse nutriente.

Teores foliares de P, de Mg e de S

A adubação foliar com Mo no feijoeiro influenciou ($p \leq 0,05$) somente o teor foliar de Mg no experimento de inverno-primavera (Experimento II), não sendo observado o mesmo comportamento para os teores foliares de P e S nos dois experimentos (Tabelas 2 e 3). O contraste Testemunha vs Outros (Tabela 3) demonstrou que a aplicação do micronutriente aumentou o teor foliar de Mg em 0,057 dag kg⁻¹, passando de 0,286 dag kg⁻¹ nas plantas sem Mo para 0,343 dag kg⁻¹ quando foram realizadas pulverizações com o micronutriente.

As diferentes épocas de aplicação foliar do Mo também influenciaram somente o teor foliar de Mg ($p \leq 0,05$), mas no experimento I (verão-outono) (Tabelas 2 e 3). O contraste Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30 demonstrou um acréscimo de 18% no teor de Mg quando o Mo foi aplicado parcelado aos 15 e 30 dias após a emergência das plântulas (Tabela 2).

Tabela 2. Contrastes estimados e respectivas diferenças para os teores foliares de P, Mg e S do feijoeiro, cv. Meia Noite, em função de doses e épocas de aplicação foliar de Mo, na média no experimento I.

Contrastes	P	Diferença	Mg (dag kg ⁻¹)*	Diferença	S	Diferença
1	0,469 vs 0,444	0,025 ^{n.s.}	0,535 vs 0,518	0,017 ^{n.s.}	0,277 vs 0,258	0,019 ^{n.s.}
2	0,440 vs 0,459	0,019 ^{n.s.}	0,519 vs 0,517	0,002 ^{n.s.}	0,257 vs 0,264	0,007 ^{n.s.}
3	0,436 vs 0,445	0,009 ^{n.s.}	0,522 vs 0,514	0,008 ^{n.s.}	0,256 vs 0,257	0,001 ^{n.s.}
4	0,422 vs 0,441	0,019 ^{n.s.}	0,561 vs 0,509	0,052 ^{n.s.}	0,254 vs 0,257	0,003 ^{n.s.}
5	0,428 vs 0,447	0,019 ^{n.s.}	0,495 vs 0,515	0,020 ^{n.s.}	0,265 vs 0,253	0,012 ^{n.s.}
6	0,458 vs 0,436	0,022 ^{n.s.}	0,471 vs 0,559	0,088*	0,268 vs 0,238	0,030 ^{n.s.}
7	0,442 vs 0,446	0,004 ^{n.s.}	0,497 vs 0,523	0,026 ^{n.s.}	0,244 vs 0,264	0,020 ^{n.s.}
8	0,452 vs 0,440	0,012 ^{n.s.}	0,494 vs 0,552	0,058 ^{n.s.}	0,273 vs 0,255	0,018 ^{n.s.}
9	0,457 vs 0,462	0,005 ^{n.s.}	0,517 vs 0,516	0,001 ^{n.s.}	0,262 vs 0,266	0,004 ^{n.s.}

*dag: decagrama - medida de peso equivalente a 10 gramas; ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade; **e***: Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; 1-Testemunha vs Outros; 2- Início 15 + Início 20 vs Início 25; 3- Início 15 vs Início 20; 4- Início 15 dose única vs Início 15 doses parceladas; 5- Dose parcelada 15/20 vs Dose parcelada (15/25 + 15/30); 6- Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30; 7- Início 20 dose única vs Início 20 dose parcelada; 8- Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30; 9- Início 25 dose única vs Dose parcelada 25/30.

Tabela 3. Contrastes estimados e respectivas diferenças para os teores foliares de P, Mg e S do feijoeiro, cv. Meia Noite, em função de doses e épocas de aplicação foliar de Mo, na média no experimento II.

Contrastes	P	Diferença	Mg (dag kg ⁻¹)*	Diferença	S	Diferença
1	0,306 vs 0,317	0,011 ^{n.s.}	0,286 vs 0,343	0,057*	0,160 vs 0,161	0,001 ^{n.s.}
2	0,318 vs 0,314	0,004 ^{n.s.}	0,347 vs 0,330	0,017 ^{n.s.}	0,160 vs 0,162	0,002 ^{n.s.}
3	0,319 vs 0,317	0,002 ^{n.s.}	0,341 vs 0,354	0,013 ^{n.s.}	0,157 vs 0,164	0,007 ^{n.s.}
4	0,329 vs 0,315	0,014 ^{n.s.}	0,333 vs 0,343	0,010 ^{n.s.}	0,155 vs 0,158	0,003 ^{n.s.}
5	0,297 vs 0,325	0,028 ^{n.s.}	0,333 vs 0,348	0,015 ^{n.s.}	0,149 vs 0,163	0,014 ^{n.s.}
6	0,322 vs 0,328	0,006 ^{n.s.}	0,341 vs 0,355	0,014 ^{n.s.}	0,163 vs 0,163	0,000 ^{n.s.}
7	0,300 vs 0,325	0,025 ^{n.s.}	0,349 vs 0,357	0,008 ^{n.s.}	0,166 vs 0,163	0,003 ^{n.s.}
8	0,333 vs 0,316	0,017 ^{n.s.}	0,385 vs 0,329	0,056 ^{n.s.}	0,166 vs 0,160	0,006 ^{n.s.}
9	0,305 vs 0,323	0,018 ^{n.s.}	0,331 vs 0,328	0,003 ^{n.s.}	0,164 vs 0,160	0,004 ^{n.s.}

*dag: decagrama - medida de peso equivalente a 10 gramas; ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade; **e***: Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; 1-Testemunha vs Outros; 2- Início 15 + Início 20 vs Início 25; 3- Início 15 vs Início 20; 4- Início 15 dose única vs Início 15 doses parceladas; 5- Dose parcelada 15/20 vs Dose parcelada (15/25 + 15/30); 6- Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30; 7- Início 20 dose única vs Início 20 dose parcelada; 8- Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30; 9- Início 25 dose única vs Dose parcelada 25/30.

Tabela 4. Contrastes estimados e respectivas diferenças para os teores foliares de potássio, cálcio, zinco e cobre do feijoeiro, cv. Meia Noite, em função de doses e épocas de aplicação foliar de Mo, na média dos experimentos.

Contrastes	K	Diferença (dag kg ⁻¹)*	Ca	Diferença	Zn	Diferença (mg kg ⁻¹)	Cu	Diferença
1	2,57 vs 2,90	0,33**	1,30 vs 1,36	0,06 ^{n.s.}	34,98 vs 32,30	2,68 ^{n.s.}	8,16 vs 7,37	0,79 ^{n.s.}
2	2,90 vs 2,90	0,00 ^{n.s.}	1,38 vs 1,31	0,07 ^{n.s.}	32,72 vs 30,85	1,87 ^{n.s.}	7,42 vs 7,19	0,23 ^{n.s.}
3	2,90 vs 2,90	0,00 ^{n.s.}	1,38 vs 1,36	0,02 ^{n.s.}	33,53 vs 31,63	1,90 ^{n.s.}	7,27 vs 7,62	0,35 ^{n.s.}
4	2,94 vs 2,88	0,06 ^{n.s.}	1,42 vs 1,37	0,05 ^{n.s.}	32,54 vs 33,87	1,33 ^{n.s.}	7,37 vs 7,24	0,13 ^{n.s.}
5	2,86 vs 2,89	0,03 ^{n.s.}	1,35 vs 1,38	0,03 ^{n.s.}	31,57 vs 35,02	3,45 ^{n.s.}	7,02 vs 7,34	0,32 ^{n.s.}
6	2,84 vs 2,93	0,09 ^{n.s.}	1,31 vs 1,45	0,14 ^{n.s.}	35,06 vs 34,98	0,08 ^{n.s.}	7,52 vs 7,17	0,35 ^{n.s.}
7	2,79 vs 2,95	0,16 ^{n.s.}	1,32 vs 1,39	0,07 ^{n.s.}	30,89 vs 32,00	1,11 ^{n.s.}	8,37 vs 7,25	1,12 ^{n.s.}
8	2,97 vs 2,92	0,05 ^{n.s.}	1,40 vs 1,38	0,02 ^{n.s.}	33,11 vs 30,88	2,23 ^{n.s.}	7,69 vs 6,80	0,89 ^{n.s.}
9	2,89 vs 2,92	0,03 ^{n.s.}	1,31 vs 1,31	0,00 ^{n.s.}	31,83 vs 29,86	1,97 ^{n.s.}	7,01 vs 7,38	0,37 ^{n.s.}

*dag: decagrama - medida de peso equivalente a 10 gramas; ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade; **e***: Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; 1-Testemunha vs Outros; 2- Início 15 + Início 20 vs Início 25; 3- Início 15 vs Início 20; 4- Início 15 dose única vs Início 15 doses parceladas; 5- Dose parcelada 15/20 vs Dose parcelada (15/25 + 15/30); 6- Dose parcelada 15/25 vs Dose parcelada 15/30; 7- Início 20 dose única vs Início 20 dose parcelada; 8- Dose parcelada 20/25 vs Dose parcelada 20/30; 9- Início 25 dose única vs Dose parcelada 25/30.

teores de K, Ca, Zn e Cu (Tabela 4).

Conclusão

Teores foliares de K, de Ca, de Zn e de Cu

A análise conjunta dos experimentos evidenciou que a aplicação foliar de Mo no feijão aumentou o teor foliar de K, de acordo com os dados do contraste Testemunha vs Outros (Tabela 4), fato não observado nos outros nutrientes avaliados. Esse aumento foi de 0,33 dag kg⁻¹, acréscimo de 13% com a aplicação foliar de Mo, passando de 2,57 dag kg⁻¹ nos tratamentos sem Mo para 2,90 dag kg⁻¹ nos tratamentos que receberam Mo (Tabela 4).

Quanto às diferentes épocas de aplicação foliar do Mo, não foram observados efeitos significativos nos

A aplicação de Mo, na dose de 80 g ha⁻¹ de Mo, aumentou os teores foliares de Mo no cultivo de verão-outono e de N nas duas épocas de plantio;

Os teores foliares de K na média dos experimentos, Mg no experimento II, aumentaram com a aplicação foliar de 80 g ha⁻¹ de Mo;

A pulverização foliar de Mo interferiu positivamente na nutrição mineral do feijoeiro, não sendo necessário o fracionamento da dose aplicada.

Referências

AMANE, M.I.V. *Adubação nitrogenada e molibdica da*

- cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais: efeitos de doses, calagem e rizóbio. 1997. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- AMANE, M.I.V. et al. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molibídica. *Rev. Ceres*, Viçosa, v.41, n.234, p.202-216, 1994.
- ARAÚJO, G.A. de A. et al. Influência do molibdênio e do nitrogênio sobre duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Ceres*, Viçosa, v.34, p.333-339, 1987.
- ARAÚJO, P. R. de A. *Combinações de doses de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.)*. 2000. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Viçosa, 2000.
- BERGER, P. G. et al. Adubação molibídica por via foliar na cultura do feijão: efeitos de doses. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4, 1993, Londrina. Resumos... Londrina: IAPAR, 1993. n.p. (Resumo, 159).
- BERGER, P.G. et al. Efeitos de doses e épocas de aplicação de molibdênio sobre a cultura do feijão. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v.31, n.7, p.473-480, 1996.
- BRODRICK, S.J.; GILLER, K.E. Root nodules of *Phaseolus*: efficient scavengers of molybdenum for N_2 fixation. *J. Exp. Bot.*, Oxford, v.42, n.243, p.679-686, 1991.
- 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. *Rev. Ceres*, Viçosa, v.45, p.393-407, 1998.
- DALLPAI, D.L. *Determinação espectrofotométrica de molibdênio em solo e tecido vegetal e adsorção de molibdato em alguns solos de Minas Gerais*. 1996. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.
- EIVAZI, F. et al. Determination of molybdenum in plant materials using a rapid automated method. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, New York, v.13, p.135-150, 1982.
- FERREIRA, A. de B. et al. Características agrônomicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. *Sci. Agric.*, Jaboticabal, v.58, p.131-8, 2001.
- FERREIRA, A. de B. et al. Influência do molibdênio contido na semente e da sua aplicação foliar sobre a composição mineral de folhas e sementes do feijoeiro. *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 49, n. 284, p. 443-452, 2002.
- FONTES, P. C. R. *Diagnóstico do estado nutricional das plantas*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- FUGE, R. An automated method for the determination of molybdenum in geochemical and biological samples. *Analytical*, v.95, p.171-176, 1970.
- GOMES, F. P. *Curso de estatística experimental*. 11. ed. Piracicaba: Nobel, 1985.
- HAQUE, I. Molybdenum in soils and plants and its potential importance to livestock nutrition, with special reference to sub-Saharan Africa. *Ilca Bulletin*, v.26, p.20-28, 1987.
- HOFFMANN, A. et al. Adubação em pomares: Métodos de qualificação de doses de fertilizantes. *Rev. Bras. Frutic.*, Cruz das Almas, v.18, n.2, p.161-169, 1996.
- JONES JR., J.B. et al. *Plant Analysis Handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Athens (USA): Micro-Macro Publishing, 1991.
- MAFRA, R.C. et al. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). IV. Absorção de nutrientes. *Experientia*, Viçosa, v.17, n.9, p.217-39, 1974.
- MALAVOLTA, E. et al. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MARSCHNER, H. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. London: Academic Press, 1995.
- OLIVEIRA, I.P.; THUNG, M.D.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M.J.O. et al. (Ed.). *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba, Potafos, 1988.p.175-212.
- PESSOA, A. C. dos S. *Atividades de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo*. 1998. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.
- REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. *Plant analysis: an interpretation manual*. Melbourne: Inkata Press, 1988.
- SANTOS, A. B. dos et al. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao molibdênio e ao cobalto em solos de Viçosa e Paula Cândido, Minas Gerais. *Rev. Ceres*, Viçosa, v.26, p.92-101, 1979.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant physiology*. 2. ed. (S. 1.): Sinauer Associates, Inc., 1998.
- VIDOR, C.; PERES, J.R.R. Nutrição de plantas com molibdênio e cobalto. In: SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1988. Londrina. Anais... Londrina: EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988, p. 179-203.
- VIEIRA, C. et al. Adubação nitrogenada e molibídica na cultura do feijão. *Rev. Agric.*, Piracicaba, v.67, n.2, p.117-124, 1992.
- YATSIMIRSKII, K.B. Catalytic and chemical kinetics: the use of catalytic reactions involving hydrogen peroxid in the study of the formation of complexes and in the development of very sensitive analytical methods. [S.l.:s.n.], 1964. Não paginado.

Received on August 30, 2004.

Accepted on March 11, 2005.