

ADUBAÇÃO NITROGENADA E MOLÍBDICA DA CULTURA DO FEIJÃO NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS⁽¹⁾

M. I. V. AMANE⁽²⁾, C. VIEIRA⁽³⁾,
R. F. NOVAIS⁽⁴⁾ & G. A. A. ARAÚJO⁽³⁾

RESUMO

Três séries de experimentos foram realizadas. Na primeira, estudaram-se, em dois municípios, os efeitos de N, Mo e rizóbio; na segunda, em outro município, os efeitos de quatro doses de N (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) e quatro de Mo (0, 40, 80 e 120 g ha⁻¹), em um esquema fatorial; e na terceira, em seis municípios, os efeitos das combinações 0-0-0, 0-40-70, 20-0-70 e 20-40-70 de N no sulco de plantio (kg ha⁻¹), N aplicado em cobertura (kg ha⁻¹) e molibdênio (g ha⁻¹), respectivamente. Em todos os experimentos, o Mo nas folhas e o N em cobertura foram aplicados aproximadamente 25 dias após a emergência das plantas. Todos os experimentos receberam 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato simples, e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio, e os solos eram povoados por estirpes nativas de rizóbio. A inoculação com estirpes selecionadas de rizóbio não teve efeito no rendimento de grãos. A adubação com Mo aumentou a produtividade do feijão, levando a rendimentos máximos com doses que variaram de 70 a 100 g ha⁻¹, dependendo da adubação nitrogenada: quanto mais N, menor a dose de Mo. A adubação nitrogenada no sulco de plantio também foi essencial, e sua falta nem sempre foi compensada pela aplicação de N em cobertura. A combinação N + Mo trouxe aumentos de produtividade de cerca de 90 a mais de 200%.

Termos de indexação: *Phaseolus vulgaris*, nitrogênio, molibdênio, rizóbio.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em dezembro de 1997 e aprovado em março de 1999.

⁽²⁾ Pesquisador do Instituto Nacional de Investigação Agronómica, Maputo, República de Moçambique.

⁽³⁾ Professor do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa - UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG). Bolsista do CNPq.

⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Solos, UFV. Bolsista do CNPq.

SUMMARY: *NITROGEN AND MOLYBDENUM FERTILIZATION OF THE COMMON BEAN CROP IN THE "ZONA DA MATA" REGION, MINAS GERAIS STATE, BRAZIL*

Three series of experiments were carried out. In the first, the effects of N, Mo, and rhizobium were studied at two municipalities; in the second, conducted at another municipality, a factorial with four rates of N (0, 30, 60, and 90 kg ha⁻¹) and four rates of Mo (0, 40, 80, and 120 g ha⁻¹) was studied; and in the third, at six municipalities, the following combinations of N at planting time (kg ha⁻¹), N as side dressing (kg ha⁻¹) and Mo (g ha⁻¹) were used, respectively: 0-0-0, 0-40-70, 20-0-70, and 20-40-70. In all experiments, Mo (as foliar spray) and N (as side dressing) were applied at about 25 days after plant emergence. Ordinary superphosphate (90 kg ha⁻¹ of P₂O₅) plus potassium chloride (60 kg ha⁻¹ of K₂O) were applied as uniform fertilization for all experiments. The soils were contaminated by native strains of Rhizobium. Inoculation with selected strains of Rhizobium had no effect on grain yield. Molybdenum fertilization increased bean yield, and maximum yields were attained with 70 to 100 g ha⁻¹ of Mo, depending on N fertilization: smaller rate of Mo was needed when greater dose of N was used and vice versa. Nitrogen applied at planting time was also essential and its absence could not generally be compensated by side dressing application. The N + Mo combination increased bean yield in approximately 90 to 200%.

Index terms: Phaseolus vulgaris, nitrogen, molybdenum, Rhizobium.

INTRODUÇÃO

Na adubação mineral da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), em Minas Gerais, recomenda-se a aplicação de 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio no sulco de plantio, junto ao P e ao K, mais 30 a 40 kg ha⁻¹ de N aplicados em cobertura, 20 a 25 dias após a emergência das plantas (CFSEMG, 1989).

Em geral, consideram-se as bactérias dos nódulos radiculares, os rizóbios, pouco eficientes, não fixando quantidade suficiente de N do ar para satisfazer às necessidades das culturas de feijão, quando se desejam altos rendimentos, daí as altas doses de fertilizantes nitrogenados recomendadas. Diversas causas têm sido apontadas para essa ineficiência dos rizóbios, dentre as quais a pobreza do solo em molibdênio (Siqueira & Franco, 1988).

O molibdênio é componente de duas enzimas, ambas importantes no metabolismo do nitrogênio: a nitrogenase, essencial à fixação do N do ar nos nódulos radiculares, e a redutase do nitrato, indispensável ao aproveitamento dos nitratos absorvidos pelo feijoeiro (Epstein, 1975; Vieira, 1994).

Experimentos efetuados nos municípios de Viçosa, Ponte Nova e Coimbra, na Zona da Mata de Minas Gerais, têm revelado apreciável resposta da cultura do feijão à aplicação do molibdênio (Vieira et al., 1992; Amane et al., 1994; Vieira, 1994; Berger et al., 1996). Esses autores verificaram que, dependendo do solo, a adubação molíbdica chega a "substituir" a adubação nitrogenada, mas, na maioria das vezes,

complementa-lhe a ação ou torna dispensável a adubação nitrogenada em cobertura.

Berger et al. (1996) verificaram, em Coimbra, que a dose de Mo até então aplicada (20 a 40 g ha⁻¹) era bem inferior à dose que permitiu obter os mais altos rendimentos de feijão: 80 a 90 g ha⁻¹. Verificaram, ainda, que a época mais propícia à aplicação desse micronutriente nas folhas do feijoeiro vai do 14^o até o 28^o dia após a emergência das plantas.

Os estudos citados não permitiram esclarecer, com maior precisão, qual seria a combinação mais conveniente da adubação N + Mo na cultura do feijão. Também não se sabe se ocorre resposta à aplicação do Mo em outros municípios da Zona da Mata, além dos três citados. No presente artigo, incluem-se estudos que pretendem contribuir para esclarecer essas dúvidas.

MATERIAL E MÉTODOS

Efeitos de N, Mo e rizóbio

Dois experimentos foram instalados, um em Leopoldina e outro em Visconde do Rio Branco, municípios da Zona da Mata de Minas Gerais. Foram realizados no outono-inverno, em solo povoado por estirpes nativas de *Rhizobium*. Amostras de solo da camada de 0-20 cm de profundidade, retiradas dos locais dos ensaios, foram submetidas à análise de rotina de fertilidade (Quadro 1).

Quadro 1. Características químicas e texturais de amostras superficiais (0-20 cm) dos solos utilizados nos experimentos de N, Mo e rizóbio e de N x Mo

Característica	Leopoldina	Visconde do Rio Branco	Coimbra
pH em água (1:2,5)	5,4	5,6	5,9
P disponível ⁽¹⁾ (mg dm ⁻³)	5,7	6,0	6,1
K disponível ⁽¹⁾ (mg dm ⁻³)	26,0	27,0	80,0
Ca ²⁺ trocável (mmol _c dm ⁻³)	23,0	20,0	21,0
Mg ²⁺ trocável (mmol _c dm ⁻³)	7,0	8,0	9,0
Al ³⁺ trocável (mmol _c dm ⁻³)	0,0	0,0	0,0
Textura	média	argilosa	média

⁽¹⁾ Extrator: Mehlich-1.

Os tratamentos foram constituídos pelo arranjo fatorial 2 x 2 x 2 x 2, em que os fatores foram: rizóbio (sementes inoculadas e não inoculadas), N no sulco de plantio (0 e 20 kg ha⁻¹), N em cobertura (0 e 30 kg ha⁻¹) e Mo pulverizado nas folhas (0 e 20 g ha⁻¹). O N em cobertura e o Mo foram aplicados 22 dias após a emergência das plantas. Preferiu-se a aplicação foliar do micronutriente porque Berger et al. (1995) verificaram que esse método permite melhor resultado que a aplicação por peletização da semente.

Como fonte de N, empregou-se o sulfato de amônio, e de Mo, o molibdato de amônio. O rizóbio utilizado foi uma mistura, em igual proporção, de três estirpes: BR 322, KIM 5 e BR 10008.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída por quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m, com, aproximadamente, 15 sementes do feijão 'Ouro Negro' por metro de sulco. Na colheita, aproveitaram-se os 4,0 m² centrais como área útil.

Todas as parcelas receberam, no sulco de plantio, 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato simples, e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio.

O preparo do solo constou de uma aração seguida de duas gradagens. Quando necessário, capinas para o controle da flora invasora, tratamentos fitossanitários e irrigações foram feitos.

Apenas em Leopoldina, no período da floração, coletaram-se folhas para determinação do teor de N. Para tanto, foram feitas coletas da terceira folha trifoliolada, a partir do topo, em 10 plantas tomadas ao acaso, na área útil de cada parcela. As folhas coletadas foram secas em estufa de ventilação forçada, a 70°C, até atingirem peso constante; em seguida, foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 20 malhas por polegada, e homogeneizadas. A determinação do N foi feita por digestão sulfúrica (Lindner, 1944), usando-se uma amostra de 100 mg, seguida de avaliação colorimétrica, utilizando-se o reagente de Nessler (Jackson, 1965).

Efeitos de doses de N e Mo

O experimento foi realizado em Coimbra (MG), no outono-inverno, em solo povoado por estirpes nativas de *Rhizobium*. As características químicas e a textura desse solo encontram-se no quadro 1.

Os tratamentos obedeceram ao arranjo fatorial 4 x 4, com três tratamentos adicionais. Os fatores foram: doses de N em cobertura (0,30,60 e 90 kg ha⁻¹) e de Mo (0,40,80 e 120 g ha⁻¹). O N foi aplicado na forma de sulfato de amônio e o Mo na de molibdato de amônio. O Mo foi aplicado em uma única vez, em pulverização nas folhas, 22 dias após a emergência (DAE) dos feijoeiros. O adubo nitrogenado foi parcelado da seguinte forma: a dose de 30 kg ha⁻¹ foi aplicada em uma única vez, 22 DAE; a de 60 kg ha⁻¹ foi parcelada em duas de 30, aplicadas aos 22 e 29 DAE; e a de 90 kg ha⁻¹ foi fracionada em três de 30, aplicadas aos 15, 22 e 29 DAE.

Todas as parcelas experimentais receberam, no sulco de plantio, 20 kg ha⁻¹ de N (sulfato de amônio), 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples) e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). Os três tratamentos adicionais não receberam N no sulco de plantio e compreenderam as seguintes combinações de N (kg ha⁻¹) e Mo (g ha⁻¹): 0-0,0-80 e 60-80.

Os demais procedimentos experimentais foram iguais aos dos experimentos sobre efeitos de N, Mo e rizóbio, à exceção do cultivar, feijão preto 'Meia-Noite'.

Adubação com N e Mo em seis municípios

Os experimentos foram instalados nos municípios de Visconde do Rio Branco, Coimbra, Leopoldina, Viçosa, Ponte Nova e Ervália, na Zona da Mata de Minas Gerais. Nos quatro primeiros locais, eles foram realizados no outono-inverno; no penúltimo, no inverno-primavera; e, no último, no verão-outono. A análise das características da camada superficial (0-20 cm) dos solos encontra-se no quadro 2. Todos eram povoados por estirpes nativas de rizóbio.

Quadro 2. Características químicas e texturais de amostras superficiais (0-20 cm) dos solos utilizados no experimento de N e Mo, em seis municípios

Característica	Visconde do Rio Branco	Coimbra	Leopoldina	Viçosa	Ponte Nova	Ervália
pH em água (1:2,5)	6,3	5,4	5,3	5,7	5,8	5,0
P disponível ⁽¹⁾ (mg dm ⁻³)	14,2	0,7	9,9	40,0	7,7	5,1
K disponível ⁽¹⁾ (mg dm ⁻³)	112,0	9,0	20,0	98,0	78,0	35,0
Ca ²⁺ trocável (mmol _c dm ⁻³)	46,0	11,0	18,0	34,0	35,0	26,0
Mg ²⁺ trocável (mmol _c dm ⁻³)	8,0	4,0	6,0	4,0	7,0	5,0
Al ³⁺ trocável (mmol _c dm ⁻³)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0
Textura	argilosa	média	média	média	média	média

⁽¹⁾ Extrator: Mehlich-1.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com cinco repetições e os seguintes tratamentos, indicados pelas doses de N(em kg ha⁻¹) aplicadas no sulco de plantio (NP) e em cobertura (NC), e pela dose de Mo (em g ha⁻¹): 0NP-0NC-0Mo, 0NP-40NC-70Mo, 20NP-0NC-70Mo e 20NP-40NC-70Mo. Aumentou-se a dose de Mo, tendo em vista os resultados obtidos por Berger et al. (1996) e os resultados alcançados nos ensaios anteriormente descritos. O sulfato de amônio foi a fonte de N e o molibdato de sódio, a da Mo. O N em cobertura e o Mo nas folhas foram aplicados 25 dias após a emergência.

O preparo do solo, em Visconde do Rio Branco, Coimbra, Leopoldina e Viçosa, constou de uma aração e duas gradagens, mas em Ponte Nova e Ervália, em áreas de pequenos agricultores, foi utilizado apenas arado de tração animal, e os sulcos de plantio foram abertos manualmente, com enxada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeitos de N, Mo e rizóbio

Tanto em Visconde do Rio Branco como em Leopoldina, houve efeito significativo do N aplicado no sulco de plantio (NP), do N em cobertura (NC) e do Mo sobre a produtividade de grãos. A inoculação com rizóbio não teve efeito e nenhuma interação foi significativa (Quadro 3).

A presença do inoculante não favoreceu a produtividade porque as estirpes não foram eficientes na fixação de N ou porque seu efeito pode ter sido anulado pelas estirpes nativas do solo, presentes em todos os tratamentos. Como se notou boa nodulação nas raízes dos feijoeiros, acredita-se que a segunda hipótese seja a mais provável. Vieira (1994) já havia observado que, quando bem manejadas (boa adubação, irrigação, aplicação de Mo), as estirpes nativas podem ser bem eficientes.

Em Visconde do Rio Branco, o NP trouxe um incremento de produção de 38% em relação aos tratamentos sem NP, NC e Mo, enquanto, com o NC, esse aumento foi de 41% (Quadro 3). O efeito isolado do Mo foi mais pronunciado, pois promoveu um aumento de 105%. Em Leopoldina, esses incrementos foram de, respectivamente, 92, 72 e 131% (Quadro 3).

A maior produtividade em Visconde do Rio Branco, 2.868 kg ha⁻¹, foi alcançada com a combinação de NP, NC e Mo, ao passo que, em Leopoldina, o maior rendimento, 2.585 kg ha⁻¹, foi atingido com a combinação de NP e Mo. Em relação à testemunha (tratamento sem-0-0-0), essas produções máximas resultaram em aumentos de 229 e 362%, respectivamente.

A adubação nitrogenada em cobertura tem sido indicada quando o feijoeiro exibe pequeno crescimento e folhagem verde-amarelada, sintomas típicos de carência de N (Vieira, 1978). O presente estudo demonstrou que, quando se aplica NP e, mais tarde, Mo nas folhas, o NC pode ser dispensado, como ocorreu em Leopoldina, onde os tratamentos 20NP-0NC-20Mo e 20NP-30NC-20Mo produziram praticamente o mesmo (cerca de 2.500 kg ha⁻¹). Entretanto, em Visconde do Rio Branco, apesar de as plantas não exibirem sintomas de carência de N, o NC trouxe aumento adicional médio de cerca de 400 kg ha⁻¹ nos tratamentos 20NP-30NC-20Mo, quando comparados com os tratamentos 20NP-0NC-20Mo. Não se conseguiu explicar o porquê dessa diferença dos dois experimentos. De qualquer forma, os resultados apresentados comprovam que, quando não se emprega NP, o NC pode substituí-lo, pelo menos parcialmente.

O molibdênio sozinho trouxe incrementos de produtividade consideráveis, mas a associação N + Mo foi a que possibilitou os maiores rendimentos. Em Visconde do Rio Branco, os tratamentos N + Mo produziram, em média, 2.448 kg ha⁻¹, enquanto, nos tratamentos NP + NC sem Mo, a produtividade foi

Quadro 3. Resposta da cultura do feijão à inoculação com rizóbio e à adubação nitrogenada e molíbdica, nos experimentos de Visconde do Rio Branco e de Leopoldina

Inoculação	Nitrogênio no plantio	Nitrogênio em cobertura	Mo	V. Rio Branco		Leopoldina	
				Produção ⁽¹⁾	Produção ⁽¹⁾	Teor de N nas folhas ⁽²⁾	
		kg ha ⁻¹	g ha ⁻¹	kg ha ⁻¹		g kg ⁻¹	
Sem	0	0	0	871	560	28,2	
Sem	0	0	20	1.628	1.330	32,0	
Sem	0	30	0	1.174	980	35,1	
Sem	0	30	20	2.569	1.675	35,8	
Sem	20	0	0	1.098	1.100	32,4	
Sem	20	0	20	2.695	2.550	35,6	
Sem	20	30	0	1.807	2.350	40,6	
Sem	20	30	20	2.409	2.490	39,5	
Com	0	0	0	875	585	29,0	
Com	0	0	20	1.956	1.315	32,9	
Com	0	30	0	1.282	985	36,5	
Com	0	30	20	2.359	1.690	37,7	
Com	20	0	0	1.313	1.095	36,1	
Com	20	0	20	1.786	2.585	34,3	
Com	20	30	0	1.836	2.420	41,6	
Com	20	30	20	2.868	2.583	41,5	
Sem (média)				1.781	1.629	34,9	
Com (média)				1.784	1.652	36,2	
	0 (média)			1.589	1.140	33,4	
	20 (média)			1.976	2.141	37,7	
		0 (média)		1.528	1.390	32,6	
		30 (média)		2.038	1.891	38,5	
			0 (média)	1.282	1.259	34,9	
			20 (média)	2.284	2.022	36,2	
C.V. (%)				24,1	7,5	8,8	

⁽¹⁾ Houve efeito significativo ($P < 0,01$) do N no plantio, N em cobertura e do Mo; nenhuma interação foi significativa ($P > 0,05$).

⁽²⁾ Houve efeito significativo ($P < 0,01$) do N no plantio e do N em cobertura.

de 1.822 kg ha⁻¹, uma diferença de 34%. Em Leopoldina, esses rendimentos foram de, respectivamente, 2.262 e 2.385 kg ha⁻¹. O efeito favorável de N + Mo sobre o rendimento da cultura do feijão já havia sido demonstrado (Vieira et al., 1992; Amane et al., 1994).

Em Leopoldina, o teor foliar de N aumentou significativamente apenas com NP ou NC (Quadro 3). Sem esses fatores, o teor médio foi de 28,6 g kg⁻¹ enquanto com NP + NC foi de 41,1 g kg⁻¹, um acréscimo de 44%. Berger et al. (1996) encontraram efeito significativo do Mo sobre o teor de N nas folhas, com aumentos de 21 e 44%, em Viçosa e Coimbra, respectivamente.

Efeitos de doses de N e Mo

O efeito do NC sobre a produtividade de grãos (Quadro 4) foi linear, ao passo que o do Mo foi

quadrático ($\hat{Y} = 1.123 + 15,726^{**}Mo - 0,077^{**}Mo^2 + 7,557^{**}N - 0,051^{**}NMo$; $R^2 = 0,84$). A quantidade de micronutriente necessária para a obtenção do rendimento máximo variou de acordo com a dose de N. Quando o NC não foi empregado, a produtividade máxima foi obtida com 102 g ha⁻¹ de Mo; com 30 kg ha⁻¹ de NC, a dose de Mo necessária para o rendimento máximo foi de 92 g ha⁻¹; com 60 kg ha⁻¹ de NC, de 82 g ha⁻¹ de Mo; e quando se usou a dose de 90 kg ha⁻¹ de NC, a dose de Mo baixou para 72 g ha⁻¹. Esses resultados concordam com os de Berger et al. (1996), que obtiveram, em Viçosa e Coimbra, a produção máxima com 80-90 g ha⁻¹ de Mo e 600 kg ha⁻¹ da fórmula 4-14-8 no sulco de plantio. Em Lavras, sul de Minas Gerais, Rodrigues et al. (1996) conseguiram a produção máxima de feijão com 76 a 81 g ha⁻¹ de Mo, mas não mencionam se utilizaram N na adubação. A produtividade máxima estimada (2.206 kg ha⁻¹) seria obtida com

Quadro 4. Resposta da cultura do feijão a doses crescentes de N e Mo, em Coimbra

N	Mo	Produção	Teor de N nas folhas
kg ha ⁻¹	g ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹
0	0	868	25,7 ^{2,3}
0	40	1.678 ^{1,2}	41,1 ¹
0	80	1.838 ^{1,2}	45,1 ^{1,2}
0	120	1.905 ^{1,2}	44,9 ^{1,2}
30	0	1.475 ^{1,2}	29,8 ³
30	40	1.955 ^{1,2}	42,8 ¹
30	80	2.138 ^{1,2,3}	42,6 ¹
30	120	1.863 ^{1,2}	42,0 ¹
60	0	1.760 ^{1,2}	38,4 ¹
60	40	1.995 ^{1,2}	39,6 ¹
60	80	1.978 ^{1,2}	42,5 ¹
60	120	2.003 ^{1,2}	41,8 ¹
90	0	1.725 ^{1,2}	37,6 ¹
90	40	1.960 ^{1,2}	40,9 ¹
90	80	2.160 ^{1,2,3}	40,6 ¹
90	120	2.140 ^{1,2,3}	41,1 ¹
0*	0	440 c***	23,4 b***
0*	80	915 b	37,6 a
60*	80	1.643 a	39,1 a
0 (média**)		1.572	39,2
30 (média)		1.858	39,3
60 (média**)		1.934	40,6
90 (média)		1.996	40,1
	0 (média**)	1.457	32,9
	40 (média)	1.897	41,1
	80 (média**)	2.028	42,7
	120 (média)	1.978	42,5
C.V. (%)		14,9	8,4

*Tratamentos adicionais que não receberam 20 kg ha⁻¹ de N no sulco de plantio. **Não incluindo os tratamentos adicionais.

***Letra diferente indica diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

^{1,2,3} Médias seguidas por estes números diferem, significativamente, pelo teste de Dunnett (5%), dos adicionais 0-0, 0-80 e 60-80, respectivamente.

90 kg ha⁻¹ de NC + 72 g ha⁻¹ de Mo (além dos 20 kg ha⁻¹ de NP).

Os tratamentos adicionais revelaram que a aplicação de somente 20 kg ha⁻¹ de N no sulco de plantio aumentou a produtividade em 97% (Quadro 4). Sem esse N, a aplicação de 80 g ha⁻¹ de Mo aumentou o rendimento em 108%. Juntas, as duas aplicações trouxeram um aumento de 318% no rendimento de feijão, evidenciando a importância do uso de N no sulco de plantio.

O efeito do NC sobre o teor de N nas folhas foi linear, enquanto o do Mo foi quadrático $\hat{y} = 2,86 + 0,0301**Mo - 0,00013**Mo^2 + 0,0101**N - 0,00051*NMo$; $R^2 = 0,85$). Quando o NC não foi empregado, o teor máximo de N nas folhas foi obtido com 119 g ha⁻¹ de Mo; com 30 kg ha⁻¹ de NC, a dose de Mo necessária para atingir esse máximo foi de 100 g ha⁻¹; com 60 kg ha⁻¹ de NC, foi de 81 g ha⁻¹ de Mo; e com 90 kg ha⁻¹ de NC, foi de 65 g ha⁻¹ de Mo.

Quanto a esse aspecto, houve certa concordância com os dados referentes à produção. Portanto, apenas 20 kg ha⁻¹ de NP combinados com 119 g ha⁻¹ de Mo permitiram o teor máximo de N nas folhas.

Os tratamentos adicionais mostraram que, sem NP, NC e Mo, o teor de N nas folhas atingiu apenas 23,4 g kg⁻¹ (Quadro 4). Com a aplicação isolada de 80 g ha⁻¹ de Mo, o teor de N passou para 37,6 g kg⁻¹, ou seja, houve um incremento de 61%; esta dose do micronutriente mais 60 kg ha⁻¹ de NC proporcionaram um incremento um pouco maior: 67%. De novo, constata-se a importância do NP, pois, com ele, o Mo teve efeito apreciável no teor de N nas folhas.

Adubação com N e Mo em seis municípios

Em todos os municípios, os rendimentos obtidos com os tratamentos 20NP-0NC-70Mo e 20NP-40NC-70Mo não diferiram significativamente (Quadro 5). Em três municípios (Visconde do Rio Branco, Viçosa

Quadro 5. Resposta da cultura do feijão a doses crescentes de N e Mo em seis municípios da Zona da Mata de Minas Gerais⁽¹⁾

Adubação NP-NC-Mo	Visconde do Rio Branco	Coimbra	Leopoldina	Viçosa	Ponte Nova	Ervália
Produtividade em kg ha ⁻¹						
0-0-0	1.064 b	602 c	742 c	776 b	428 b	415 c
0-40-70	1.894 ab	1.964 b	1.796 b	1.794 a	832 a	1.021 b
20-0-70	2.068 a	2.190 a	2.244 a	2.058 a	950 a	1.123 ab
20-40-70	2.114 a	2.318 a	2.286 a	2.136 a	1.112 a	1.344 a
C.V. (%)	29,0	6,3	8,7	14,4	19,1	13,5
Teor de N nas folhas em g kg ⁻¹						
0-0-0	20,6 b	17,8 b	19,2 c	26,0 b	18,6 c	19,7 b
0-40-70	30,9 a	23,5 ab	27,0 ab	32,6 a	22,0 b	28,4 a
20-0-70	26,4 a	20,8 b	24,6 b	32,8 a	22,4 b	27,5 a
20-40-70	31,8 a	24,4 a	30,5 a	34,6 a	25,4 a	31,5 a
C.V. (%)	11,1	9,0	10,2	6,7	6,0	10,5

⁽¹⁾ Em cada local, médias seguidas por, pelo menos, uma mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%. NP = N no sulco de plantio (kg ha⁻¹), NC=N em cobertura (kg ha⁻¹), Mo = molibdênio nas folhas (g ha⁻¹).

e Ponte Nova), o tratamento 20NP-40NC-70Mo também não diferiu significativamente do 0NP-40NC-70Mo. Os tratamentos com NP e Mo deram produções que foram 94 a 285% mais altas que as do 0NP-0NC-0Mo.

Nos tratamentos 20NP-40NC-70Mo e 20NP-0NC-70Mo, as plantas exibiram, desde o início, crescimento vigoroso e folhas verde-escuras, sobretudo no primeiro tratamento. No 0NP-40NC-70Mo, os feijoeiros apresentaram-se, inicialmente, com pouco crescimento e folhas verde-amareladas, recuperando-se com o NC e o Mo, embora sem atingir o crescimento das plantas dos tratamentos 20NP-40NC-70Mo e 20NP-0NC-70Mo. No 0NP-0NC-0Mo, os feijoeiros revelaram fraco crescimento e folhas verde-amareladas ou mesmo amareladas. Verifica-se, portanto, que, aplicando-se NP + Mo, não houve necessidade de NC, e que, em geral, o NC não substituiu a contento o NP.

Quanto ao teor de N nas folhas (Quadro 5), os tratamentos com NC proporcionaram as maiores médias, sem diferenças significativas, com uma exceção (Ponte Nova). Em três municípios, o tratamento 20NP-0NC-70Mo não diferiu, significativamente, do 20NP-40NC-70Mo. O tratamento 0NP-0NC-0Mo proporcionou sempre as menores médias. Comparando com os dados de produtividade, verifica-se que os maiores teores de N nas folhas nos tratamentos 0NP-40NC-70Mo nem sempre se traduziram em maiores produções; nesse aspecto, 20NP-0NC-70Mo sobressaiu, embora com teores foliares de N significativamente menores em alguns casos.

CONCLUSÕES

1. A inoculação com estirpes selecionadas de rizóbio não aumentou o rendimento do feijão.
2. A adubação com Mo foi essencial à cultura do feijão. Para as máximas produções, as doses de Mo variaram de 70 a 100 g ha⁻¹, sendo necessárias as maiores doses com as menores doses de N.
3. A adubação nitrogenada no sulco de plantio foi essencial e sua falta nem sempre foi compensada pela adubação nitrogenada em cobertura.
4. Na presença da adubação fosfatada e potássica, a combinação N + Mo trouxe aumentos de produção de feijão que variaram de 90 a mais de 200%.

LITERATURA CITADA

- 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. R. Ceres, 41:202-216, 1994.
- BERGER, P.G.; VIEIRA, C. & ARAÚJO, G.A.A. Efeitos de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura do feijão. Pesq. Agropec. Bras., 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. R. Ceres, 42:562-574, 1995.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Lavras, 1989. 159p.

- EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas. Princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.
- JACKSON, C.M. Soil chemical analyses. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1965. p.195-196.
- LINDNER, R.C. Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. *Plant Physiol.*, 19:76-89, 1944.
- RODRIGUES, J.R.M.; ANDRADE, M.J.B. & CARVALHO, J.G. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a doses de molibdênio aplicadas via foliar. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., Goiânia, 1996. Anais. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1996. p.76-78.
- SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. Biotecnologia do solo. Fundamentos e perspectivas. Brasília, Ministério da Educação, 1988. p.179-216.
- VIEIRA, C. Cultura do feijão. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1978. 146p.
- VIEIRA, C.; NOGUEIRA, A.O. & ARAÚJO, G.A.A. Adubação nitrogenada e molíbdica na cultura do feijão. *R. Agric.*, 67:117-124, 1992.
- VIEIRA, R.F. Aplicação foliar de molibdênio e seu efeito nas atividades da nitrogenase e redutase do nitrato no feijoeiro em campo. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1994. 188 p. (Tese de Doutorado)