

# Capacidade nodulatória e características agronômicas de feijoeiros comuns submetidos à adubação molíbdica parcelada e nitrogenada<sup>1</sup>

Nodular capability and agronomic characteristics of common bean plants subjected to fragmented molybdenum and nitrogen fertilization

Hermann Cruz de Albuquerque<sup>2</sup>, Rodinei Facco Pegoraro<sup>3\*</sup>, Neiva Maria Batista Vieira<sup>4</sup>, Ismael de Jesus Ferreira Amorim<sup>5</sup> e Marcos Koiti Kondo<sup>3</sup>

**Resumo** - Objetivou-se com o presente estudo avaliar a capacidade nodulatória e as características agronômicas de três cultivares de feijoeiros comuns submetidos ao parcelamento da adubação molíbdica e nitrogenada. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, no esquema fatorial 3 x 7, que correspondeu a três cultivares (Carioca precoce, Rosinha e Ouro Negro) e sete manejos da adubação molíbdica, com três repetições. A cultivar Ouro Negro apresentou maior número de nódulos e matéria seca da parte aérea quando comparada à cultivar Carioca precoce e Rosinha e, as cultivares Ouro Negro e Carioca obtiveram maior número de grãos por vagem, peso de 100 grãos e produtividade que a cultivar Rosinha após a adubação nitrogenada e molíbdica. A adubação nitrogenada reduziu a formação de nódulos nas cultivares Carioca precoce e Rosinha, mas elevou a maioria das características agronômicas e a produtividade em comparação à adubação molíbdica. No entanto, a aplicação parcelada de molibdênio entre os 15 e 30 dias após a emergência (DAE) influenciaram positivamente a formação de nódulos, o teor de nitrogênio foliar, o número de grãos por vagens, a massa de 100 grãos e a produtividade em comparação à aplicação molíbdica via semente ou ausência de adubação, para as três cultivares estudadas. Indicando que a adubação molíbdica via foliar é considerada imprescindível para o aumento da produtividade das cultivares de feijoeiro.

**Palavras-chave** - Feijão. Adubação nitrogenada. Adubação molíbdica.

**Abstract** - The aim of this study was to evaluate the nodular ability and agronomic characteristics of three cultivars of common bean plants subjected to fragmented fertilization with molybdenum and nitrogen. The experimental design was of randomized blocks in a 3 x 7 factorial scheme, corresponding to the three cultivars (Carioca precoce, Rosinha and Ouro negro), and seven molybdic fertilization schemes, with three replications. The Ouro Negro cultivar showed a higher number of nodules and shoot dry-matter compared to Carioca precoce and Rosinha, and the Carioca and Ouro Negro cultivars achieved the highest number of grains per pod, hundred-grain weight and yield, than the Rosinha cultivar after fertilization with molybdenum and nitrogen. Nitrogen fertilization reduced the formation of nodules in the Carioca precoce and Rosinha cultivars, but increased most agronomic characteristics and yield in comparison to molybdic fertilization. However, the fragmented application of molybdenum between 15 and 30 days after emergence (DAE), positively influenced the formation of nodules, leaf-nitrogen levels, the number of grains per pod, hundred-grain weight and yield, compared to molybdenum application by seed, or the absence of fertilization, for the three cultivars studied, indicating that molybdic foliar fertilization is considered essential for increasing the productivity of bean cultivars.

**Key words** - Bean. Nitrogen fertilization. Molybdc fertilization.

\* Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 20/10/2010; aprovado em 24/10/2011

Parte da Monografia de graduação em Agronomia e pesquisa realizada com recursos próprios dos autores

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias/Agroecologia, UFMG, Montes Claros-MG, Brasil, agrohermann@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES, Av. Reinaldo Viana, 2630, Bico da Pedra, Janaúba-MG, Brasil, 39.440-000, rodinei.pegoraro@unimontes.br, marcos.kondo@unimontes.br

<sup>4</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais-IFET, Machado-MG, Brasil, neivavieira2003@yahoo.com.br

<sup>5</sup>Graduando do curso de Agronomia/UNIMONTES, Janaúba-MG, Brasil, ism.amorim@yahoo.com.br

## Introdução

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão com 3,7 milhões de toneladas colhidas em 4,1 milhões de hectares, o que garante produtividade média de 900 kg ha<sup>-1</sup> segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2009). No entanto, devido ao diferenciado nível tecnológico adotado pelos produtores rurais, a produtividade ainda é considerada muito baixa. O município de Janaúba, cujo cultivo do feijoeiro é realizado, na sua grande maioria, por agricultores familiares descapitalizados, a produtividade média em 2007 foi de 471 kg ha<sup>-1</sup>, inferior a média nacional e da Região Norte de Minas Gerais, que obteve produtividade de 938 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2007). O menor rendimento de grãos observados na região de Janaúba pode estar associado à escassa e inadequada utilização de fertilizantes químicos, como o molibdênio e o nitrogênio, imprescindíveis para obtenção de nutrição equilibrada e boas produtividades.

A produtividade do feijoeiro está diretamente relacionada à sua nutrição nitrogenada (BARBOSA *et al.*, 2010), entretanto, trata-se de um elemento que se perde facilmente por lixiviação (SANGOI *et al.*, 2003), volatilização e desnitrificação no sistema solo-planta (FAGERIA; BALIGAR, 2005), necessitando assim, a busca de técnicas que possam maximizar sua eficiência de absorção pelas plantas. Neste sentido, estudos com bactérias simbióticas fixadoras de N<sub>2</sub> vêm sendo realizados na cultura do feijoeiro com o intuito de substituir, pelo menos parcialmente, a adubação nitrogenada na cultura (FERREIRA *et al.*, 2000; SILVA *et al.*, 2009).

A utilização de cultivares com elevada capacidade nodulatória e fixação biológica de nitrogênio, aliada à inoculação com rizóbios e aplicação de molibdênio, pode ser uma alternativa viável para estes sistemas menos favorecidos, pois o molibdênio é componente da nitrogenase, enzima relacionada à fixação do nitrogênio do ar pelos rizóbios, e da redutase do nitrato, indispensável para aproveitamento do nitrato absorvido pela planta (ZIMMER; MENDEL, 1999).

Estudos conduzidos por Ascoli *et al.* (2008) em Mato Grosso do Sul e, por Calonejo *et al.* (2010) em São Paulo, indicaram que a aplicação de molibdênio via foliar dos 14 a 25 DAE aumenta a produção e o teor de nitrogênio nas folhas. Sendo a aplicação foliar com molibdênio, considerada a alternativa mais eficaz no aumento da FBN e da absorção de nitrogênio pela cultura (FERNANDES *et al.*, 2005), em detrimento da aplicação via sementes. No entanto, Araújo *et al.* (2007) verificaram que a adição de Mo via semente na cultivar de feijão carioca apresentou boa resposta à inoculação, demonstrando bons índices de nodulação e produtividade.

Em virtude de tais resultados descritos em literatura, verifica-se a necessidade de realização de estudos que definam as melhores épocas e o efeito do parcelamento da adubação molibídica e da adubação nitrogenada na FBN, na absorção de nitrogênio e na produtividade da cultura do feijoeiro na Região Norte do Estado de Minas Gerais. Neste sentido, objetivou-se com o presente estudo avaliar a capacidade nodulatória, as características agrônômicas e a produtividade de três cultivares de feijoeiros comuns submetidas ao parcelamento da adubação molibídica e a adubação nitrogenada mineral após inoculação de semente com *Rhizobium tropici*.

## Material e métodos

O trabalho foi conduzido na fazenda experimental da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), localizada no município de Janaúba, Estado de Minas Gerais, em Latossolo vermelho-amarelo distrófico. Foram coletadas amostras da camada de 0-20 cm de profundidade, dois meses antes da implantação da cultura, para sua caracterização química e granulométrica (TAB.1). Nesta mesma época, foi feita a correção do solo de acordo com Chagas *et al.*, (1999), utilizando calcário dolomítico, distribuído manualmente e incorporado mecanicamente com arado de discos a uma profundidade de 20 cm.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 7, com três repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de três cultivares (Carioca precoce, Rosinha e Ouro Negro) e sete manejos da adubação molibídica (T1 - dose total de molibdênio aplicada na semente; T2 - ½ da dose de molibdênio na semente e ½ com 15 DAE; T3 - dose total de molibdênio 15 DAE; T4 - ½ da dose de molibdênio 15 DAE e ½ com 30 DAE; T5 - ⅓ da dose de molibdênio na semente, ⅓ com 15 DAE e ⅓ com 30 DAE; T6 - ausência de adubação molibídica e T7 - ausência de inoculação e adubação molibídica e presença de adubação nitrogenada mineral na dose de 42 kg ha<sup>-1</sup>, parcelada na semente com 20 kg ha<sup>-1</sup> e, em cobertura no estágio V3-V4, com a adição de 22 kg ha<sup>-1</sup>).

Cada parcela experimental constituía-se por cinco linhas de quatro metros de comprimento e espaçamento de 0,50 m resultando em uma área de 10 m<sup>2</sup>. Duas linhas centrais foram utilizadas para avaliação dos componentes da produção e teor de nitrogênio, sendo na linha central restante avaliada a nodulação das plantas e matéria seca da parte aérea. As linhas laterais restantes foram consideradas bordaduras e utilizadas apenas para isolar o efeito dos tratamentos das parcelas vizinhas.

**Tabela 1** - Características químicas e físicas de amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico da área de cultivo das três cultivares de feijoeiro na Região de Janaúba, MG

Amostra	<sup>1</sup> pH	<sup>2</sup> MO	<sup>3</sup> P	<sup>3</sup> K	<sup>4</sup> Ca <sup>2+</sup>	<sup>4</sup> Mg <sup>2+</sup>	<sup>5</sup> H+Al	<sup>6</sup> B	<sup>3</sup> Cu	<sup>3</sup> Fe	<sup>3</sup> Mn	<sup>3</sup> Zn	Areia	Silte	Argila
		dag kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				mg dm <sup>-3</sup>					%
0-20 cm	4,6	1,4	4,5	91,0	1,8	0,2	3,0	0,4	0,9	19,5	6,9	1,2	65	20	15

<sup>1</sup>, pH em H<sub>2</sub>O; <sup>2</sup>, Walkley & Black; <sup>3</sup>, Extrator: Mehlich 1; <sup>4</sup>, Extrator: KCl - 1 mol L<sup>-1</sup>; <sup>5</sup>, Extrator: Acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> - pH 7,0; <sup>6</sup>, Extrator: BaCl<sub>2</sub>

A dose total de molibdênio utilizada para compor os tratamentos foi de 60 g ha<sup>-1</sup>, correspondendo a uma aplicação de 154 gramas de molibdato de sódio por hectare.

No preparo convencional de plantio foram realizadas operações com arado, grade niveladora e sulcador mantendo uma distancia de 0,50 m entre sulcos recomendada tecnicamente para esta cultura, quando o solo apresentou umidade adequada, evitando assim a sua compactação ou pulverização.

Com base nos resultados da análise química e física do solo foram calculadas as quantidades de adubos a serem aplicadas. A adubação molíbdica foi realizada através da aplicação de molibdato de sódio via sementes e a adubação de plantio constou da aplicação de fósforo e potássio em todos os tratamentos. Apenas o T7 recebeu nitrogênio no plantio. A adubação de semeadura foi realizada manualmente no sulco de plantio e os adubos foram cobertos e misturados a uma porção de terra, evitando assim o contato direto com as sementes e os possíveis danos causados pelos fosfatos, cloretos e nitratos. Os tratamentos: T3, T4, T6, e T7 não receberam adubação molíbdica via sementes. As

fontes de nitrogênio, fósforo, potássio e molibdênio e as quantidades utilizadas na semeadura foram respectivamente: 45,5 kg ha<sup>-1</sup> de uréia; 389 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples; 34,5 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio e 154 g ha<sup>-1</sup> de molibdato de sódio.

A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada no T7 quando as plantas atingiram o estágio V3-V4, ou seja, quando apresentaram a primeira ou terceira folha trifoliolada. A adubação molíbdica via foliar foi ministrada em todos os tratamentos, exceto: T1, T6 e T7. As pulverizações para o fornecimento de molibdênio foram realizadas nas épocas definidas, por meio de um pulverizador costal. Para determinar a quantidade da solução com o micronutriente a ser aplicada por parcela, foi realizado um teste em branco com o pulverizador costal em uma área de 10 m<sup>2</sup>. As quantidades e fontes de nitrogênio e molibdênio utilizadas em cobertura foram respectivamente: 45,5 kg ha<sup>-1</sup> de uréia e 154 g ha<sup>-1</sup> de molibdato de sódio.

Na semeadura foram utilizadas sementes das cultivares de feijão Carioca precoce, Rosinha e Ouro Negro, apresentado estas as características presentes na (TAB. 2).

**Tabela 2** - Características agrônômicas das cultivares Carioca, Rosinha e Ouro Negro utilizadas na condução do estudo na Região Norte do Estado de Minas Gerais

Características	-----Cultivares-----		
	Carioca	Rosinha	Ouro Negro
Tipo de grão	Carioca <sup>1</sup>	Rosinha <sup>3</sup>	Preto <sup>1</sup>
Peso Médio de 100 sementes(g)	20-25 <sup>1</sup>	26 <sup>3</sup>	20-24 <sup>1</sup>
Hábito de crescimento	Determinado Tipo II <sup>1</sup>	S <sup>2</sup>	Determinado II <sup>1</sup>
Ciclo (dias)	Precoce	93 <sup>3</sup>	Normal <sup>1</sup>
Porte	S <sup>2</sup>	Semi-ereto	Semi-ereto <sup>1</sup>
Resistência a doenças	S <sup>2</sup>	mc, f, a <sup>3</sup>	cbc, mc <sup>1</sup>

<sup>1</sup> (RAMALHO; ABREU, 2006), S<sup>2</sup> = Sem descrição, <sup>3</sup> (FARIA et al., 2002), mc = mosaico comum, f= ferrugem, a= antracnose, cbc = crestamento bacteriano comum

Com exceção do T7, as sementes foram inoculadas com estirpes da bactéria *Rhizobium tropici* - SEMIA 4088, utilizando uma solução açucarada a 10%, segundo Araújo *et al.* (2007). Foram utilizadas 15 sementes por metro linear, dispostas a uma profundidade de 4-5 cm.

O controle de plantas daninhas foi efetuado por meio de capinas manuais durante todo o período crítico de competição entre o feijoeiro e as plantas invasoras. Os tratamentos fitossanitários foram realizados à medida que pragas ou doenças atingiam os seus níveis de controle.

Na época do florescimento, aproximadamente em 38 a 45 dias após o plantio, foram avaliadas a capacidade nodulatória, teores de nitrogênio foliar e matéria seca da parte aérea. Para a avaliação do número de nódulos e matéria seca da parte aérea foram amostradas as plantas da linha central de cada parcela, onde primeiramente, foi retirada a parte aérea por meio do corte do caule a uma altura de 3 cm em relação ao solo, objetivando posteriormente facilitar a retirada do sistema radicular com o auxílio de um enxadão, sem que ocorresse danos aos nódulos e sua perda durante as operações. O material da parte aérea foi acondicionado em sacos de papel e secos em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até atingir massa constante ( $\pm 72$  horas). Após coleta de campo, as raízes foram lavadas cuidadosamente em água corrente sobre uma peneira e os nódulos separados e contados. Para análise do teor foliar de nitrogênio na fase de florescimento (estádio fenológico R6) da cultura foram amostradas folhas das plantas coletadas anteriormente, lavadas em água destilada, secas em estufa a 65 °C por 72 horas e moídas em moinho tipo Wiley. A determinação do teor de nitrogênio foliar foi por meio de destilação após digestão sulfúrica (BATAGLIA *et al.*, 1983).

No período da colheita, foram coletadas as duas linhas centrais de produção de cada parcela, com o

intuito de avaliar os seguintes componentes: número de vagens por planta, número de sementes por vagem, massa de 100 sementes e produtividade (rendimento de grãos por hectare).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e nos casos de significância do teste F, as diferenças entre cultivares e entre tratamentos foram comparadas pelo teste Scott-Knott com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

## Resultados e discussão

Os tratamentos empregados influenciaram significativamente ( $p \leq 0,05$ ) a maioria das características avaliadas, sendo observada interação entre cultivar e manejos da adubação molíbdica e nitrogenada para as variáveis: matéria seca da parte aérea (MSPA); número de nódulos (NN) e número de vagens por planta (NVP) e, não significativa ( $p > 0,05$ ) naquelas variáveis, número de grãos por vagem (NGP); peso de 100 grãos (PG); rendimento de grãos (REND); teor de nitrogênio (TN) (TAB. 3). Estas últimas variáveis apresentaram efeito significativo para épocas de adubação molíbdica e/ou cultivares; somente a variável teor de nitrogênio não apresentou diferença significativa entre cultivares.

O feijoeiro Ouro Negro destacou-se das demais cultivares estudadas quanto ao número de nódulos por planta, com média entre tratamentos de 47, enquanto a cultivar Rosinha apresentou valores médios de 24 (TAB. 4). Tais resultados podem ser justificados pelo maior potencial genético nodulatório e fixação biológica de nitrogênio da cultivar Ouro Negro, outra justificativa a ser destacada é a existência de expressiva variabilidade entre os cultivares, assim como entre genótipos selvagens de *Phaseolus*

**Tabela 3** - Resumo da análise de variância para número de nódulos (NN), número de vagens por planta (NVP), matéria seca da parte aérea (MSPA), teor de nitrogênio (TN), número de grãos por vagem (NGV), peso de 100 grãos (PG), rendimento de grãos (PROD) e para as cultivares Carioca Precoce, Rosinha e Ouro Negro submetidas ao manejo da adubação molíbdica (Manejo)

FV	GL	-----Quadrado médio-----						
		NN	NVP	MSPA	TN	NGV	PG	PROD
Bloco	2	12,28 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	2,40*	0,24 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	2705,92 <sup>ns</sup>
Cultivar (C)	2	2847,51**	8,49**	119,48**	0,19 <sup>ns</sup>	2,67**	115,49**	65228,20**
Manejo (M)	6	125,49**	7,71**	51,03**	1,52**	0,44**	17,16**	35943,73**
C versus M	12	10,66**	4,16**	2,09**	0,16 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	272,26 <sup>ns</sup>
Erro	40	4,54	0,13	0,67	0,09	0,06	1,00	1094,30
CV(%)		6,26	7,40	11,10	15,68	15,10	4,90	6,28

\*\* , \* e <sup>ns</sup> - Significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente. CV (%) = Coeficiente de variação em porcentagem

*vulgaris* L. (STOCCO *et al.*, 2008) quanto ao número de nódulos e precocidade da nodulação (HERRIDGE; DANSO, 1995).

Após a adubação molíbdica parcelada ou nitrogenada, observou-se que os tratamentos T3- adição de molibdênio 15 DAE da cultura, T4-adição de molibdênio parcelado com ½ aos 15 DAE e ½ aos 30 DAE e o T5- adição de molibdênio parcelado com ⅓ na sem, ⅓ aos 15 DAE e ⅓ aos 30 DAE (T5) propiciaram maior número de nódulos por planta para as cultivares Carioca Precoce e Rosinha, quando comparado aos demais tratamentos (TAB. 4). Tais resultados evidenciam que a adubação molíbdica parcelada via foliar apresenta maior eficiência na nodulação do feijoeiro quando comparado à adubação via semente (T1) e a ausência da adubação (T6). No entanto, Fullin *et al.* (1999) após adição de 20 g ha<sup>-1</sup> de Mo via solo na semeadura ou foliar, não obtiveram diferença significativa no número de nódulos para a cultivar Goytacazes quando comparados à dose zero de Mo, no município de Linhares, ES e, Guareschi e Perin (2009) também não observaram aumento na nodulação de plantas após a adição de doses de Mo, 10 dias após a emergência da cultivar de feijoeiro Carioca Pérola em Campus Rio Verde, GO.

Para a cultivar Ouro Negro não observou-se diferença de número de nódulos entre os tratamentos testados (T1 a T7). Este resultado pode estar associado à elevada capacidade nodulatória da cultura, uma vez que a cultivar Ouro Negro foi selecionada geneticamente por apresentar tal característica. Mesmo com a adição de nitrogênio não obteve redução no número de nódulos

para esta cultura. Resultado semelhante foi encontrado por Hungria *et al.* (2000) por não observarem diferenças significativas no número de nódulos de feijoeiros inoculados com rizóbios eficientes e plantas supridas com nitrogênio mineral.

A adubação nitrogenada com 42 kg ha<sup>-1</sup> (T7) promoveu maior redução do número de nódulos nas cultivares Carioca precoce e Rosinha, entretanto, a aplicação de molibdênio via sementes no tratamento (T1) e a sua ausência no tratamento (T6) também proporcionaram a formação de menor número de nódulos (TAB. 6). O que pode ser justificado pelo efeito antagônico da adubação nitrogenada e molíbdica via semente em relação à simbiose existente entre planta-hospedeiro, responsável para formação de nódulos na cultura do feijoeiro. Segundo Hungria *et al.* (2001), a aplicação de formas salinas ou formulações inadequadas de adubos via semente pode afetar drasticamente a sobrevivência da bactéria, a nodulação e a eficiência da fixação do N<sub>2</sub> na cultura da soja, sendo a aplicação foliar, uma das melhores alternativas para este problema.

No tratamento T7, sem adição de inoculante, também foi observada a presença de nódulos, principalmente na cultivar Ouro Negro, o que evidencia a presença de estirpes nativas no solo, no entanto, este tratamento (T7) apresentou menor número de nódulos que nos tratamentos que levaram inoculação para as cultivares Carioca e Rosinha, revelando a superioridade da estirpe inoculada sobre a estirpe nativa. Outros estudos realizados por Pelegrin *et al.* (2009), em solos do Mato Grosso do Sul, também indicaram nodulação superior nas plantas

**Tabela 4** - Número de nódulos, número de vagens e massa de matéria seca da parte aérea para as cultivares Carioca Precoce, Rosinha e Ouro Negro submetidas aos tratamentos: parcelamento da adubação molíbdica e adubação nitrogenada

Trat.	Número de nódulos			Número de vagens			Massa de matéria seca		
	Carioca	Rosinha	Negro	Carioca	Rosinha	Negro	Carioca	Rosinha	Negro
	Nódulos/ plantas			Vagens/planta			g/planta		
T1	28,8 cB	23,1 bC	46,9 aA	4,6 cA	3,9 cB	4,4 cA	5,6 cB	3,9 dC	8,3 cA
T2	32,5 bB	23,1 bC	46,8 aA	4,7 cA	4,0 cB	4,6 cA	5,8 cB	5,0 cB	8,7 cA
T3	36,7 aB	30,5 aC	48,6 aA	5,7 bA	4,7 bB	5,4 bA	7,4 bB	6,9 bB	10,5 bA
T4	35,3 aB	28,1 aC	48,3 aA	5,6 bA	4,6 bB	5,3 bA	7,0 bB	5,6 cC	10,3 bA
T5	32,0 bB	26,4 aC	48,1 aA	4,6 cA	3,9 cB	4,5 cA	5,4 cB	4,1 dB	9,1 cA
T6	27,9 cB	23,2 bC	46,3 aA	4,7 cA	3,8 cB	4,4 cA	4,6 cB	3,4 dB	6,5 dA
T7	23,1 dB	15,2 cC	43,2 aA	7,8 aA	5,8 aC	6,9 aB	11,6 aB	8,3 aC	16,4 aA
Média	30,9	24,2	46,8	4,7	4,4	5,0	6,7	5,3	9,9

T1: Total da adubação molíbdica na semeadura\*, T2: ½ na semeadura e ½ com 15 DAE\*, T3: Total 15 DAE\*, T4: ½ com 15 DAE e ½ com 30 DAE\*, T5: ⅓ na sem, ⅓ com 15 DAE e ⅓ com 30 DAE\*, T6: S/ molibdênio\* e T7: C/ nitrogênio, S/ molibdênio e S/ inoculante. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas (Cultivares) ou minúsculas nas colunas (Tratamentos) para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott no nível de 5%; \*= sementes inoculadas

inoculadas com estirpes de rizóbios eficientes (CIAT 899 e PRF 81), quando comparadas com plantas noduladas com os rizóbios nativos.

A adição de nitrogênio inorgânico na forma de uréia (T7) aumentou a matéria seca da parte aérea das três cultivares avaliadas, entretanto, foram encontrados resultados positivos na produção de matéria seca com adição de molibdênio 15 DAE (T3) e/ou parcelada ½ com 15 DAE e ½ com 30 DAE (T4) para as cultivares Ouro Negro e Carioca e, no tratamento T3, para a cultivar Rosinha, principalmente quando comparados ao tratamento T1-Total da adubação molíbdica na sementeira (TAB. 4), indicando que a aplicação foliar e parcelada de Mo implicou em maior produção de matéria na cultura do feijoeiro que a aplicação via semente. O aumento na produção de matéria seca após aplicação foliar de molibdênio pode estar relacionado à maior eficiência na absorção e metabolismo do nitrogênio na cultura, pois o molibdênio participa do metabolismo como componente da nitrogenase, enzima relacionada à fixação do nitrogênio do ar pelos rizóbios, e da redutase do nitrato, indispensável para aproveitamento do nitrato absorvido pela planta (ZIMMER; MENDEL, 1999).

A adição de nitrogênio também promoveu o maior número de vagens por planta em comparação aos tratamentos com ou sem o parcelamento da adubação com molibdênio (TAB. 4), concordando assim com os resultados obtidos por Vieira *et al.* (2000), onde o número de vagens por planta foi influenciado positivamente pela presença de nitrogênio. No entanto, em nosso estudo, verificou-se que a aplicação foliar de molibdênio em dose única 15 DAE (T3) ou parcelada com ½ aos 15 DAE e ½ aos 30 DAE (T4), proporcionaram aumento no número de vagens por planta para as três cultivares, quando comparado a testemunha (T6 - sem adição de molibdênio) e a adição de molibdênio via semente (T1).

Nesse contexto, apesar do maior número de vagens ter ocorrido com a adição de nitrogênio (T7), a adubação molíbdica pode substituir em parte a adubação nitrogenada de cobertura, por aumentar o número de vagens no feijoeiro quando aplicado na época mais adequada. A nutrição mineral de plantas com molibdênio pode favorecer a assimilação do nitrogênio atmosférico e, aumentar a quantidade de nitrogênio total na parte aérea das plantas, assim como o número de vagens, grãos e a massa de grãos apresentando ainda potencial para aumentar o rendimento da cultura (KUSDRA, 2003).

As cultivares Ouro Negro e Carioca Precoce apresentaram maior número de grãos por vagem, peso de 100 grãos e produtividade que a cultivar Rosinha (TAB. 5), indicando maior capacidade produtiva das cultivares Ouro Negro e Carioca Precoce para as

condições edafoclimáticas da região Norte do Estado de Minas Gerais. Outra justificativa para tais resultados foi atribuída ao melhor desempenho das cultivares Ouro Negro e Carioca quanto aos componentes de produção: número de nódulos e vagens por planta e, produções de massa de matéria seca, em virtude do manejo da adubação molíbdica e nitrogenada (TAB. 4), implicando em maior produtividade, conforme demonstrado na Tabela 5.

**Tabela 5** - Número de grãos por vagem, peso de 100 grãos e produtividade para as cultivares Carioca Precoce, Rosinha e Ouro Negro após a aplicação parcelada de molibdênio e a adubação nitrogenada na Região Norte do Estado de Minas Gerais

Cultivares	Grãos por vagem	Peso de 100 grãos	Produtividade
		g	kg ha <sup>-1</sup>
Carioca Precoce	4,3 a	21,0 b	548 a
Rosinha	3,6 b	17,7 c	463 b
Ouro Negro	4,2 a	22,2 a	568 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna (Cultivar) para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott no nível de 5%

Para o teor de nitrogênio foliar, observou-se diferença significativa apenas entre as épocas de parcelamento da adubação molíbdica e a adubação nitrogenada (TAB. 6). O teor médio de nitrogênio para as três cultivares foi de 1,93 dag kg<sup>-1</sup> e a adição de 42 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (T7) promoveu o maior aumento no teor de nitrogênio foliar entre os tratamentos testados (2,7 dag kg<sup>-1</sup>), no entanto observou-se que a adubação molíbdica na dose total 15 DAE (T3) e o parcelamento com ½ aos 15 DAE e ½ aos 30 DAE (T4) tiveram influência positiva elevando os teores de nitrogênio foliar (TAB. 6). Tais resultados corroboram com aqueles obtidos por Berger *et al.* (1996), que encontraram aumento no teor foliar de nitrogênio e na produção de grãos após a adição de até 90 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio via foliar, parcelados no período de 14 a 25 DAE.

Os maiores incrementos para as variáveis agrônomicas: número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade foram observados com a adubação nitrogenada (T7), seguido pelos tratamentos T3 e T4, que constituíram aplicação parcelada de molibdênio via foliar, entre os 15 e 30 DAE (TAB. 6). O parcelamento do molibdênio com três aplicações, sendo a primeira adubação antes dos 15 DAE implicou em menor resposta das três variáveis agrônomicas à adubação molíbdica. Tais resultados indicam que a adubação nitrogenada via solo

**Tabela 6** - Teor de nitrogênio foliar, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade da cultura do feijoeiro (média das três cultivares) após a aplicação parcelada de molibdênio e a adubação nitrogenada na Região Norte do Estado de Minas Gerais

Tratamentos	Nitrogênio	Número de Grãos	Massa 100 grãos	Produtividade
	dag kg <sup>-1</sup>	Grãos/vagem	g/100 grãos	kg ha <sup>-1</sup>
T1	1,65 c	3,8 b	19,0 c	478,7 c
T2	1,74 c	3,9 b	19,3 c	486,7 c
T3	2,1 b	4,3 a	21,0 b	538,5 b
T4	2,0 b	4,2 a	20,9 b	533,1 b
T5	1,7 c	4,0 b	19,8 c	523,2 b
T6	1,5 c	3,8 b	19,2 c	471,7 c
T7	2,7 a	4,3 a	22,9 a	656,5 a

T1: Total da adubação molíbdica na semeadura\*, T2: ½ na semeadura e ½ com 15 DAE\*, T3: Total 15 DAE\*, T4: ½ com 15 DAE e ½ com 30 DAE\*, T5: ½ na sem, ½ com 15 DAE e ½ com 30 DAE\*, T6: S/ molibdênio\* e T7: C/ nitrogênio, S/ molibdênio e S/ Inoculante. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna (Tratamentos) para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott no nível de 5%; \*= sementes inoculadas

com ½ da dose recomendada no plantio e ½ em cobertura, ou a adubação molíbdica via foliar, entre os 15 e 30 DAE para cultura do feijoeiro são consideradas imprescindíveis. Estudos conduzidos por Calonego *et al.* (2010) e Berger *et al.* (1996) mostraram que a utilização de 80 ou até 90 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio aplicado via foliar, 14 a 25 DAE aumentou a produção e o teor de nitrogênio nas folhas. Também, Jesus Júnior *et al.* (2004) e Pessoa *et al.* (2000), aumentaram a produtividade do feijoeiro, respectivamente, em 51 e 1.420 kg ha<sup>-1</sup> com a adição de, aproximadamente 80 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio via foliar 25 DAE.

Ainda, segundo Berger *et al.* (1996), a dose foliar de 78 g ha<sup>-1</sup> aplicada entre 14 a 28 dias após a emergência do feijoeiro mais a adição de 24 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na semeadura (600 kg ha<sup>-1</sup> do NPK 4-14-8), proporcionou a maior produtividade de grãos (1.682 kg ha<sup>-1</sup>). Recomendando-se para os Estado de Minas Gerais e, principalmente nos níveis de tecnologia mais baixos, a inoculação com rizóbio e a aplicação foliar de 60 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio entre 15 e 25 DAE na cultura do feijoeiro (CHAGAS *et al.*, 1999).

## Conclusões

1. A cultivar Ouro Negro apresenta maior número de nódulos e matéria seca da parte aérea quando comparada às cultivares Carioca precoce e Rosinha e, as cultivares Ouro Negro e Carioca obtêm maior número de grãos por vagem, peso de 100 grãos e produtividade que a cultivar Rosinha para as condições avaliadas, de adubação nitrogenada e molíbdica;
2. A adubação molíbdica parcelada via foliar apresenta maior eficiência na nodulação do feijoeiro quando

comparado à adubação via semente e a ausência da adubação, principalmente para as cultivares Ouro Negro e Carioca Precoce;

3. A adubação nitrogenada, na dose de 42 kg ha<sup>-1</sup>, reduz a formação de nódulos nas cultivares Carioca precoce e Rosinha, mas aumenta o número de vagens por planta, a massa de matéria seca, o teor foliar de nitrogênio, a massa de 100 grãos e a produtividade da cultura em comparação aos tratamentos que foram adubados somente com molibdênio via semente ou foliar;
4. A aplicação parcelada de molibdênio na dose de 60 g ha<sup>-1</sup>, entre os 15 e 30 dias após a emergência (DAE) do feijoeiro incrementa a formação de nódulos, o teor de nitrogênio foliar, o número de grãos por vagens, a massa de 100 grãos e a produtividade em comparação à aplicação molíbdica via semente ou a sua ausência da adubação para as três cultivares estudadas. Indicando que a adubação molíbdica via foliar é considerada imprescindível para o aumento da produtividade do feijoeiro.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG pela concessão de Bolsa de Incentivo a Pesquisa e ao Desenvolvimento Tecnológico (BIPDT).

## Referências

ARAÚJO, F. F. *et al.* Fixação biológica de N<sub>2</sub> no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 29, n. 04, p. 535-540, 2007.

- ASCOLI, A. A. *et al.* Aplicação foliar de molibdênio, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro irrigado. **Bragantia**, v. 67, n. 02, p. 377-384, 2008.
- BARBOSA, G. F. *et al.* Nitrogênio em cobertura e molibdênio foliar no feijoeiro de inverno. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 01, p. 117-123, 2010.
- BATAGLIA, O. C. *et al.* **Métodos de análises químicas de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48 p. (Boletim, 78)
- 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**, v. 31, n. 07, p. 473-80, 1996.
- CALONEGO, J. C. *et al.* Adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro com suplementação de molibdênio via foliar. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 03, p. 334-340, 2010.
- CHAGAS, J. M. *et al.* Sugestões de adubação para grandes culturas anuais ou perene. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 306-307.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Banco de dados agregados**. 2009. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 28 maio 2009.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, v. 88, n.05, p. 97-185, 2005.
- FARIA, L. C. *et al.* **BRS Vereda**: nova cultivar de feijoeiro comum do grupo comercial rosinha. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 2 p. (Comunicado Técnico, 50).
- FERNANDES, F. A. *et al.* Molibdênio foliar e nitrogênio em feijoeiro cultivado no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 01, p. 7-15, 2005.
- FERREIRA, A. N. *et al.* Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 03, p. 507-512, 2000.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.
- FULLIN, E. A. *et al.* Nitrogênio e molibdênio na adubação do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 07, p. 1145-1149, 1999.
- GUARESCHI, R. F.; PERIN, A. Efeito do molibdênio nas culturas da soja e do feijão via adubação foliar. **Global Science and Technology**, v. 02, n. 03, p. 08-15, 2009.
- HERRIDGE, D. F.; DANSO, S. K. A. Enhancing crop legume N<sub>2</sub> fixation through selection and breeding. **Plant and Soil**, v. 174, n. 01-02, p. 51-82, 1995.
- HUNGRIA, M. *et al.* Isolation and characterization of new efficient and competitive bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobia from Brazil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, n. 11-12, p. 1515-1528, 2000.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48 p. (Circular Técnica n. 35).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Banco de dados agregados**. 2007. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov>>. Acesso em: 17 out. 2008.
- JESUS JÚNIOR, W. C. *et al.* Management of angular leaf spot in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with molybdenum and fungicide. **Agronomy Journal**, v. 96, n. 03, p. 665-670, 2004.
- KUSDRA, J. F. Nodulação do feijoeiro e fixação biológica do nitrogênio em resposta à microbiolização das sementes e à aplicação de micronutrientes. **Scientia Agraria**, v. 04, n. 01-02, p. 81-96, 2003.
- PELEGRIN, R. *et al.* Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 01, p. 219-226, 2009.
- PESSOA, A. C. S. *et al.* Concentração foliar de molibdênio e exportação de nutrientes pelo feijoeiro “Ouro Negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 01, p. 75-84, 2000.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Cultivares. In: Vieira, C.; Paula Junior, T. J.; Borem, A. (Ed.) **Feijão**. 2. ed., Viçosa: UFV, 2006. p. 415-436.
- SANGOI, L. *et al.* Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, v. 33, n. 01, p. 65-70, 2003.
- SILVA, E. F. *et al.* Inoculação do feijoeiro com *Rhizobium tropici* associada à exsudato de *Mimosa flocculosa* com diferentes doses de nitrogênio. **Bragantia**, v. 68, n. 02, p. 443-451, 2009.
- STOCCO, P. *et al.* Avaliação da biodiversidade de rizóbios simbioses do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 03, p. 1107-1120, 2008
- VIEIRA, S. M. *et al.* Nitrogênio, molibdênio e inoculante para a cultura do feijoeiro. **Scientia Agraria**, v. 01, n. 01-02, p. 63-66, 2000.
- ZIMMER, W.; MENDEL, R. Molybdenum metabolism in plants. **Plant Biology**, v. 01, n. 02, p.160-168, 1999.