

INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO, RIZÓBIO E MOLIBDÊNIO SOBRE O CRESCIMENTO, NODULAÇÃO RADICULAR E TEORES DE NUTRIENTES NO FEIJOEIRO¹

Messias José Bastos de Andrade²

Paulo Edson Alvarenga³

Janice Guedes de Carvalho⁴

Romildo da Silva⁵

Rosimeire de Lellis Naves⁶

1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) (22) e as suas principais fontes para as plantas são os íons amônio e nitrato, além do N₂ atmosférico (15), daí a importância da adubação nitrogenada e da fixação simbiótica desse elemento.

¹Aceito para publicação em 05.08.1997.

²Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras (UFLA). Cx. Postal 37, 37.200-000 Lavras, MG (Bolsista do CNPq).

³Cooperativa Agrícola Alto Rio Grande, Rua Raul Soares, 65. Lavras, MG.

⁴Departamento de Ciência do Solo da UFLA (Bolsista do CNPq).

⁵Departamento de Biologia da UFLA.

⁶Doutoranda em Fitotecnia na UFLA.

No feijoeiro, a fixação simbiótica apresenta baixa eficiência e o resultado da inoculação de sementes com rizóbio específico ainda é de baixa previsibilidade, mesmo que o técnico disponha de informações detalhadas a respeito do solo, do ambiente e do material genético em questão. Por esta razão, não se tem ainda uma recomendação generalizada sobre a inoculação de sementes na cultura desta leguminosa. Por isso, a adubação nitrogenada torna-se imprescindível ao cultivo do feijoeiro, razão pela qual o nitrogênio é sempre recomendado nas adubações (20), e inúmeros experimentos sobre doses, formas e épocas de aplicação de nitrogênio continuam sendo realizados (5, 7, 12).

Recentemente, muitos trabalhos têm demonstrado boa resposta do feijoeiro à aplicação do molibdênio (1, 2, 12, 21), que causa aumento da atividade das enzimas nitrogenase e nitrato-redutase (24), resultando em maior eficiência da fixação simbiótica e da assimilação do nitrogênio mineral na planta.

O presente trabalho, parte de uma série de estudos realizados na Universidade Federal de Lavras, teve por objetivo verificar o efeito do nitrogênio, da inoculação e do molibdênio sobre o crescimento, a nodulação e o teor de macro e micronutrientes do feijoeiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG, empregando-se o cultivar Carioca-MG, de grãos do tipo "carioca", crescimento indeterminado e porte ereto (3), ou seja, com hábito de crescimento tipo II (8).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2, constando de quatro tratamentos envolvendo nitrogênio e inoculação e duas doses de molibdênio, com quatro repetições. Os primeiros constaram da testemunha sem nitrogênio, inoculação com *Rhizobium*, inoculação mais nitrogênio em cobertura e nitrogênio na semeadura mais nitrogênio em cobertura. As doses de molibdênio, 0 e 1,00 mg de molibdato de amônio por vaso, foram aplicadas ao solo através de solução aquosa, aos 19 DAE (dias após emergência).

O inoculante utilizado foi preparado pelo CNPDS-EMBRAPA, contendo *Rhizobium tropici* estirpe CIAT 899, veiculado em turfa esterilizada. A inoculação foi realizada à sombra, misturando-se as sementes ao inoculante, cuja densidade era de aproximadamente 1000 células viáveis por semente.

A semeadura foi realizada em vasos contendo 5,4 kg de um Latossolo Roxo distrófico (Quadro 1) e adubados com superfosfato simples e cloreto de potássio em quantidades correspondentes a 100 mg P/dm³ e 125 mg K/dm³, o que equivale a cinco vezes a recomendação de campo (16). Além disso, foram adicionados, em cada vaso, 0,90 g de sulfato de magnésio, 0,015 g de ácido bórico, 0,062 g de sulfato de cobre e 0,135 g de sulfato de zinco (15). Nas parcelas que receberam o nitrogênio na semeadura, foram adicionados 100 mg N/kg de solo, na forma de sulfato de amônio.

QUADRO 1 - Características químicas da amostra de solo empregada*

Características		Características	
pH em água	5,1 AcM	S (mmolc/dm ³)	38 M
P (mg/dm ³)	25 A	t (mmolc/dm ³)	39 M
K (mg/dm ³)	101 A	T (mmolc/dm ³)	88 M
Ca (mmolc/dm ³)	29 M	m (%)	3 B
Mg (mmolc/dm ³)	6 M	V (%)	43 B
Al (mmolc/dm ³)	1 B	C (%)	2,1 A
H + Al (mmolc/dm ³)	50 M	Mat. Orgânica (%)	3,5 A

*Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciências do Solo da UFLA, Lavras-MG e interpretação de acordo com a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (9). A = teor alto, M = médio, B = baixo e AcM = acidez média.

Semearam-se cinco sementes por vaso e, após o desbaste, foram deixadas duas plântulas, as quais, conduzidas até o início da etapa R₇ (13), constituíram uma parcela experimental.

A adubação de cobertura, quando presente, foi realizada aos 18 DAE, empregando-se o sulfato de amônio, via solução aquosa, em quantidade equivalente a 150 mg N/dm³ (16).

Dois meses após a semeadura, procedeu-se ao corte das plantas. A parte aérea foi dividida em hastes, folhas e flores + vagens, lavada com água corrente deionizada e levada para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 70°C, até peso constante. O sistema radicular foi submetido à lavagem em água corrente sobre peneira, separando-se raízes para secagem em estufa e os nódulos para contagem, pesagem e secagem.

A matéria seca obtida foi submetida à moagem para determinação dos teores de N, pelo método de Kjeldhal, e de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn e Zn pela digestão nitroperclórica, seguida de determinação no extrato (17). O fósforo foi determinado por colorimetria, o potássio por fotometria de

fósforo foi determinado por colorimetria, o potássio por fotometria de chama, o enxofre por turbimetria, o boro por colorimetria de curcumina e o cálcio, magnésio, cobre, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica.

Os dados foram submetidos à análise de variância. Para as características número, peso da matéria fresca e peso da matéria seca de nódulos, os dados foram transformados em $\sqrt{x + 1}$. Para comparação das médias foi aplicado o teste de Tukey (14).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Acúmulo de Matéria Seca pela Planta

Houve efeito significativo do nitrogênio sobre o acúmulo de matéria seca nos diferentes órgãos. A interação nitrogênio x molibdênio também teve influência significativa, mas apenas sobre o peso de flores + vagens, conforme discutido mais adiante.

A matéria seca de hastes, folhas, total da parte aérea e de raízes foi maior quando o nitrogênio foi fornecido na semeadura + cobertura, provavelmente em razão da maior quantidade do nutriente fornecida (Quadro 2).

QUADRO 2 - Acúmulo médio de matéria seca (g/vaso) nas hastes, folhas, parte aérea total e das raízes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função de adubações nitrogenada e molíbdica¹

Tratamento	Hastes	Folhas	P. Aérea Total	Raízes
N sem. + N cob.	4,32 a	5,63 a	11,27 a	1,85 a
Inoculação + N cob.	2,99 b	4,33 ab	7,97 b	1,48 ab
Inoculação Testemunha	1,56 c 2,04 bc	2,59 c 3,13 bc	4,28 c 5,57 bc	1,07 b 1,42 ab
1 mg molib. amônio/vaso	2,95	4,17	7,76	1,52
0 mg molib. amônio/vaso	2,51	3,68	6,79	1,40
Média	2,73	3,92	7,27	1,46
C.V. (%)	27,21	19,98	20,44	27,24

¹Médias seguidas por letra diferente, na coluna, diferem, significativamente pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade.

A adição de molibdênio ao solo através de solução aquosa não influenciou significativamente as variáveis que constam do Quadro 2, o que, de certa forma, difere dos resultados obtidos em ensaio de campo realizado por ALVARENGA (1). Neste estudo, o molibdênio empregado via foliar afetou significativamente a altura de plantas e, conseqüentemente, a produção de matéria seca. A ausência de resposta no presente ensaio em vasos pode estar relacionada com a utilização de dosagem insuficiente para este tipo de uso (via solo) ou com uma possível adsorção (total ou parcial) do Mo aplicado ao solo, ou com ambos os fatores.

Tanto na presença quanto na ausência de Mo, o tratamento que apresentou maior peso de flores + vagens secas foi o que recebeu N na semeadura + N cobertura, enquanto o tratamento só com inoculação foi o que apresentou o menor valor dessa característica (Quadro 3). Esses resultados parecem indicar que o N, além de proporcionar maior desenvolvimento vegetativo, foi também responsável pela maior produção de órgãos reprodutivos. Este aspecto, entretanto, deve ser examinado com cautela, considerando a baixa precisão experimental com que a característica matéria seca de flores + vagens foi determinada (C.V. > 35%).

QUADRO 3 - Efeitos da adubação nitrogenada e da aplicação de Mo sobre a matéria seca (g/vaso) de flores + vagens do feijoeiro, cv. Carioca-MG¹

Molibdato de Amônio (mg/vaso)	Nitrogênio				Média
	N Semeadura + N cob.	Inoculação + N cob.	Inoculação	Testemunha	
1,0	1,02 a A	0,78 a AB	0,16 a B	0,60 a AB	0,64
0,0	1,60 a A	0,50 a B	0,10 a B	0,19 a B	0,60
Média	1,31	0,64	0,13	0,39	0,62

¹Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula, e em cada linha, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem, significativamente pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade.

3.2. Nodulação

Houve efeito significativo dos tratamentos relacionados ao N sobre o número e o peso de nódulos. Já o molibdênio e a interação N x Mo não afetaram significativamente as características utilizadas para avaliar a nodulação (Quadro 4). Os valores do coeficiente de variação, apesar de elevados (36 a 38%), são normalmente aceitos para essas características.

Maior número de nódulos foi alcançado no tratamento com inoculação, embora este não tenha apresentado diferença significativa em relação à testemunha (Quadro 4). A nodulação expressiva da testemunha demonstra que, no solo empregado, era elevada a população de *Rhizobium* nativo, o que pode representar, segundo DENARDIN (11) e MERCANTE *et alli* (19), limitação no estabelecimento de estirpes inoculadas, pela competição com as nativas. Por sua vez, a adição de nitrogênio ao solo, com ou sem inoculação, reduziu drasticamente o número e os pesos dos nódulos (frescos ou secos), confirmando o efeito depressivo do nutriente sobre o processo de nodulação (18).

Vale ressaltar que, embora a análise de variância não tenha detectado efeito significativo do molibdênio, houve uma tendência de aumento do número e do peso de nódulos quando o micronutriente foi aplicado ao solo (Quadro 4).

QUADRO 4 - Valores médios do número e peso de nódulos (mg/vaso) em raízes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica ¹			
Tratamento	Número de Nódulos /Vaso	Peso de Nódulos (mg / vaso)	
		Matéria Fresca	Matéria Seca
N sem. + N cob.	5,50 b	5,88 b	4,88 b
Inoculação + N cob.	26,00 b	13,50 b	12,25 b
Inoculação	133,63 a	198,13 a	182,88 a
Testemunha	101,50 a	141,75 a	129,25 a
1 mg molib. amônio/vaso	78,19	108,13	98,50
0 mg molib. amônio/vaso	55,13	71,50	66,13
Média	66,66	89,81	82,31
C.V. (%)	38,21	36,86	37,38

¹Em cada fator, as médias seguidas por letra diferente diferem, significativamente pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade.

3.3. Teores de Nutrientes nas Raízes

Não houve significância do molibdênio nem da interação molibdênio x nitrogênio no teor de nutrientes nas raízes do feijão. No entanto, os tratamentos com nitrogênio afetaram significativamente os teores de N, Ca, B, Cu e Mn nas raízes (Quadro 5), sem afetar os teores de P, K, Mg, S e Zn (Quadro 6).

A adição de nitrogênio, na semeadura + cobertura ou apenas em cobertura, elevou o teor radicular desse macronutriente (Quadro 5).

Certamente, as menores perdas do N em vasos e a conseqüente maior disponibilidade do nutriente foram fatores condicionantes do maior teor apresentado por esses tratamentos. O tratamento que recebeu somente inoculação não diferiu significativamente da testemunha e ambos mostraram menores teores de N nas raízes, evidentemente porque a sua disponibilidade no solo era menor e porque a inoculação não foi eficiente.

QUADRO 5 - Teores médios de nitrogênio, cálcio, boro, cobre e manganês nas raízes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica via solo¹

Tratamentos	N (g/kg)	Ca (g/kg)	B (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)
N sem. + N cob.	23,7 a	14,1 b	32,45 b	43,12 a	118,25 a
Inoculação + N cob.	23,9 a	15,4 ab	38,01 ab	33,87 ab	93,12 ab
Inoculação	21,3 b	17,6 a	46,64 a	25,25 b	72,00 b
Testemunha	21,5 b	17,8 a	39,20 ab	33,00 ab	84,00 b
1 mg molib. amônio/vaso	22,9	16,7	39,78	33,37	91,75
0 mg molib. amônio/vaso	22,3	15,8	38,37	34,25	91,94
Média	22,6	16,2	39,07	33,81	91,84
C.V. (%)	6,92	9,05	19,51	21,63	19,30

¹Médias seguidas por letra diferente, na coluna, diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

QUADRO 6 - Teores médios de fósforo, potássio, magnésio, enxofre e zinco nas raízes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica via solo

Tratamentos	P (g/kg)	K (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)	Zn (mg/kg)
N sem. + N cob.	2,0	3,1	1,7	1,2	91,95
Inoculação + N cob.	1,9	4,4	1,8	1,5	90,15
Inoculação	1,8	4,4	1,8	1,8	89,39
Testemunha	1,8	3,6	1,6	1,8	85,91
1 mg molib. amônio p/ vaso	1,9	3,9	1,8	1,6	88,47
0 mg molib. amônio p/ vaso	1,8	3,9	1,7	1,5	90,23
Média	1,9	3,9	1,7	1,6	89,35
C.V. (%)	9,05	23,57	10,75	54,29	13,93

O Mo aplicado não pareceu favorecer o acúmulo de N nas raízes. Este fato não descarta, entretanto, a possibilidade de que o Mo tenha

favorecido a assimilação de N, o que poderá ser verificado ao se examinar os teores desse nutriente na parte aérea da planta.

A tendência dos teores de Ca nas raízes, de acordo com os tratamentos (Quadro 5), foi inversa à do N. Ou seja, com a adição de fertilizante nitrogenado, os teores de Ca nas raízes foram ligeiramente inferiores aos dos tratamentos sem adubação nitrogenada. Este fato provavelmente ocorreu devido a um efeito de diluição do Ca acumulado, uma vez que as parcelas que receberam N mineral produziram mais matéria seca. Os teores de B nas raízes apresentaram tendência similar à do Ca (Quadro 5).

O tratamento N sementeira + N cobertura propiciou os maiores teores médios de Cu e Mn nas raízes (Quadro 5), o que pode ser resultado do efeito acidificante do fertilizante nitrogenado, já que, com menores valores de pH, aumenta a disponibilidade de Cu e Mn no solo, resultando em maior acúmulo nas raízes.

3.4. Teores de Nutrientes nas Hastes

A adubação nitrogenada afetou significativamente os teores de N e Ca, enquanto a adubação molibídica influenciou significativamente os teores de N e Cu nas hastes. A interação N x Mo foi significativa apenas para os teores de S e Zn. Os teores dos demais nutrientes nas hastes não foram alterados (Quadros 7, 8, 9 e 10).

QUADRO 7 - Teores médios de nitrogênio, cálcio e cobre nas hastes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molibídica via solo

Tratamentos	N (g/kg)	Ca (g/kg)	Cu (mg/kg)
N sem. + N cob ¹	24,3 a	10,0 b	12,37
Inoculação + N cob.	21,4 a	9,8 b	11,87
Inoculação	13,9 b	11,3 ab	14,25
Testemunha	12,7 b	11,8 a	11,00
1 mg molib. amônio/vaso ²	19,3 a	10,5	10,69 b
0 mg molib. amônio/vaso	16,9 b	10,9	14,06 a
Média	18,1	10,7	12,37
C.V. (%)	16,68	10,76	31,90

¹Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem significativamente, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

²Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem significativamente pelo teste F, a 5% de probabilidade.

QUADRO 8 - Teores médios de fósforo, potássio, magnésio, boro, manganês e zinco nas hastes do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica via solo

Tratamentos	P (g/kg)	K (g/kg)	Mg (g/kg)	B (mg/kg)	Mn (mg/kg)
N sem. + N cob.	2,3	23,2	1,8	20,75	46,87
Inoculação + N cob.	2,2	23,0	1,7	29,67	45,25
Inoculação	2,3	24,4	1,6	23,17	55,75
Testemunha	2,2	23,9	1,8	21,95	42,12
1 mg molib. amônio/vaso	2,2	23,3	1,8	27,61	46,31
0 mg molib. amônio/vaso	2,3	24,0	1,7	20,16	48,50
Média	2,2	23,6	1,7	23,89	47,50
C.V. (%)	10,28	23,48	8,86	51,84	39,87

QUADRO 9 - Efeitos das adubações nitrogenada e molíbdica sobre o teor de enxofre (g/kg) nas hastes do feijoeiro, cv. Carioca-MG¹

Molibdato de Amônio (mg/vaso)	N Semeadura + N cob.	Inoculação + N cob.	Inoculação	Testemunha	Média
1,0	0,8 a B	1,3 a AB	3,1 b A	2,5 b A	2,0
0,0	0,8 a B	1,6 a B	6,0 a A	5,0 a A	3,4
Média	0,8	1,5	4,6	3,8	2,7

¹Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula e, em cada linha, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente, pelo teste Tukey a 1% de probabilidade

QUADRO 10 - Efeitos das adubações nitrogenada e molíbdica sobre o teor de zinco (mg/kg) nas hastes do feijoeiro, cv. Carioca-MG ¹

Molibdato de Amônio (mg/vaso)	N Semeadura + N cob.	Inoculação + N cob.	Inoculação	Testemunha	Média
1,0	83,97 a A	63,52 a B	56,45 b B	62,05 b B	66,50
0,0	73,95 a AB	66,47 a B	88,82 a A	81,15 a AB	77,60
Média	78,96 A	65,00 A	72,64 A	71,60 A	72,05

¹Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra minúscula e, em cada linha, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente, pelo teste Tukey a 1% de probabilidade.

Os dois tratamentos que receberam fertilizante nitrogenado (N semeadura + N cobertura e inoculação + N cobertura) apresentaram maiores teores de N nas hastes (Quadro 7), o que, de certa forma, já era esperado, em face da maior disponibilidade do nutriente no solo proporcionada pela adubação e pelas perdas reduzidas, por se tratar de semeadura em vasos. Deve ser observado ainda que a inoculação, por si só, não proporcionou aumento nos teores de N nas hastes das plantas em relação à testemunha. Esses resultados são coerentes com os rendimentos de grãos obtidos em ensaio de campo por ALVARENGA (1), parecendo indicar, neste caso, que há correlação positiva entre as duas características (teor de N na planta e produtividade).

A adição de Mo aumentou significativamente o teor de N nas hastes (Quadro 7), ao contrário do que ocorreu nas raízes, indicando que o micronutriente favoreceu a sua metabolização e transporte. Este efeito está relacionado com a participação de Mo nos dois processos enzimáticos envolvidos no metabolismo do N (10, 23, 24).

A influência dos tratamentos com N sobre os teores de Ca nas hastes (Quadro 7) foi semelhante à observada nas raízes (Quadro 5).

Outro efeito significativo do Mo, difícil de ser explicado, foi a redução do teor de Cu (Quadro 7), já que o aumento da matéria seca da haste, por causa do primeiro micronutriente, não foi significativo (Quadro 2), não dando suporte à hipótese de diluição. Entretanto, devido à pequena magnitude daquela redução, ela carece de importância do ponto de vista nutricional.

Na ausência de fertilizante nitrogenado, a adição de Mo levou a uma redução nos teores de S (Quadro 9) e de Zn (Quadro 10) nas hastes, parecendo indicar que na absorção desses nutrientes houve competição com o Mo. Por outro lado, a adição de sulfato de amônio reduziu os teores de S (Quadro 9), o que pode ter sido o resultado de uma absorção competitiva entre NO_3^- e SO_4^{2-} , embora seja provável que na condição presente (solo com $\text{pH} = 5,1$, com lenta nitrificação), a planta tenha utilizado muito NH_4^+ . Na presença de Mo, o tratamento N semeadura + N cobertura foi o que apresentou o maior teor de Zn (Quadro 10), mas as variações foram de pequena magnitude, aparentemente sem importância do ponto de vista nutricional.

3.5. Teores de Nutrientes nas Folhas

Houve efeito significativo dos tratamentos envolvendo N e inoculação sobre os teores foliares dos macronutrientes N, P e Ca e dos micronutrientes Cu e Zn. Não houve significância da interação N x Mo, mas o Mo afetou significativamente o teor de N nas folhas (Quadros 11 e 12).

O efeito da adição de fertilizante nitrogenado sobre o teor de N ocorreu em virtude do aumento da disponibilidade e, provavelmente, da redução de perdas do nutriente por lixiviação (em se tratando de ensaio em vasos). A redução dos teores foliares de Ca devido ao N provavelmente ocorreu em razão do já discutido efeito de diluição, aqui proporcionado pelo maior acúmulo de matéria seca nas folhas.

O tratamento que recebeu maiores doses de N (N semeadura + N cobertura) apresentou baixo teor foliar de P (Quadro 11), o que pode estar relacionado a um efeito de diluição do P naquele tratamento, que já havia proporcionado maior produção de matéria seca de folhas (Quadro 2).

O emprego de Mo elevou o teor de N nas folhas (Quadro 11), confirmando o efeito do micronutriente na nutrição e metabolismo do N, conforme verificado por vários autores (2, 4, 6, 21).

Os micronutrientes Cu e Zn, à semelhança do que aconteceu nas raízes, tiveram seus teores foliares afetados pelo N de maneira bastante parecida, obtendo-se teores mais elevados com a adição de fertilizante nitrogenado (Quadro 11).

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Visando verificar o efeito de tratamentos envolvendo nitrogênio e inoculante e do molibdênio sobre o crescimento, a nodulação e os teores de

macro e micronutrientes do feijoeiro, foi conduzido um experimento em casa de vegetação, utilizando-se o cultivar Carioca-MG. Foram estudados quatro tratamentos envolvendo nitrogênio e inoculante (testemunha sem N, inoculação com *Rhizobium*, inoculação + N em cobertura e N semeadura + N cobertura) e duas doses de molibdênio (0 e 1,00 mg de molibdato de amônio/vaso) aplicadas como solução aquosa no solo aos 19 dias após a emergência das plântulas. Avaliaram-se a produção de matéria seca, os teores dos macronutrientes e de alguns micronutrientes (B, Mn, Cu e Zn) nas raízes, hastes e folhas do feijoeiro, além do número e peso de nódulos presentes no sistema radicular. O Mo não influenciou significativamente o acúmulo de matéria seca, a nodulação e os teores de nutrientes nas raízes, mas proporcionou maiores teores de nitrogênio nas hastes e folhas do feijoeiro, resultado do papel deste micronutriente no metabolismo do nitrogênio via nitrogenase e nitrato-redutase. A adição de fertilizante nitrogenado promoveu maior acúmulo de matéria seca, elevação dos teores de N e redução dos teores de Ca nas raízes, hastes e folhas do feijoeiro, bem como reduziu drasticamente a nodulação. A inoculação não se mostrou eficiente, resultando em nodulação que não diferiu do tratamento testemunha.

QUADRO 11 - Teores médios de nitrogênio, fósforo, cálcio, cobre e zinco nas folhas do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica via solo

Tratamentos	N (g/kg)	P (g/kg)	Ca (g/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
N sem. + N cob. ¹	43,2 a	3,1 b	21,7 ab	20,12 a	72,47 a
Inoculação + N cob.	45,2 a	3,4 ab	19,0 b	20,00 a	64,31 ab
Inoculação	28,6 b	3,9 a	23,2 a	15,00 b	48,00 b
Testemunha	28,9 b	3,4 ab	23,4 a	15,87 ab	48,91 b
1 mg molib.amônio/ vaso ²	39,2 a	3,3	21,2	18,00	59,67
0 mg molib.amônio/vaso	33,8 b	3,6	22,4	17,50	57,17
Média	36,5	3,4	21,8	17,75	58,42
C.V. (%)	15,15	13,17	10,05	14,39	22,05

¹Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

²Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem significativamente pelo teste F a 1% de probabilidade.

QUADRO 12 - Teores médios de potássio, magnésio, enxofre, boro e manganês nas folhas do feijoeiro, cv. Carioca-MG, em função das adubações nitrogenada e molíbdica via solo

Tratamentos	K (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)	B (mg/kg)	Mn (mg/kg)
N sem. + N cob.	20,3	4,1	2,0	57,56	145,75
Inoculação + N cob.	17,9	4,0	2,1	67,96	117,62
Inoculação	17,3	3,7	1,7	67,67	109,50
Testemunha	15,6	3,9	2,0	60,62	106,75
1 mg molib. amônio/vaso	20,3	3,9	2,0	60,43	113,75
0 mg molib. amônio/vaso	15,3	4,0	1,9	66,48	126,06
Média	17,8	3,9	1,9	63,46	119,91
C.V. (%)	22,17	8,64	31,54	13,22	24,97

5. SUMMARY

(INFLUENCE OF NITROGEN, RHIZOBIUM AND MOLYBDENUM ON GROWTH, NODULATION AND NUTRIENTS LEVELS OF THE BEAN PLANT)

A greenhouse study was conducted at the Universidade Federal de Lavras to investigate the effects of molybdenum (Mo) and its interaction with nitrogen (N) sources on dry beans (*Phaseolus vulgaris* cv. Carioca-MG). Four nitrogen sources were studied: control without N, rhizobium inoculation, rhizobium inoculation plus N side-dressing fertilization, and N at planting plus N side-dressing fertilization. Two Mo rates (0 and 1,00 mg/pot) were applied on the soil 19 days after emergence. Dry matter, macronutrients, B, Mn, Cu and Zn contents in the roots, stem and leaves, and nodule weight and number were evaluated. Molybdenum applied on the soil showed no significant effect on dry matter accumulation, nodulation and roots nutrients levels, but increased the N levels of stems and leaves, reinforcing the importance of Mo on N metabolism nitrato reductase and nitrogenase pathways. Nitrogenous fertilizers increased dry matter accumulation and showed higher N levels and lower Ca levels in the roots, stems and bean leaves. Nitrogen application also resulted in drastic reduction of root nodules. Rhizobia inoculation was not efficient, resulting in nodulation equivalent to the control's.

6. LITERATURA CITADA

1. ALVARENGA P.E. de. *Resposta do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) às adubações nitrogenada e molibdica e à inoculação com Rhizobium leguminosarum bv. phaseoli*. Lavras, UFLA, 1995. 67p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
2. 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 molibdica. *Revista Ceres*, 41:202-216. 1994.
3. ANDRADE, M.J.B. de.; ABREU, A. de F.B. & RAMALHO, M.A.P. *Recomendações para a cultura do feijoeiro em Minas Gerais*. Lavras, ESAL, 1992. 12p. (Circular, 06).
4. BARBOSA FILHO, M.P.; JUNQUEIRA NETTO, A.; GUEDES, G.A.A. & RESENDE, P.M. Efeitos de idade, fósforo, molibdênio e cobalto no teor percentual de nitrogênio em diferentes partes do feijoeiro comum. *Ciência e Prática*, 3:107-116, 1979.
5. BARBOSA FILHO, M.P. & SILVA, O.F. Aspectos agroeconômicos da calagem e da adubação nas culturas de arroz e feijão irrigados por aspersão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 29:1657-1667, 1994.
6. 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*, 31:473-480, 1996.
7. CALVACHE, M.; REICHARDT, K.; SILVA, J.C.A. & PORTEZAN FILHO, O. Adubação nitrogenada no feijão sob estresse de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. *Resumos Expandidos*, Viçosa, SBCS, 1995. v.2, p.649-651.
8. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Informe CIAT*. Cali, 1978. 112p.
9. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. 4ª aproximação. Lavras, 1989. 176p.
10. DECHEN, A.R.; HAAG, H.P. & CARMELLO, Q.A. de C. Função de micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E. & CRUZ, M.C.P. da. (eds.). *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba, POTAFÓS, 1991. p.65-78.
11. DENARDIN, N.D. *Seleção de estirpes de Rhizobium leguminosarum bv. phaseoli tolerantes a fatores de acidez e resistentes a antibióticos*. Piracicaba, ESALQ, 1991. 89p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
12. DINIZ, A.R. *Resposta da cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.) à aplicação de nitrogênio (semeadura e cobertura) e de molibdênio foliar*. Lavras, UFLA, 1995. 60p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
13. FERNANDEZ, F.C.; GEPTS, P. & LÓPEZ, M. *Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Colômbia, CIAT, 1986. 34p.
14. GOMES, F.P. *Curso de Estatística Experimental*. Piracicaba, Escola Superior de Agrícola "Luiz de Queiroz", 1990. 460p.
15. MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.
16. MALAVOLTA, E. & MURAOKA, T. *Avaliação do estado nutricional e da fertilidade do solo: métodos de vegetação diagnose por subtração em vasos*. Piracicaba, CENA-USP, 1985. 7p. mimeo.

17. MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989. 210p.
18. MERCANTE, F.M. & FRANCO, A.A. Uso de *Leucaena leucocephala* para obtenção de *Rhizobium* tolerante à temperatura elevada para inoculação do feijoeiro: In: FEIRA NACIONAL DE BIOTECNOLOGIA, 2, São Paulo, 1991. *Resumos...* São Paulo, Associação Brasileira de Empresas de Biotecnologia, 1991. p.24.
19. MERCANTE, F.M.; STRALIOTTO, R.; DUQUE, F.F. & FRANCO, A.A. *A inoculação do feijoeiro comum com rizóbio*. Itaguaí, EMBRAPA/CNPBS, s/d. 12p. mimeo.
20. OLIVEIRA, J.P. & THUNG, M.D.T. Nutrição mineral. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M. & YAMADA, T. (eds.). *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba, POTAFÓS, 1988. p. 175-212.
21. 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*. Lavras, UFLA, 1995. 47p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
22. ROSOLE, M.C.A. & MARUBAYASHI, O.M. Seja o doutor do seu feijoeiro. *Informações Agronômicas*, nº 68:1-16, 1994.
23. SANTOS, O.S. Molibdênio. In: FERREIRA, M.E. & CRUZ, M.C.P. da. (eds.). *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba, POTAFÓS, 1991. p. 191-217.
24. VIEIRA, R.F. *Aplicação foliar de molibdênio e seu efeito nas atividades da nitrogenase e redutase do nitrato no feijoeiro em campo*. Piracicaba, ESALQ, 1994. 188p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).