

Produtividade e composição mineral do feijão em resposta às adubações com molibdênio e níquel¹

José Francisco Lopes^{2*}, Fábio Cunha Coelho³, Wanderson Souza Rabello⁴, Otacílio José Passos Rangel⁵, Geraldo de Amaral Gravina⁶, Henrique Duarte Vieira⁷

10.1590/0034-737X201663030020

RESUMO

Níquel e molibdênio são micronutrientes essenciais que apresentam a capacidade de alterar o crescimento e o desenvolvimento do feijoeiro. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade, o crescimento e a composição mineral do feijão Ouro Vermelho em resposta às adubações com molibdênio (Mo) e níquel (Ni). O experimento foi conduzido a campo em Argissolo Acinzentado distrófico, no arranjo fatorial 5 x 2, referente a cinco doses de Ni (0; 15; 30; 45 e 60 g ha⁻¹) e duas de Mo (0 e 80 g ha⁻¹), no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. A aplicação foliar de Ni e Mo foi feita aos 25 dias após a semeadura, por meio de um pulverizador manual. As características avaliadas foram: estande final, altura, produtividade, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, massa de 100 sementes e os teores de N, P, K, Fe, Mo, e Ni. Verificou-se que a adubação molíbdica aumentou o teor de N na folha, reduziu o teor de Fe na semente e, em doses elevadas de Ni, reduziu o teor de Ni nas sementes. As doses de Ni, sem aplicação de Mo, aumentaram o teor de N na folha e, na presença do Mo, aumentaram o teor de Fe na semente. Houve aumento do número de grãos por vagem, com a aplicação de Ni, e da massa seca da parte aérea, com a adubação molíbdica. As adubações com 80 g ha⁻¹ de Mo e 60 g ha⁻¹ de Ni aumentaram em 12,71 e 27,5%, respectivamente, a produtividade do feijoeiro.

Palavras-chaves: *Phaseolus vulgaris* L., micronutriente, adubação foliar.

ABSTRACT

Productivity and mineral composition of common bean in response to fertilization with molybdenum and nickel

Nickel and molybdenum are essential micronutrients that have the ability to affect the growth and development of common bean. In this sense, the objective of this research was to assess the productivity, growth and mineral composition of 'Ouro Vermelho' bean in response to fertilization with molybdenum (Mo) and nickel (Ni). The field work was conducted at "Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES/Alegre-ES)" in argisil soil gray dystrophic haplic Acrisol. The experiment was performed in a 5 x 2 factorial with 5 doses of Ni (0; 15; 30; 45 and 60 g ha⁻¹) and Mo (0 and 80 g ha⁻¹) in a randomized block design, repeated four times. The foliar application of Ni and Mo was done 25 days after sowing by hand sprayer. The characteristics evaluated were: final stand, height, yield, number of pods per plant, number of seeds per pod, weight of 100 seeds and the contents of N, P, K, Fe, Mo, and Ni. It could be verified that the molybdenum fertilization increased the content of N in the leaf, decreased the content of Fe in the seed,

Submetido em 11/12/2014 e aprovado em 08/01/2016.

¹ Este trabalho é parte da tese de doutorado do primeiro autor.

² Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. jflzito@hotmail.com

³ Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Laboratório de Fitotecnia, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. fcoelho@uenf.br

⁴ Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. rabellosouza@hotmail.com

⁵ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Alegre, Espírito Santo, Brasil. ojprangel@ifes.edu.br

⁶ Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Laboratório de Engenharia Agrícola, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. gravina@uenf.br

⁷ Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Laboratório de Fitotecnia, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. henrique@uenf.br

* Autor para correspondência: jflzito@hotmail.com

and in case of high dose of Ni, the content of Ni in the seeds was decreased. The doses of Ni increased the content of N in the leaf, and when molybdenum was added, the content of Fe in the seeds increased. There was an increase in the number of beans per pod after the application of Ni and in the shoot dry weight with molybdenum fertilization. The fertilization with 80 g ha⁻¹ of Mo and 60 g ha⁻¹ with Ni increased in 12,71% and 29,69%, respectively, the productivity of bean.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L.; micronutrient; foliar fertilization.

INTRODUÇÃO

O feijoeiro tem especial importância para a agricultura brasileira, por sua relevância na dieta da população, e por ser o país um dos maiores produtores e consumidores de feijão do mundo (Barbosa *et al.*, 2010). Apesar disso, a produtividade média nacional da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é baixa, ficando por volta de 890 kg ha⁻¹, na safra de 2011/2012 (Conab, 2012). A baixa produtividade da cultura ocorre, entre outros fatores, por nutrição mineral inadequada.

O molibdênio (Mo) tem importantes funções no sistema enzimático do metabolismo de quase todos os organismos vivos. Para as plantas, é considerado um elemento essencial, por ser componente das enzimas redutase do nitrato e nitrogenase. Sua carência pode afetar o metabolismo do N e se apresenta como uma das possíveis causas da baixa produtividade observada na cultura do feijão (Pessoa *et al.*, 2000).

Diversos trabalhos têm demonstrado que a aplicação foliar de Mo promove aumento de produtividade (Fernandes *et al.*, 2005; Ascoli *et al.*, 2008; Calonego *et al.*, 2010; Rocha *et al.*, 2011) e influencia a composição mineral do feijoeiro (Pessoa *et al.* 2000; Ferreira *et al.*, 2002). Nascimento *et al.* (2009), estudando o efeito da aplicação foliar de Mo sobre a produtividade do feijoeiro, cultivar Pérola, obtiveram resposta linear positiva para doses de até 160 g ha⁻¹ de Mo. Já Lopes *et al.* (2014) observaram que a aplicação foliar de 80 g ha⁻¹ de Mo sobre o feijão, cultivar Ouro Vermelho, aumentou o teor foliar de Mo, os teores de N e de Mo na semente e aumentou em 21,62% o número de nódulos. Por outro lado, houve redução dos teores foliares de P, Fe e Ni.

Outro micronutriente essencial que pode afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas é o níquel (Ni) (Marschner, 2012). Dentre os efeitos positivos do Ni para a planta, destaca-se a sua participação na estrutura e funcionamento da enzima urease (Dixon *et al.*, 1975), a que atua na hidrólise da ureia e influencia o complexo enzimático hidrogenase, que aumenta a eficiência da fixação de nitrogênio em fabáceas (Klucas *et al.*, 1983), o que torna esse elemento extremamente importante para o metabolismo do nitrogênio e, portanto, capaz de afetar a produtividade das fabáceas.

Campanharo (2010), estudando o efeito de doses de Ni sobre o feijoeiro comum, cultivar Pérola, observou que os teores de ureia do tecido foliar diminuíram, em resposta ao aumento das doses de Ni e ao período de tempo após a aplicação de ureia, indicando aumento da atividade da enzima urease. A autora também observou decréscimo do teor foliar de manganês (Mn) e ausência de efeito do Ni sobre o crescimento do feijoeiro.

Trabalhando com o cultivar Princesa, Campanharo *et al.* (2013a) não observaram efeito do Ni sobre a atividade da urease e o crescimento da cultura. Quanto à composição mineral, os autores observaram que a aplicação foliar de Ni aumentou os teores deste micronutriente em ramos, folhas maduras, folhas jovens e vagens do feijoeiro 'Princesa', mas não alterou os teores foliares dos demais nutrientes. Resultados semelhantes foram obtidos com o feijoeiro caupi (*Vigna unguiculata* L.) (Campanharo *et al.*, 2013b).

Segundo Guareschi e Perin (2009), o processo produtivo da agricultura brasileira dependerá de um uso mais eficiente de micronutrientes, buscando corrigir sua deficiência e elucidar sua eficiência. Por essa razão, o objetivo deste experimento foi avaliar a produtividade, o crescimento e a composição mineral do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Ouro Vermelho, em função das adubações foliares com doses de níquel e de molibdênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, de março a junho de 2011, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), Campus de Alegre, localizado no distrito de Rive, Alegre-ES, a 20° 45' 30" S e 41° 27' 23" O, em altitude aproximada de 108,27 m. O clima predominante da região é quente e úmido no verão, e seco no inverno, com precipitação anual média de 1.200 mm e temperatura média anual de 26 °C. O solo do local foi classificado como Argissolo Acinzentado distrófico.

Utilizou-se o arranjo fatorial 5 x 2, constituindo-se das combinações de doses de Ni (0, 15, 30, 45 e 60 g ha⁻¹), e de duas doses de Mo (0 e 80 g ha⁻¹), aplicados por via foliar, aos 25 dias após a semeadura (DAS), na forma de cloreto de níquel hexahidratado e molibdato de amônio, respecti-

vamente. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por parcelas formadas por quatro linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas de meio metro, totalizando 10 m² por parcela, sendo consideradas como área útil as duas linhas centrais, com descarte de meio metro das extremidades (4 m² de área útil de parcela).

As características químicas do solo foram determinadas antes da instalação do experimento, amostrando-se a camada de 0 a 20 cm (Tabela 1). De acordo com a análise de solo, foram aplicados 600 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, 88,8 kg ha⁻¹ de ureia, 400 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e 300 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio.

A semeadura foi realizada no dia 15/03/2011, no sistema convencional, com uma aração e duas gradagens, utilizando-se sementes inoculadas com estirpes de *Rhizobium tropici*, contendo, no material turfoso, 5 x 10⁹ bactérias por grama. Foram semeadas 16 sementes por metro de sulco de plantio. Dez dias após a semeadura (DAS), foi feito o desbaste, mantendo-se 12 plantas por metro linear, totalizando 240.000 plantas ha⁻¹. Aos 25 DAS, no estágio de desenvolvimento V4, as doses de Ni e Mo foram aplicadas por via foliar, com pulverizador costal de 20 L, com bico cônico, calibrado para dispensar 170 L ha⁻¹ de volume de calda.

Para a determinação dos teores foliares de N, P, K, Fe, Mo, e Ni, foi utilizada a terceira folha completamente expandida a partir do ápice da planta (Malavolta, 2006), coletada aleatoriamente no florescimento pleno, em número de dez por parcela. Na colheita, amostras de 100 g de sementes da área útil da parcela também foram obtidas, para análise dos teores de N, Fe, Mo e Ni. Folhas e sementes foram secadas em estufa com ventilação forçada, a 65 °C, por 72 horas, moídas em moinho tipo Willey, usando-se peneira de 20 mesh, e acondicionadas em recipientes plásticos herméticos para posterior análise.

A determinação do teor de N total foi realizada a partir da digestão sulfúrica 0,1% (Malavolta, 2006), sendo que os teores de P, K e Fe foram obtidos a partir da digestão nítrico-perclórica (Tedesco, 1985) e, os teores de Ni e Mo, por digestão por via seca, em mufla, a 550 °C. O N total foi determinado pelo método de Kjeldahl (Malavolta

et al, 1997), o P foi determinado por espectrofotometria pelo método da vitamina C (conforme metodologia modificada por Braga & Defelipo, 1974), o K, por fotometria de chama, o Fe, por espectrofotometria de absorção atômica, o Mo e Ni, por espectrofotometria de absorção atômica com forno de grafite (Bataglia *et al*. 1983). A partir do teor de N da semente, foi calculada a porcentagem de proteína da semente, empregando-se o fator 6,25.

Por ocasião da colheita, foram avaliados o estande final, a altura das plantas, a produtividade (ou rendimento) de grãos, os componentes da produção (número de vagens por planta, número de sementes por vagem e a massa de cem sementes) e coletaram-se as folhas, ramos e grãos. O estande final foi obtido pela contagem do número total de plantas por área útil. Os grãos provenientes da debulha manual de todas as vagens forneceram, por pesagem, a produção de grãos (corrigidos a 13% de umidade e transformados em kg ha⁻¹). O número médio de vagens por planta e o número médio de sementes por vagem foram determinados em amostra aleatória de dez plantas na área útil da parcela e, a massa de cem grãos, pela média de três pesagens de cem grãos tomados ao acaso. A massa seca da parte aérea (MSPA) foi obtida por meio da pesagem das folhas e ramos, secados em estufa com ventilação forçada, a 65 °C, por 72 horas.

Os resultados foram submetidos à análise de variância. As comparações entre as médias para a adubação molíbdica foram feitas pelo teste F, a 5% de probabilidade; para os efeitos de doses de Ni foi efetuada análise de regressão, sendo os modelos escolhidos segundo os melhores ajustes, confirmados pelos maiores valores dos coeficientes de determinação (R²), pela significância dos coeficientes de regressão e do teste F da regressão, ambos até 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de N da folha do feijoeiro foi influenciado significativamente pela interação Ni x Mo (Figura 1). Na ausência da adubação molíbdica, o teor de N máximo foi obtido com a dose estimada de 16,23 g ha⁻¹ de Ni. Quando o Mo foi aplicado, o teor de N máximo foi alcançado com a dose estimada de 29,23 g ha⁻¹ de Ni.

Tabela 1: Características químicas do solo da área experimental

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	V
H ₂ O	mg kg ⁻¹			cmol _c dm ⁻³					%
5,8	13	86	6	2,0	0,4	0,0	2,7	2,6	49
MO	Zn	Fe	Mn	Mo	Ni	Cu	B	T	t
dag kg ⁻¹	mg kg ⁻¹			cmol _c dm ⁻³					
1,7	7,7	89,5	92	2,2	8,4	24	1,0	5,3	2,6

A adubação molíbdica elevou o teor foliar de N em 22,9%, na ausência de Ni, e em 28,0%, quando foi aplicada a dose de 45 g ha⁻¹ de Ni. Estes resultados corroboram os obtidos por Barbosa *et al.* (2010), que também obtiveram resposta positiva sobre o teor de N foliar do feijoeiro após a aplicação de Mo. Possivelmente, o aumento do teor de N das folhas do feijoeiro foi consequência de maior atividade das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, envolvidas na fixação biológica e na assimilação do N.

Houve efeito da interação Ni x Mo para o teor de P da folha do feijoeiro. No entanto, o teor de P da folha do feijoeiro não foi influenciado de forma significativa pelas doses de Ni, na ausência ou na presença da adubação molíbdica. Quanto ao efeito do Mo, observou-se que a adubação molíbdica influenciou o teor de P da folha do feijoeiro somente quando foi aplicada a dose de 45 g ha⁻¹ de Ni, proporcionando um incremento de 24,0% do teor de P da folha (Tabela 2).

Para os teores de K e de Fe da folha, não foi observado efeito dos fatores estudados. Os teores médios observados para o K e o Fe da folha foram de 18,83 g kg⁻¹ e 126,16 mg kg⁻¹, respectivamente (Tabela 3), menor e supe-

rior, respectivamente, aos níveis críticos propostos por Malavolta *et al.* (1997), que são de 20 g kg⁻¹, para o K, e de 100 mg kg⁻¹, para o Fe. Quanto ao teor de Mo da folha, não foi observado efeito significativo das doses de Ni aplicadas. Entretanto, observou-se que a adubação molíbdica promoveu maior teor do nutriente nas folhas, com incremento de 12,7% (Tabela 3), o que corrobora os resultados obtidos por Pessoa *et al.* (2000) e Rocha *et al.* (2011).

A adubação molíbdica elevou em 10,83% o teor foliar de Ni, quando se compara com o da testemunha (Tabela 3). Observou-se também que o teor de Ni da folha foi linearmente influenciado pelas doses de Ni aplicadas, atingindo incremento de 164,23% na maior dose aplicada (Figura 1). Campanharo (2010) também verificou que doses de até 100 g ha⁻¹ de Ni aumentaram de forma linear o teor de Ni das folhas jovens e maduras, nos ramos e nas vagens do feijoeiro. Neste trabalho, não foram observados sintomas de fitotoxidez no feijoeiro, o que corrobora os resultados obtidos por Campanharo (2010), em que doses de até 60 g ha⁻¹ de Ni não provocaram sintomas de toxicidade no feijoeiro comum, cultivar Princesa. De acordo com Malavolta (2006), os teores tóxicos estão

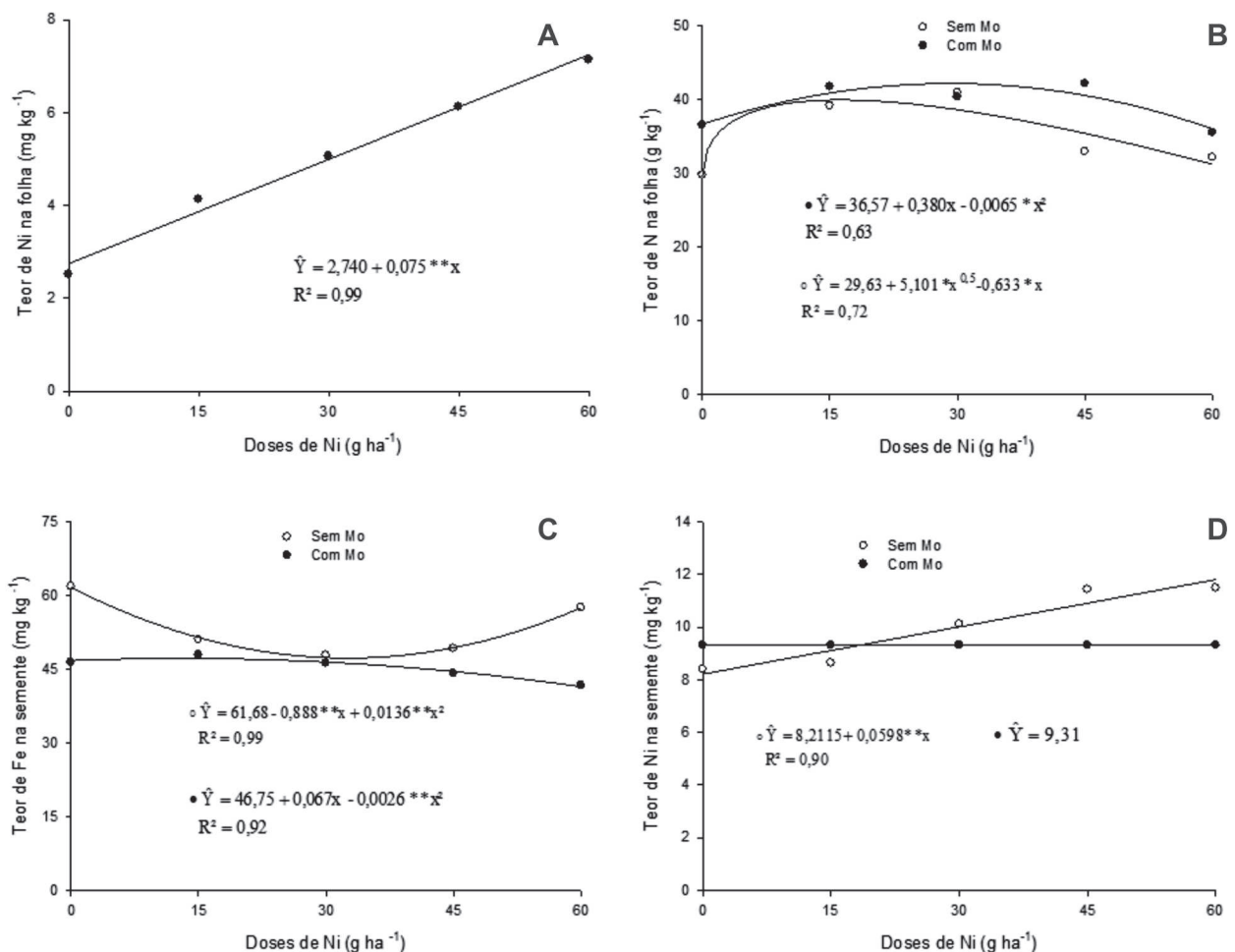


Figura 1: Teor de Ni (A) e N (B) em folhas e teor de Fe (C) e Ni (D) na semente do feijoeiro comum, cv. Ouro Vermelho, em resposta à adubação foliar com Ni. *, **; Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

comumente na faixa de 25 a 50 mg kg⁻¹, valores bem acima dos observados neste trabalho.

Não foi observado efeito significativo das doses de Ni sobre o teor de N da semente. Porém, houve efeito da adubação molíbdica (Tabela 4), dado que concorda com os obtidos por Ferreira *et al.* (2002), que observaram que a aplicação de 80 g ha⁻¹ de Mo aumentou significativamente o teor de N das sementes do feijoeiro comum, cultivar Meia Noite. Neste trabalho, a aplicação da dose de 80 g ha⁻¹ de Mo elevou em 10,75% o teor de N das sementes do feijoeiro (Tabela 4). Possivelmente, o maior teor de N observado seja consequência de maior atividade enzimática das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato. Observou-se também incremento do teor de proteína das sementes, característica que está associada a feijões de melhor qualidade (Tabela 4). Este resultado concorda com o obtido por Ferreira *et al.* (2002).

Para o teor de Fe da semente, observou-se resposta quadrática à aplicação das doses de Ni, tanto na presença quanto na ausência do Mo (Figura 1). Na ausência da adubação molíbdica, independentemente da dose de Ni aplicada, o teor de Fe da semente sempre foi inferior ao da testemunha. A dose que proporcionou máxima redução do teor de Fe foi de 32,55 g ha⁻¹ de Ni. A partir dessa dose, houve um incremento do teor de Fe da semente. Na presença da adubação molíbdica, observou-se incremento do teor de Fe da semente até a dose estimada de 13,12 g ha⁻¹ de Ni. Posteriormente, o teor de Fe da semente diminuiu 11,3% na maior dose de Ni utilizada.

A adubação molíbdica diminuiu o teor de Fe da semente, na ausência e nas doses mais elevadas de Ni (Ta-

bela 5). Pessoa *et al.* (2000) também verificaram que doses de até 104,69 g ha⁻¹ de Mo reduziram o teor de Fe das sementes do feijoeiro comum, cultivar Ouro Negro.

O teor de Mo da semente foi influenciado significativamente pela interação Ni x Mo, porém não foi possível ajustar um modelo de regressão para as doses de Ni. A adubação molíbdica aumentou o teor de Mo da semente do feijoeiro, independentemente da dose de Ni utilizada (Tabela 5), o que corrobora os resultados obtidos por Pessoa *et al.* (2000) e Vieira, *et al.* (2011), que também observaram maior teor de Mo da semente do feijoeiro com a aplicação foliar de Mo. Considerando-se que a quantidade requerida de Mo pelo feijoeiro seja pequena, sementes com elevados teores de Mo são desejáveis, pois, podem fornecer quantidades do nutriente suficientes para garantir um adequado crescimento das plantas, sem adição suplementar de Mo ao solo (Jacob-Neto & Rossetto, 1998). Segundo esses autores, conteúdo de 3,5 µg de Mo por semente permite o desenvolvimento das plantas sem adubação suplementar de Mo.

Tabela 4: Teores de N e de proteína bruta (PB) nas sementes do feijoeiro comum, cv. Ouro Vermelho, em resposta a adubação molíbdica

Dose de Mo (g ha ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	PB (%)
0	27,69b	17,30b
80	30,66a	19,16a
CV (%)	6,06	6,06

Médias seguidas de letras distintas na coluna, para cada variável, diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2: Teores foliares de N e P no feijoeiro comum, cv. Ouro Vermelho, em função da adubação foliar com Mo, dentro de cada dose de Ni

Doses de Ni (g ha ⁻¹)	Mo (g ha ⁻¹)			
	0		80	
	N (g kg ⁻¹)		P (g kg ⁻¹)	
0	29,7b	36,5a	2,9a	2,5a
15	39,1a	41,7a	2,7a	3,2a
30	40,9a	40,3a	2,9a	2,8a
45	32,9b	42,1a	2,5b	3,1a
60	32,1a	35,5a	2,7a	2,4a

Médias seguidas de letras distintas na linha, para cada variável, diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3: Teores foliares de K, Fe, Mo, e Ni no feijoeiro comum, cv. Ouro Vermelho, em resposta a adubação foliar com molibdênio

Dose de Mo (g ha ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Mo (mg kg ⁻¹)	Ni (mg kg ⁻¹)
0	18,57a	127,22a	0,209b	4,32b
80	19,09a	125,10a	0,271a	5,66a
Média	18,83	126,16	0,240	4,99
CV (%)	10,91	15,08	13,42	25,18

Médias seguidas de letras distintas na coluna, para cada variável, diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste F.

Não foi verificado efeito das doses de Ni sobre o teor de Ni das sementes na presença da adubação molíbdica (Figura 1), enquanto, em sua ausência, verificou-se efeito linear, atingindo incremento máximo de 36,8% (43,70) com a dose de 60 g ha⁻¹ de Ni (Figura 1). Considerando-se o desdobramento da interação Ni x Mo, observou-se que, quando o Ni não foi aplicado, a adubação molíbdica aumentou o teor de Ni da semente, ao passo que, nas doses de 30, 45 e 60 g ha⁻¹ de Ni, houve redução do teor de Ni da semente do feijoeiro, em resposta à adubação molíbdica (Tabela 5).

A altura de plantas e o estande final não foram influenciados pelos fatores estudados. Guareschi & Perin *et al.* (2009) também não obtiveram resposta do Mo sobre a altura de plantas do feijoeiro e Rocha *et al.* (2011) não verificaram resposta sobre a população final de plantas do feijoeiro. A aplicação das doses de Ni proporcionou resposta linear positiva da massa seca da parte aérea (Figura 2). O incremento máximo observado foi de 27,97% para a maior dose de Ni. Possivelmente, os maiores valores encontrados são consequência de maior atividade das enzimas urease e hidrogenase (Klucas *et al.*, 1983; Campanharo, 2010). Observou-se também que a aplicação foliar de 80 g ha⁻¹ de Mo aumentou em 10,62% a massa seca da parte aérea (Tabela 6). Por outro lado, Kubota *et al.* (2008), Guareschi & Perin (2009) e Barbosa *et al.* (2010) não observaram efeito do Mo sobre a massa seca da parte aérea do feijoeiro.

Não houve efeito das doses de Ni sobre o número de vagens por planta. Por outro lado, observou-se que plantas que receberam aplicação foliar de Mo aumentaram em 16,9% o número de vagens (Tabela 6). De forma semelhante, Rocha *et al.* (2011) obtiveram um incremento de 17% do número de vagens por planta do feijoeiro, com a dose estimada de 181 g ha⁻¹ de Mo. Porém, Biscaro *et al.* (2009), Nascimento *et al.* (2009) e Calonego *et al.* (2010) não observaram resposta positiva do Mo sobre o número de vagens por planta do feijoeiro.

O número de sementes por vagem foi influenciado de forma linear pelas doses de Ni (Figura 2), sendo que na

maior dose de Ni houve aumento de 8,2% do número de sementes por vagem. Não houve efeito do Mo sobre o número de sementes por vagem, resultado que corrobora os obtidos por Ascoli, Soratto & Maruyama (2008), Nascimento *et al.* (2009), Biscaro *et al.* (2009) e Rocha *et al.* (2011).

A massa de cem grãos não foi influenciada pelos fatores estudados. Resultados semelhantes foram obtidos por Barbosa *et al.* (2010), Ascoli *et al.* (2008) e Rocha *et al.* (2011), que também não observaram efeito do Mo sobre a massa de cem grãos.

A produtividade apresentou resposta linear positiva à aplicação foliar de Ni, com incremento máximo de 27,5% para a dose de 60 g ha⁻¹ de Ni, quando se compara com a da testemunha (Figura 2). Acredita-se que esse efeito benéfico do Ni sobre a produtividade do feijoeiro seja consequência do maior número de sementes por vagem (Figura 2), que, possivelmente, ocorreu pela influência do Ni no metabolismo do N. Trabalho desenvolvido por Campanharo (2010) demonstrou maior atividade da urease, enzima que cataliza a hidrólise da ureia em amônia e CO₂, um importante passo para assimilação do N pelo feijoeiro. Além disso, o Ni, por participar do complexo enzimático da hidrogenase, apresenta potencial para aumentar a eficiência da fixação biológica de N (Klucas *et al.*, 1983).

Quanto à adubação molíbdica, observou-se que a aplicação de 80 g ha⁻¹ de Mo elevou em 12,71% a produtividade do feijoeiro, quando se compara com a da testemunha (Tabela 6). Esse resultado está de acordo com os de diversos trabalhos que demonstram que a aplicação foliar de Mo aumenta a produtividade do feijoeiro (Pessoa *et al.*, 2000; Ascoli *et al.*, 2008; Nascimento *et al.*, 2009; Calonego *et al.*, 2010; Rocha *et al.*, 2011), possivelmente graças ao maior número de vagens observado por planta (Tabela 6) e a maior atividade das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, que apresentam, respectivamente, o potencial de influenciar o processo de fixação biológica de N e o de assimilação do nitrato absorvido pelas plantas.

Tabela 5: Teores de Fe, Mo e Ni na semente do feijoeiro comum, cv. Ouro Vermelho, da adubação foliar com Mo, dentro de cada dose de Ni

Doses de Ni (g ha ⁻¹)	Mo (g ha ⁻¹)					
	0		80		0	
	80		0		80	
	Fe (mg kg ⁻¹)		Mo (mg kg ⁻¹)		Ni (mg kg ⁻¹)	
0	61,8a	46,4b	0,079b	0,295a	8,39b	10,29a
15	51,0a	47,9a	0,179b	0,279a	8,63b	9,31a
30	47,8a	46,2a	0,091b	0,281a	10,11a	8,93b
45	49,2a	44,1b	0,111b	0,367a	11,42a	9,10b
60	57,5a	41,7b	0,071b	0,295a	11,48a	8,90b

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si, para cada nutriente analisado, a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 6: Massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), número de vagens por planta (NVP) e produtividade (PROD), do feijoeiro comum, cv. Ouro Vermelho, em resposta à adubação molíbdica

Dose de Mo(g ha ⁻¹)	MSPA(g)	NVP	PROD(kg ha ⁻¹)
0	4,80b	7,69b	1648b
80	5,31a	8,98a	1857,5a
CV (%)	12,14	14,51	12,98

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

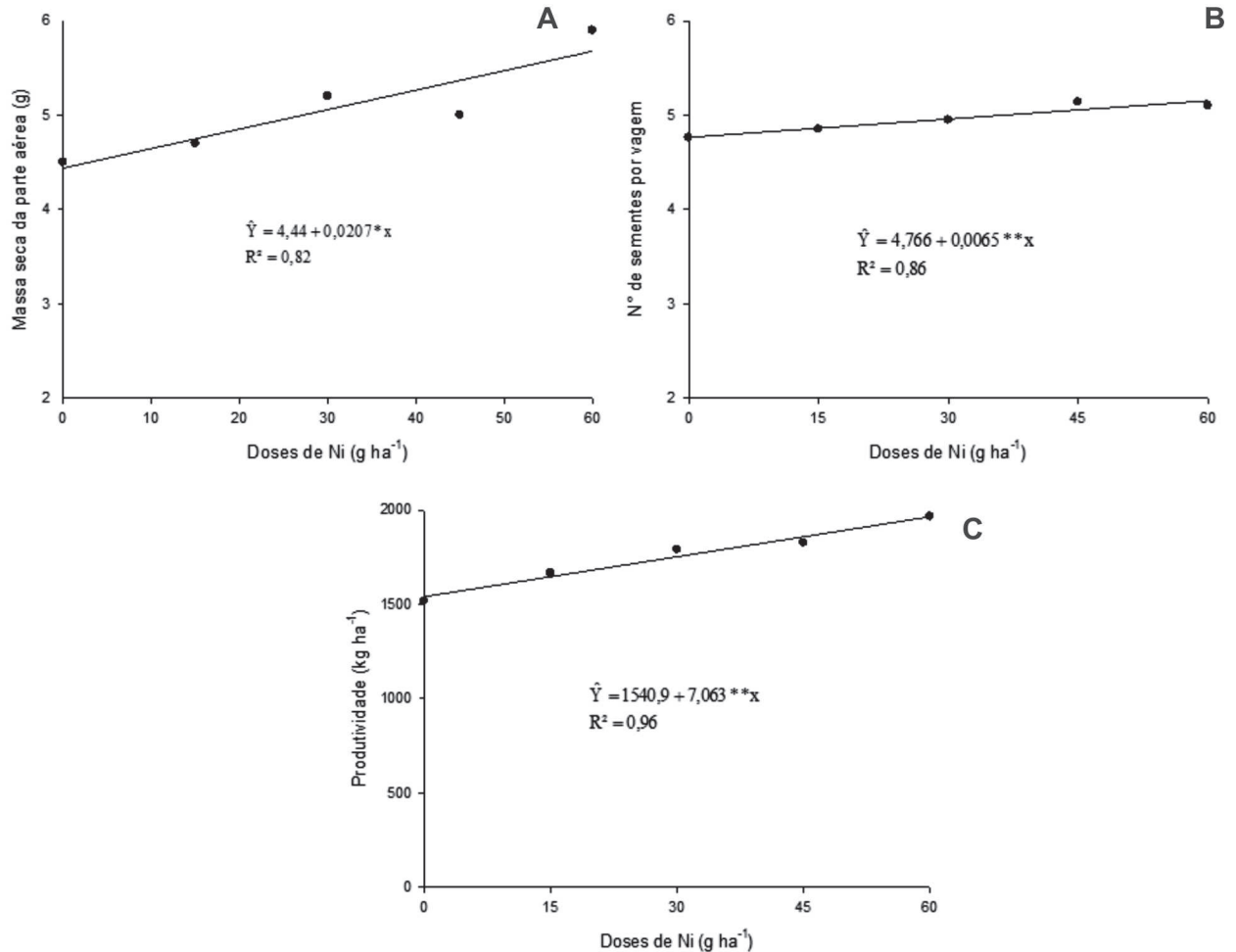


Figura 2: Massa de matéria seca da parte aérea (A), número de sementes por vagem (B) e produtividade (C) do feijoeiro comum, cv. Ouro Vermelho, em resposta à adubação foliar com Ni. *, **; Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

CONCLUSÕES

As adubações com 80 g ha⁻¹ de Mo e com 60 g ha⁻¹ com Ni aumentaram em 12,71 e 27,5%, respectivamente, a produtividade do feijoeiro comum, cultivar Ouro Vermelho.

A adubação molíbdica aumentou o teor de N, mas reduziu o teor de Fe da semente. As doses de Ni aumentaram o teor de N da folha e, na presença do Mo, aumentaram o teor de Fe da semente. Em doses elevadas de Ni, a adubação molíbdica reduziu o teor de Ni das sementes.

As doses de Ni aumentaram o número de sementes por vagem e a massa seca da parte aérea. A adubação

molíbdica aumentou o número de vagens por planta e a massa da matéria seca da parte aérea.

REFERÊNCIAS

Ascoli AA, Soratto RP & Maruyama WI (2008) Aplicação foliar de molibdênio, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro irrigado. *Bragantia*, 67:377-384.

Bataglia OC, Furlani AMC, Teixeira JPF, Furlani PR & Gallo JR (1983) Métodos de Análise Química de Plantas. Campinas, Instituto Agrônômico. 48p. (Boletim Técnico, 78).

Barbosa GF, Arf O, Nascimento MS, Buzetti S & Freddi OS (2010) Nitrogênio em cobertura e molibdênio foliar no feijoeiro de inverno. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 32:117-123.

- Biscaro GA, Goulart Júnior SAR, Soratto RP, Freitas Júnior NA, Motomiya AVA & Calado Filho GC (2009) Molibdênio via semente e nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em solo de cerrado. *Ciência e Agrotecnologia*, 33:1280-1287.
- Braga JM & Defelipo BV (1974) Determinação espectrofotométrica de P em extratos de solo e material vegetal. *Revista Ceres*, 21:73-85.
- Calonego JC, Ramos Júnior EU, Barbosa RD, Leite GHP & Filho HG (2010) Adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro com suplementação de molibdênio via foliar. *Revista Ciência Agronômica*, 41:334-340.
- Campanharo M (2010) Resposta do feijoeiro à aplicação de níquel. Tese de doutorado em produção vegetal. Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual Norte Fluminense. 138p.
- Campanharo M, Monnerat PH, Espindula MC & Rabello WS (2013) Resposta do feijoeiro 'Princesa' cultivado em Argissolo e Neossolo à aplicação de níquel. *Interciência*, 38:465-470.
- Campanharo M, Monnerat PH, Espindula MC & Rabello WS (2013b) Doses de níquel em feijão caupi cultivado em dois solos. *Revista Caatinga*, 26:10-18.
- CONAB - Conselho Nacional De Abastecimento (2011) Safras 2011/2012: 12º levantamento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_06_09_18_33_boletim_graos_-_setembro_2012.pdf>. Acessado em: 10 de novembro de 2012.
- Dixon NE, Gazzola C, Blakeley RL & Zerner B (1975) Jack bean urease (EC 3.5.1.5), a metalloenzyme. A simple biological role for nickel? *Journal of the American Chemistry Society*, 97:4131-4133.
- Fernandes FA, Arf O, Binotti FFS, Junior AR, Sá ME, Buzetti S & Rodrigues RAF (2005) Molibdênio foliar e nitrogênio em feijoeiro cultivado no sistema plantio direto. *Revista Acta Scientiarum. Agronomy*, 27:7-15.
- Ferreira ACB, Araújo GAA, Cardoso AA, Fontes PCR & Vieira C (2002) Influência do molibdênio contido na semente e da sua aplicação foliar sobre a composição mineral de folhas e sementes do feijoeiro. *Revista Ceres*, 49:443-452.
- Guareschi RF & Perin A (2009) Efeito do molibdênio nas culturas da soja e feijão via adubação foliar. *Global Science and Technology*, 2:8-15.
- Jacob Neto J & Franco AA (1986) Adubação de molibdênio em feijoeiro. *Seropédica, Embrapa*. 3p. (Comunicado Técnico).
- Klucas RV, Hanus FJ, Russell SA & Evans HJ (1983) Nickel, a micronutrient for hydrogen dependent growth of *Rhizobium japonicum* and for expression of urease activity in soybean leaves. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*, 80:2253-2257.
- Kubota FY, Neto ACA, Araujo AP & Teixeira MG (2008) Crescimento e acumulação de nitrogênio de plantas de feijoeiro originadas de sementes com alto teor de molibdênio. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 32:1635-1641.
- Lopes JF, Coelho FC, Rangel OJP, Rabello WS, Gravina GA & Vieira HD (2014) Adubação foliar com níquel e molibdênio no feijoeiro comum cv. Ouro Vermelho. *Revista Ceres*, 61:155-160.
- MalaVolta E, Moraes MFDE, Lavres Junior J & MalaVolta M (2006) Micronutrientes em metais pesados - essencialidade e toxicidade. In: Paterniani E (Ed.) *Ciência, agricultura e sociedade*. Brasília, EMBRAPA Informação Tecnológica. p.117-154.
- MalaVolta E, Vitti GC & Oliveira AS (1997) Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ª ed. Piracicaba, Potafos. 319p.
- Marschner H (2012) *Mineral nutrition of higher plants*. 3ª ed. London, Elsevier. 643p.
- Nascimento MS, ARF O, Barbosa GF, Buzetti S, Nascimento RS & Castro RM (2009) Nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar em feijoeiro de inverno no sistema plantio direto. *Scientia Agraria*, 10:351-358.
- Pessoa ACS, Ribeiro AC, Chagas JM & Cassini STA (2000) 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*, 24:75-84.
- Rocha PRR, Araújo GAA, Carneiro JES, Cecon PR & Lima TC (2011) Adubação molibídica na cultura do feijão nos sistemas de plantio direto e convencional. *Revista Caatinga*, 24:9-17.
- Tedesco MJ, Volkweiss SJ & Bohnen H (1985) Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 188p. (Boletim Técnico, 5).
- Vieira RF, Ferreira ACB & Prado AL (2011) Aplicação foliar de molibdênio em feijoeiro: conteúdo do nutriente na semente e desempenho das plantas originadas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41:163-169.