

# Fontes e doses de zinco no feijoeiro cultivado em diferentes épocas de semeadura

Itamar Rosa Teixeira<sup>1\*</sup>, Aluizio Borém<sup>2</sup>, Alessandro Guerra da Silva<sup>3</sup> e Hamilton Kikuti<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Goiás, Rod. GO330, km 241, Anel Viário, 75780-000, Ipameri, Goiás, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. <sup>3</sup>Departamento de Agronomia, Universidade de Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil. <sup>4</sup>Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Cassilândia, Mato Grosso do Sul, Brasil.  
\*Autor para correspondência. E-mail: itamar.teixeira@ueg.br

**RESUMO.** Este trabalho teve por objetivo avaliar, em diferentes épocas de cultivo a produção do feijoeiro, submetido à aplicação foliar de fontes e doses de zinco. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 2 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos envolveram a combinação de três safras de cultivo (inverno, águas e seca), duas fontes de zinco (sulfato e cloreto de zinco) e cinco doses de zinco (0, 100, 200, 400 e 800 g ha<sup>-1</sup>), aplicadas via foliar, aos 25 e 35 dias após emergência da cultura. Na safra de inverno, foram obtidos os maiores rendimentos de grãos e de seus componentes (número de vagens por planta e número de grãos por vagem) e teor foliar de zinco, comparativamente, às safras das águas e seca. Não houve efeito da interação entre épocas de semeadura, doses e fontes de zinco. Em solos com teor de Zn próximo de 2,1 mg dm<sup>-3</sup>, não houve aumento de produtividade para o feijoeiro com a utilização de cloreto ou sulfato de zinco, aplicados via foliar.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*, rendimento, adubação, micronutriente.

**ABSTRACT. Sources and doses of zinc in common bean cultivated in different sowing seasons.** This work was carried out with the objective of evaluating dry bean yield in different seasons, submitted to foliar application of different sources and doses of zinc. A randomized block design with four replications was used in a 3 x 2 x 5 factorial arrangement. The treatments were formed by the combination of three growing seasons ("fall/winter", "spring/summer" and "fall/summer" seasons), two zinc sources (zinc sulfate and zinc chloride) and five zinc doses (0, 100, 200, 400 and 800 g ha<sup>-1</sup>), divided into leaf sprayings at 25 and 35 days after emergence (DAE). For the winter crop, a greater increase was observed in grain yield, its main components (number of pods per plant and number of grains per plant) and leaf-zinc content, as compared to the other two seasons. There was no interaction between growing seasons, doses and sources of zinc. In soils with zinc content of 2.1 mg dm<sup>-3</sup>, the addition of this nutrient by foliar application did not result in increase of bean yield.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris*, yield, fertilization, micronutrient.

## Introdução

No Brasil, apesar de a produtividade média do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ser de apenas 715 kg ha<sup>-1</sup> (Conab, 2006), a cultura apresenta característica empresarial em determinadas situações, com o emprego de alto nível tecnológico, especialmente na terceira época de cultivo, denominada inverno, quando é possível obter produtividades superiores a 3.500 kg ha<sup>-1</sup>. Esta época de cultivo ocorre na região de cerrado, sendo realizada por médios e grandes produtores. Há outras duas épocas tradicionais de cultivo dessa leguminosa (Fabacea), "águas" e "seca", que ainda são responsáveis, em grande parte pela produção brasileira, com predominância de

pequenos produtores, com adoção de baixo nível tecnológico na atividade.

Neste aspecto, a nutrição mineral de plantas destaca-se como um dos fatores mais importantes para a obtenção de elevadas produtividades, entretanto, muitas vezes, é negligenciada por técnicos e produtores.

Nos solos tropicais, em especial os de cerrado, o zinco destaca-se como o micronutriente mais limitante ao desenvolvimento das plantas (Teixeira *et al.*, 2004a e b; Gonçalves Jr. *et al.*, 2006), daí a necessidade de sua adição, visando maximizar a produção. Sua essencialidade para as plantas ocorre em razão da sua participação como cofator funcional, estrutural ou regulador de grande número de

enzimas (Marschner, 1995). É essencial para a síntese do triptofano que, por sua vez, é o precursor do ácido indolacético, uma auxina (Taiz e Zeiger, 1998). Segundo Römheld (2001), o sintoma típico de deficiência de Zn é caracterizado pela clorose das folhas novas, por causa de distúrbios na formação de cloroplastos e de degradação da clorofila, associado à deformação das mesmas, a exemplo da chamada “folha pequena”, que ocorre em função da remobilização limitada desse nutriente nas plantas.

O feijoeiro é classificado com planta altamente sensível à deficiência de zinco (Martens e Westermann, 1991), fazendo com que, em condições em que este nutriente seja limitante ao desenvolvimento da cultura, seja necessário o seu fornecimento via adubação. Para Martinez *et al.* (2005), mesmo que a deficiência de zinco ocorra nos estádios iniciais de crescimento da planta, pode contribuir para substancial redução na produtividade.

Com relação à recomendação de zinco para o feijoeiro, constata-se que a mesma é bastante variável. O teor de zinco encontrado nas plantas também sofre grande variação, em função especialmente dos fatores do solo e das espécies e/ou cultivares. Geralmente, os teores adequados encontrados nas plantas situam-se em torno de 3 a 150 mg kg<sup>-1</sup>, em que comumente são encontrados sintomas de deficiência quando estes estão abaixo de 20 mg kg<sup>-1</sup> (Malavolta *et al.*, 1997)

As pesquisas referentes a micronutrientes são raras, comparativamente às investigações envolvendo o uso de macronutrientes; especificamente no caso do feijoeiro, poucos são os trabalhos que abordam o assunto, e, em muitos casos, com resultados contraditórios. No caso do zinco, por exemplo, há casos em que a sua adição promoveu acréscimo significativo de produção (Silveira *et al.*, 1996; Teixeira *et al.*, 2004a) e, em outros, ausência de resposta (Lima *et al.*, 1999). Outro fator que contribui para agravar a problemática dos estudos, envolvendo a aplicação do zinco, é que grande parte dos trabalhos desenvolvidos, geralmente, utilizam misturas, tornando difícil distinguir o seu real efeito sobre a planta do feijoeiro.

Este trabalho teve como objetivo avaliar, nas três safras de cultivo do feijoeiro, o efeito de diferentes fontes e doses de zinco sobre a produtividade e seus componentes primários, bem como os teores foliares de zinco.

### Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos na área experimental pertencente à Universidade Estadual

de Goiás - Unidade Ipameri, em Ipameri, Estado de Goiás, nas safras de “inverno”, de 2004; “águas” de 2004/2005; e “seca”, de 2005, na mesma localidade. As coordenadas geográficas da área são 17°43'19” latitude Sul e 48°09'35” longitude Oeste. A altitude do município é de 820 m e o clima regional é classificado como Cwa-Mesotérmico Úmido, com precipitação e a temperatura média anual de 1.750 mm e 25°C, respectivamente (Seplan, 2005).

Uma amostra composta da camada de 0-20 cm do solo foi coletada e analisada. Os resultados das análises químicas foram: pH (H<sub>2</sub>O) 6,0; P (mg dm<sup>-3</sup>) 2,0; K (mg dm<sup>-3</sup>) 58; Ca (cmol dm<sup>-3</sup>) 4,0; Mg (cmol dm<sup>-3</sup>) 1,2; Al (cmol dm<sup>-3</sup>) 0,0; H+Al (cmol dm<sup>-3</sup>) 2,0; m (%) 0,0; V (%) 65; B (mg dm<sup>-3</sup>) 0,7; Cu (mg dm<sup>-3</sup>) 1,5; Fe (mg dm<sup>-3</sup>) 32,0; Mn (mg dm<sup>-3</sup>) 10,2 e Zn (mg dm<sup>-3</sup>) 2,1. O extrator utilizado para quantificar os teores dos micronutrientes catiônicos do solo, incluindo o zinco, foi o Mehlich-1.

Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 2 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por três épocas de cultivo (inverno, águas e seca), combinadas com duas fontes de zinco (cloreto e sulfato de zinco) e cinco doses de zinco (0, 100, 200, 400 e 800 g ha<sup>-1</sup>), aplicadas via foliar.

As parcelas foram constituídas de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,50 m, sendo utilizadas as duas linhas centrais como área útil.

Nas três safras, os solos foram preparados de maneira convencional (uma aração e duas gradagens), e a calagem foi dispensada. A adubação básica foi realizada integralmente na semeadura, empregando-se 20 kg ha<sup>-1</sup> de N (úrea), 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples) e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio). Durante a semeadura, foi aplicado, juntamente com o fertilizante, o inseticida Forate. Aos 20 dias após emergência (DAE), foi realizada a adubação de cobertura na dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de sulfato de amônio, aplicado manualmente em filete contínuo, ao lado das plantas.

As semeaduras foram realizadas manualmente, em 15/6/2004, 20/11/2004 e 15/2/2005 nas safras de inverno, águas e seca. A cultivar Pérola foi utilizada na densidade de 12 plantas por metro.

As doses de zinco foram divididas em duas aplicações, aos 25 e 35 dias após emergência - DAE. Para maior precisão das doses, as aplicações dos tratamentos com Zn foram realizadas com pulverizador costal, com pressão constante de CO<sub>2</sub> (45 lb pol<sup>-2</sup>) e haste de um bico, conduzido à altura de 50 cm acima das plantas. O volume de calda

utilizado foi equivalente a 300 L ha<sup>-1</sup>, adicionando-se 1% (v/v) de Assist como espalhante adesivo.

Após cada aplicação, foi constatado um período mínimo de 72 horas, sem a ocorrência de chuvas, possibilitando o maior aproveitamento dos produtos. Durante as aplicações, com auxílio de lonas plásticas (6,0 x 1,8 m), nos dois lados da parcela, evitou-se a deriva das pulverizações.

O experimento de inverno foi conduzido com irrigação por aspersão convencional, e o da seca foi realizada apenas com irrigação complementar. Os demais tratamentos culturais, nas três safras, foram os usualmente aplicados à cultura.

Por ocasião do pleno florescimento, foram coletados 20 trifólios, em cada parcela, para determinação do teor de zinco, conforme recomendação de Malavolta *et al.* (1997). Após a coleta, as folhas foram lavadas em água deionizada, secadas e levadas para estufa de circulação forçada de ar, a 72°C, até massa de equilíbrio, sendo, posteriormente, moídas para o preparo da amostra.

Na maturação, nas três safras, as seguintes características agrônômicas foram avaliadas: rendimento de grãos e seus componentes (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e a massa de 100 grãos).

Os componentes do rendimento foram determinados a partir de amostra aleatória de dez plantas tomadas na área útil de cada parcela. O rendimento de grãos foi determinado pela pesagem da totalidade dos grãos colhidos na área útil, após a trilha de todas as plantas, incluindo a referida amostra de dez plantas. Também foi determinada a umidade dos grãos, e, então, o valor obtido foi corrigido para 13% de umidade.

Todas as características foram submetidas à análise de variância. Quando constatada significância, empregou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade para comparação entre as médias de épocas de cultivo e fontes de zinco. Para as doses de zinco, empregou-se a análise de regressão, para comparação dos resultados obtidos. A escolha das equações foram baseadas na significância dos termos da regressão, no coeficiente de determinação e no comportamento biológico das características avaliadas.

## Resultados e discussão

O teor foliar de Zn, o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem, a massa de 100 grãos e o rendimento de grãos foram influenciados pelas safras de cultivo; enquanto o teor foliar de Zn, pelas doses de zinco isoladamente. Não foi observado qualquer efeito das fontes de zinco

utilizadas, bem como da ocorrência de interações entre safras de cultivo e fontes e doses de Zn ( $p > 0,05$ ). Verifica-se que os coeficientes de variação obtidos com as características avaliadas foram compatíveis com os normalmente obtidos em experimentos com feijoeiros (Abreu *et al.*, 1994).

As maiores produtividades foram obtidas na safra de inverno (1.738 kg ha<sup>-1</sup>), seguido pela da seca (1.504 kg ha<sup>-1</sup>) e das águas (1.268 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 1), valores acima da média brasileira, que segundo a Conab (2006), situa-se em torno de 803; 542 e 901 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para o inverno, águas e seca. O elevado rendimento de grãos obtido nas safras de inverno e seca resultou certamente da utilização de irrigação quando necessária. Além disso, a menor incidência de pragas e doenças associada aos menores problemas com plantas daninhas também contribuiu decisivamente para obtenção dos referidos patamares de produtividades. Estas observações condizem com as afirmações de Araújo e Ferreira (2006), de que o cultivo de feijão da seca e de inverno proporciona menores problemas fitossanitários e obtém-se um produto de melhor qualidade pelo fato da ausência de chuva na colheita, o que leva, conseqüentemente, à obtenção de melhores preços no mercado.

**Tabela 1.** Valores médios do teor foliar de Zn (TFZ), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (MCG) e rendimento de grãos (RG) do feijoeiro submetido a diferentes fontes de zinco em três safras de cultivo.

Fatores	Características avaliadas				
	TFZ (mg kg <sup>-1</sup> )	NVP	NGV	MCG (g)	RG (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Safras de cultivo</b>					
Inverno	32 a	8,8 a	5,2 a	25,9 a	1738,3a
Águas	25 b	7,4 b	4,6 b	24,0 b	1267,9c
Seca	26 b	7,9 ab	4,3 b	24,7 b	1504,5b
<b>Fontes de zinco</b>					
Cloreto de zinco	29	7,9	4,7	25,0	1499,4
Sulfato de zinco	28	8,2	4,6	24,8	1507,7
Médias	28	8,0	4,7	24,9	1463,6
C.V. (%)	15,2	20,7	16,0	5,2	25,6

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não difere significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O componente do rendimento de grãos mais estreitamente relacionado com o rendimento de grãos é o número de vagens por plantas, que foi maior na safra de inverno (8,8) e da seca (7,9), corroborando, assim, os acréscimos do rendimento de grãos, resultados estes condizentes com os de Teixeira *et al.* (2004a). Nas águas, são mais frequentes as ocorrências de temperaturas elevadas, as quais, conforme relato de Andrade *et al.* (2006), constituem o fator climático de maior influência no vingamento de flores e retenção final de vagens do

feijoeiro.

Apesar de o número de grãos por vagem e massa de 100 grãos serem característica genética, com menor variação em função do ambiente, constataram maiores valores no inverno. Este resultado é justificado pela melhor disponibilidade de água e por temperaturas mais amenas, que freqüentemente favorecem o enchimento de vagens, diminuindo a ocorrência de vagens mal formadas. (Tabela 1). Para as referidas características, não foi notada diferença entre as safras das águas e da seca, o que pode ser atribuído ao fornecimento da irrigação complementar na seca, atenuando a insuficiência de água antes da etapa R8, ou formação de grãos (Silveira e Stone, 1994).

Os teores de zinco, nas folhas do feijoeiro, foram maiores no inverno (32 mg kg<sup>-1</sup>), comparativamente às épocas das águas e da seca, com valores de 25 e 26 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 1). Conforme Fageria (2000), os teores foliares de zinco considerados adequados para o bom desenvolvimento do feijoeiro situam-se em torno de 35 mg kg<sup>-1</sup>. Desta maneira, pode-se constatar que o teor de Zn obtido está próximo ao valor considerado adequado para o bom desenvolvimento do feijoeiro, o que foi justificado pela ausência de sintoma de deficiência.

Houve resposta significativa do feijoeiro à adição de doses de zinco somente sobre o teor foliar deste nutriente (Tabela 2), tendo sido obtido 58 mg kg<sup>-1</sup> de Zn, com a dose de 800 g ha<sup>-1</sup> de zinco, independente da fonte usada. Ressalta-se que, nas três safras de cultivo, as aplicações foliares de ambas as fontes ocasionaram lesões nas folhas, nas maiores doses usadas, o que se deve provavelmente, a problemas de fitotoxidez, pois o teor de Zn obtido estava bem acima daquele considerado adequado (35 mg kg<sup>-1</sup>). Frissa-se, entretanto, que este problema não promoveu redução de rendimento de grãos.

**Tabela 2.** Equações de regressão ajustadas e médias do número de vagens por planta e de grãos por vagem, massa de 100 grãos, teor foliar de zinco e rendimento de grãos do feijoeiro, em função de doses de zinco.

Características avaliadas	Unidade	Equação de regressão	R <sup>2</sup>
Zn na folha	mg kg <sup>-1</sup>	$\hat{y} = 23,6 + 0,0425^{**}N$	0,97
Vagens por planta	n.º	$\hat{y} = \bar{y} = 8,0$	-
Grãos por vagem	n.º	$\hat{y} = \bar{y} = 5,0$	-
Massa de 100 grãos	g	$\hat{y} = \bar{y} = 25,0$	-
Rendimento de grãos	kg ha <sup>-1</sup>	$\hat{y} = \bar{y} = 1504,0$	-

\*\* Significativo a p < 0,01.

A aplicação foliar de zinco foi eficaz em

aumentar os teores foliares desse nutriente nas folhas dos feijoeiros. Estes resultados corroboram as afirmações de Martinez et al. (2005) e Franco et al. (2005), de que o zinco apresenta alta mobilidade no floema das plantas, sendo retranslocado da parte aérea para o sistema radicular e vice-versa. Neste contexto, pode-se dizer que, para os casos de comprovada deficiência de zinco em lavouras implantadas, a aplicação foliar torna-se eficaz em solucionar o problema, entretanto, nos plantios posteriores, é recomendável que se promova a adubação com zinco na base, ou seja, via solo.

A falta de resposta do feijoeiro à aplicação foliar das doses de zinco, apresentado pelo rendimento e seus componentes (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos), pode ser atribuído ao teor adequado deste nutriente encontrado no solo (2,1 mg dm<sup>-3</sup>), pois, de acordo com Fageria et al. (2000), solos com teor de zinco acima de 0,7 mg dm<sup>-3</sup>, quantificado pelo extrator Mehlich 1, podem ser considerados adequados para a cultura do feijão. Esta afirmativa está consonante aos resultados de Teixeira et al. (2004a e b) que encontraram resposta dos feijoeiros à adubação com zinco em solo, no qual o teor desse nutriente estava em torno de 0,5 mg dm<sup>-3</sup>, e que foi classificado como deficiente.

## Conclusão

Comparativamente às safras das águas e da seca, a de inverno destacou-se como a mais produtiva.

Em solo com teor de zinco próximo de 2,1 mg dm<sup>-3</sup>, a aplicação foliar de cloreto ou sulfato de Zn promove acréscimo linear do seu teor nas folhas do feijoeiro, mas não influencia o rendimento de grãos.

## Referências

- ABREU, A.F.B. et al. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 23, n. 1, p. 105-112, 1994.
- ANDRADE, M.J.B. et al. Exigências edafoclimáticas. In: VIEIRA, C. et al. (Ed.). *Feijão*. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 67-86.
- ARAÚJO, G.A.A.; FERREIRA, A.C.B. Manejo do solo e plantio. In: VIEIRA, C. et al. (Ed.). *Feijão*. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 87-114.
- CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. *Safra 2004/2005*. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.conab.br/safras.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2006.
- FAGERIA, N.K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. *Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient.*, Campina Grande,

v. 4, n. 3, p. 390-395, 2000.

FRANCO, I.A.L. *et al.* Translocação e compartimentalização de Zn plicado via ZnSO<sub>4</sub> e ZnEDTA nas folhas de cafeeiro e feijoeiro. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 332-339, 2005.

GONÇALVES JUNIOR, A.C. *et al.* Avaliação de extratores e fitodisponibilidade de zinco para a cultura do milho em Latossolo Vermelho eutroférico. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 28, n. 1, p. 7-12, 2006.

LIMA, S.F. *et al.* Resposta do feijoeiro à adubação foliar de boro, molibdênio e zinco. *Cienc. Agrotec.*, Lavras, v. 23, n. 2, p. 462-467, 1999.

MALAVOLTA, E. *et al.* *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Academic Press, 1995.

MARTENS, D.C.; WESTERMANN, D.T. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. In: MORTVEDT, J.J. *et al.* (Ed.). *Micronutrients in agriculture*. 2<sup>nd</sup> ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 549-591.

MARTINEZ, H.E.P. *et al.* Translocação e compartimentalização de Zn em função de doses aplicadas em feijoeiro e cafeeiro via radicular. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 491-497, 2005.

RÖMHELD, V. Aspectos fisiológicos dos sintomas de

deficiência e toxicidade de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In: FERREIRA, M.E. *et al.* (Ed.). *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq, 2001. p. 70-84.

SEPLAN-Secretária de Planejamento do Estado de Goiás. *Coordenadas geográficas dos municípios*. Disponível em: <[http://portalsepin.seplan.go.gov.br/annualio/situacao\\_fisica/tabela1.htm](http://portalsepin.seplan.go.gov.br/annualio/situacao_fisica/tabela1.htm)>. Acesso em: 10 ago. 2005.

SILVEIRA, P.M. *et al.* Resposta do feijoeiro irrigado a boro, zinco e molibdênio. *Cienc. Agrotec.*, Lavras, v. 20, n. 2, p. 198-204, 1996.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Irrigação do feijoeiro por aspersão. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 17, n. 178, p. 28-34, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant physiology*. 2<sup>nd</sup> ed. Redwoodcy: Benjamin/Cummings, 1998.

TEIXEIRA, I.R. *et al.* Manganese and zinc leaf application on common bean grown on a "cerrado" soil. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 77-81, 2004a.

TEIXEIRA, I.R. *et al.* Teores de clorofila em plantas de feijoeiros influenciadas pela adubação com manganês e zinco. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 26, n. 2, p. 147-152, 2004b.

*Received on October 19, 2006.*

*Accepted on August 08, 2007.*