

Nutrição mineral do feijoeiro em função de doses de manganês e zinco

Mineral nutrition of bean plant at a function of rates manganese and zinc

Itamar Rosa Teixeira^{1*}; Aluizio Borém²; Geraldo Antônio de Andrade Araújo²; Renildes Lúcio Ferreira Fontes³; José Hortêncio Mota⁴; Alessandro Guerra da Silva⁵

Resumo

Em comparação com os macronutrientes, pode-se dizer que há poucas informações sobre os aspectos nutricionais referentes aos micronutrientes na cultura do feijoeiro. Este trabalho teve por objetivo verificar o efeito de diferentes doses de manganês e zinco aplicadas via foliar sobre a nutrição mineral do feijoeiro cultivado em solo de cerrado. Empregou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 5 envolvendo cinco doses de Mn (0, 75, 150, 300 e 600 g ha⁻¹) e cinco doses de Zn (0, 50, 100, 200 e 400 g ha⁻¹), fracionadas em duas aplicações foliares, aos 25 e 35 dias após emergência da cultura. Conclui-se que a adição foliar de Mn e Zn aumentou linearmente os teores foliares destes nutrientes. As doses correspondentes à máxima eficiência técnica de Mn e Zn (315 e 280 g ha⁻¹, respectivamente) propiciaram acréscimos nos teores foliares de N, K, Ca, Mg, S, B, Cu e Fe. Houve ainda decréscimo acentuado no teor de P, com a aplicação do manganês, principalmente na presença do zinco. De modo geral, à exceção dos teores de Mn e Zn, houve decréscimos em todos os nutrientes analisados nas dosagens superiores àquelas consideradas de máxima eficiência técnica, ou seja, 315 e 280 g ha⁻¹ de manganês e zinco, respectivamente.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, análise foliar, adubação, micronutrientes.

Abstract

At a comparison with macronutrients, it can maintain that to possess few information on nutritional aspects referring to micronutrients on beans. This work aims to verify the effect of different rates of manganese and zinc leaf applied on the mineral nutrition cultivated on a "cerrado" soil. A randomized blocks design, with four repetitions, at a factorial outline 5 x 5 was used, involving five rates of Mn (0, 75, 150, 300 and 600 g ha⁻¹) and five rates of Zn (0, 50, 100, 200 and 400 g ha⁻¹) sprayed twice at 25 and 35 days after emergency. It was concluded that the foliar addition of manganese and zinc increased linearly the foliar contents of Mn and Zn. The rates corresponding to maximum technical efficiency of Mn and Zn (315 and 280 g ha⁻¹, respectively) resulted increments the leaf content of N, K, Ca, Mg, S, B, Cu and Fe. Furthermore, there was a marked decrease on P content, under the application of manganese, mainly in the presence of the zinc. Excepting contents of Mn and Zn, there was all the nutrients decreased when used rates higher of maxim technical efficiency of Mn and Zn (315 and 280 g ha⁻¹, respectively).

Key words: *Phaseolus vulgaris*, foliar analysis, fertilization, micronutrients.

¹ UFMS, Núcleo de Ciências Agrárias, Cx. Postal 533, 79804-970, Dourados-MS. Email: itamart@ceud.ufms.br

² UFV, Depto. de Fitotecnia, Cx. Postal 37, 36570-000, Viçosa-MG.

³ UFV, Depto. de Solos.

⁴ ULBRA, Centro Universitário de Ji-Paraná, Cx. Postal 271, 78961-970, Ji-Paraná-RO.

⁵ FESURV, Depto. Agronomia, Cx. Postal 104, 75901-970, Rio Verde-GO.

* Autor para correspondência.

Introdução

Grande parte da área cultivada no Brasil com a cultura de feijão encontra-se na região de cerrado. Esses solos apresentam sérias limitações nutricionais ocasionadas pela elevada acidez, sendo a calagem a técnica indicada para contornar esse problema. Entretanto, o uso de método de recomendação de calagem que superestima a quantidade de calcário aplicado, a exemplo da saturação por bases, bem como a incorporação superficial do corretivo, tem trazido sérios problemas nutricionais relacionados à deficiência de micronutrientes, principalmente de manganês e zinco. O zinco, boro e molibdênio, são apontados como os micronutrientes que tem recebido maior atenção por parte dos pesquisadores, entretanto, com resultados contraditórios, pois há casos de resposta positiva da cultura a sua utilização (MELO et al., 1992; SILVEIRA; DYNIA; ZIMMERMAN, 1996) e também resultados que indicam redução (SCARAMUZZA, 1998; LIMA; ANDRADE; CARVALHO, 1999). Em relação ao manganês, a maioria dos trabalhos de pesquisa estão relacionados à sua toxidez; entretanto, ultimamente tem-se agravado o surgimento de casos de deficiência e o feijoeiro tem se mostrado como uma das culturas mais sensíveis (MARINHO et al., 1998; KIKUTI et al., 1998). Estes autores, trabalhando em solo de cerrado com pH de 6,9, em ambiente de casa de vegetação, observaram que a adição de 20 mg kg⁻¹ de solo de sulfato de manganês proporcionou acréscimo da ordem de 20% na produção de grãos do feijoeiro.

A existência do estreito limite entre as doses que promovem a deficiência e/ou toxidez de manganês e zinco na planta, aliado à existência de similaridade de raio iônico e grau de hidratação entre esses nutrientes traz dificuldades adicionais ao estudo e pode alterar significativamente o equilíbrio nutricional das plantas, via ação sinérgica ou antagônica sobre os demais nutrientes (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Apesar de importante, pouca atenção tem sido dada às interações envolvendo micronutrientes, as quais

podem elucidar melhor as suas funções no metabolismo da planta, bem como também controlar sua disponibilidade para as culturas, especialmente em condição de campo (FAGERIA, 2001).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo avaliar os aspectos nutricionais do feijoeiro cultivado em solo de cerrado, submetido a diferentes doses de manganês e zinco aplicadas via foliar.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em condição de campo, na safra das “águas”, numa propriedade particular no município de Ijaci-MG, em um solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, onde anteriormente havia sido constatada deficiência de manganês e zinco em lavoura comercial de feijão. O resultado da análise química do solo, da camada de 0-20cm, indicou: pH em H₂O (1:2,5) = 6,9; P disponível (Mehlich 1) = 3,0 mg dm⁻³; K⁺ (Mehlich 1) = 52 mg dm⁻³; Ca⁺² (KCl 1N) = 5,2 cmol_c dm⁻³; Mg⁺² (KCl 1N) = 1,9 cmol_c dm⁻³; Al⁺³ (KCl 1N) = 0,0 cmol_c dm⁻³; B (água quente) = 0,8 mg kg⁻¹; Cu (DTPA) = 1,2 mg kg⁻¹; Fe (DTPA) = 17 mg kg⁻¹; Mn (DTPA) = 1,1 mg kg⁻¹ e Zn (DTPA) = 0,5 mg kg⁻¹ de solo.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 5, em que os fatores foram: cinco doses de Mn (0, 75, 150, 300 e 600 g ha⁻¹) e cinco doses de Zn (0, 50, 100, 200 e 400 g ha⁻¹), sendo metade aplicada aos 25 dias após emergência (DAE) e a outra metade aos 35 DAE, utilizando-se, respectivamente, o sulfato de manganês e de zinco como fontes.

As pulverizações foram realizadas com pulverizador costal com pressão constante de CO₂ (45 lb pol²). O volume de calda utilizado foi equivalente a 300 L ha⁻¹, adicionando-se 1% (v/v) de assist como espalhante adesivo. A deriva das pulverizações durante as aplicações foi controlada com auxílio de lonas plástica (6,0 m x 1,8 m) nos dois lados da parcela.

Cada parcela foi constituída por quatro linhas de 5,0 m de comprimento, no espaçamento de 0,50 m, perfazendo 10 m² de área total e 5 m² de área útil (duas linhas centrais), com densidade de 12 plantas por metro.

O solo foi preparado de maneira convencional (uma aração e duas gradagens). Na semeadura empregou-se 20 kg ha⁻¹ de N (uréia), 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples) e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (KCl). Simultaneamente a semeadura foi aplicado, juntamente com os fertilizantes, o inseticida forate (granutox), para prevenção de pragas iniciais do feijoeiro. A aplicação de N em cobertura foi realizada aos 20 DAE, utilizando sulfato de amônio, para aplicar 200 kg ha⁻¹ (40 kg ha⁻¹ de N). O adubo foi distribuído manualmente em faixa contínua, ao lado das plantas.

A semeadura foi realizada manualmente, em 15/11/00. A emergência plena, computada quando cerca de 90% das plântulas haviam emergido, ocorreu em 21/11/00. Foi utilizado o cultivar Pérola, de grãos tipo carioca, hábito de crescimento indeterminado II/III (semi-ereto a prostrado), ciclo médio e resistente à mancha-angular, ferrugem e mosaico-comum (EMBRAPA, 1998).

Com relação às pragas, houve necessidade do controle de formigas por ocasião de emergência do feijoeiro. Foi observada pequena infestação de cigarrinha-verde (*Empoasca kraemeri*) e lagarta das vagens (*Maruca testutalis*); controladas, respectivamente, com o emprego dos inseticidas monocrotophos e deltamethrin. Houve ainda incidência de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), de forma generalizada no final do ciclo, não sendo empregado nenhum controle. Os demais tratamentos culturais foram o normalmente empregado na cultura.

Por ocasião da floração plena foi coletada, a partir do ápice, a primeira folha trifoliolada de 20 plantas na área útil da parcela e posteriormente lavadas com água deionizada e secas em estufa com circulação de ar a 70°C até obtenção de peso constante. Posteriormente o material seco foi moído em moinho

tipo Willey, e encaminhado para determinação dos teores foliares de nutrientes.

Os teores de nutrientes no material seco de folhas foram determinados de acordo com as seguintes metodologias: o nitrogênio por digestão sulfúrica, sendo quantificado no extrato o N-orgânico, utilizando-se o reagente Nessler; o teor de N-NO₃⁻ conforme metodologia descrita por Cataldo et al. (1975); para determinação do boro, as amostras foram submetidas à digestão por via seca (incineração), quantificando-se posteriormente o seu conteúdo por meio da colorimetria pela azometina H. Para os demais nutrientes (P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn) empregou-se a digestão nitroperclórica. O fósforo foi determinado por colorimetria, o potássio por fotometria de chama, o enxofre por turbidimetria e o cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Por ocasião da colheita avaliou-se o rendimento de grãos na área útil de cada parcela, sendo o peso originalmente corrigido para 13% de umidade.

Para análise dos dados obtidos, adotou-se a metodologia de superfícies de resposta, com cortes em seu eixo, sendo a escolha dos modelos baseada na significância do coeficiente de regressão (considerando-se o teste t a 5% de probabilidade) e no coeficiente de determinação. Para análises estatísticas dos dados utilizou-se o programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas).

Resultados e Discussão

Todos os nutrientes foliares foram significativamente influenciados pelos tratamentos, sendo que os teores de nitrogênio, boro, cobre e ferro se mostraram influenciados somente pelo manganês, enquanto que fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, manganês e zinco foram influenciados pela adubação com manganês e zinco e pela interação entre esses micronutrientes (Figura 1 e 2). Não houve efeito significativo isolado de zinco sobre nenhum nutriente analisado.

O melhor ajuste dos dados referentes ao teor de nitrogênio se deu através do modelo quadrático, sendo o teor máximo estimado (3,42 dag kg⁻¹) obtido com a dose 270 g ha⁻¹ de manganês (Figura 1). Esse valor é 10% superior ao valor obtido sem a aplicação de manganês (3,13 dag kg⁻¹). Esses resultados estão de

acordo com as observações de Marschner (1995), que afirma que o manganês em concentração adequada promove aumento nos teores de nitrogênio nas plantas, pelo fato desses dois nutrientes serem constituintes da molécula de clorofila.

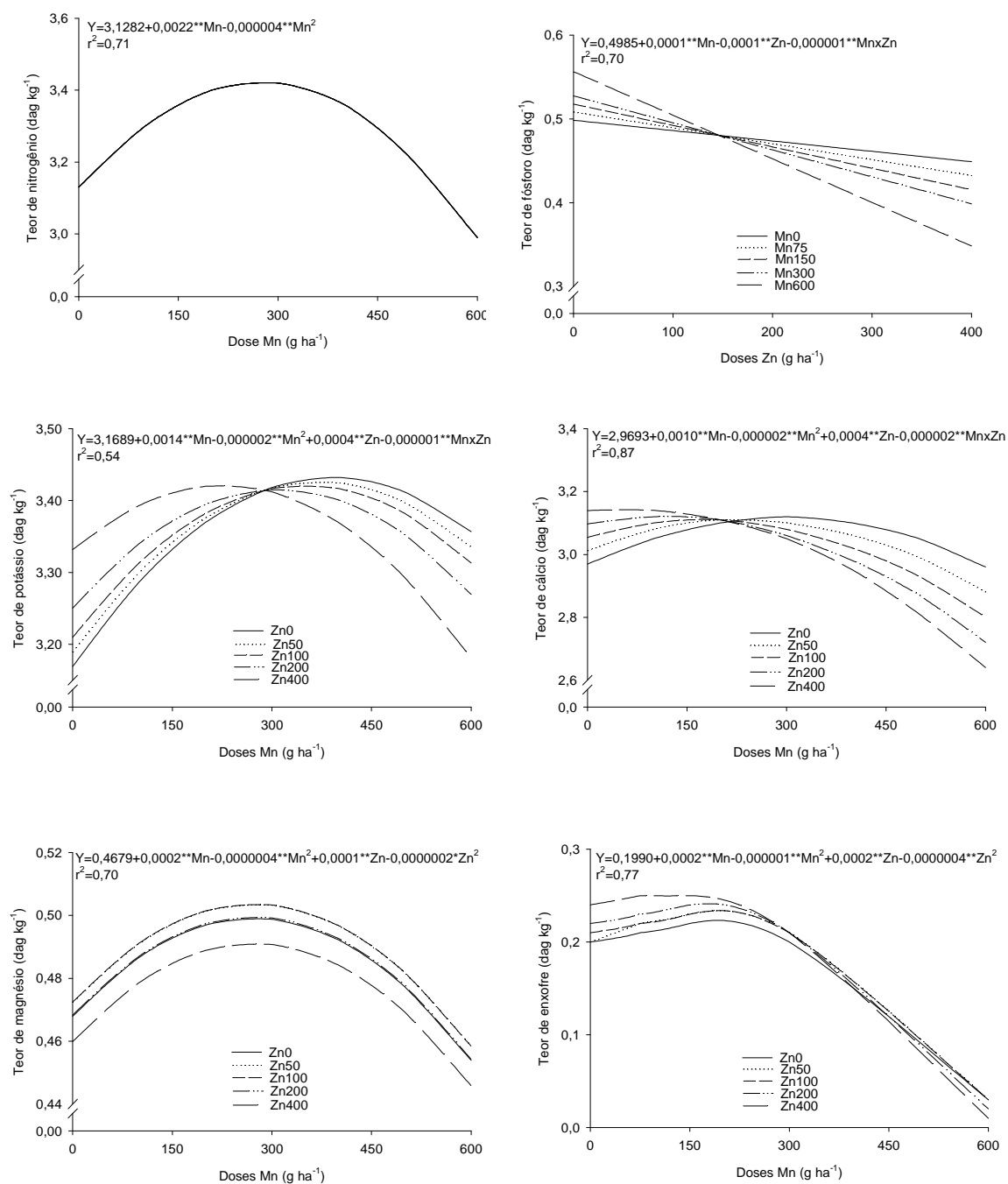


Figura 1. Estimativas dos teores foliares de macronutrientes no feijoeiro submetido a diferentes doses de manganês e zinco via foliar.

Com relação ao fósforo, nota-se que o seu teor foliar médio foi influenciado pela fertilização tanto com manganês como com zinco, sendo adotada uma superfície de resposta, onde o resultado mais marcante foi referente ao zinco (Figura 1). Apesar do decréscimo no teor de fósforo em função da fertilização, o valor médio encontrado ($0,41 \text{ dag kg}^{-1}$) ainda situou-se dentro do limite considerado adequado (MARTINEZ et al., 1999).

O efeito da interação Mn x Zn também foi observado para os teores de potássio, cálcio, magnésio e enxofre, sendo ajustadas superfícies de resposta com modelos quadráticos em que o manganês apresentou-se como o mais contrastante (Figura 1). Os teores foliares médios estimados (dag kg^{-1}) com as doses consideradas de máxima eficiência técnica (MET) para rendimento de grãos, ou seja, 315 g ha^{-1} de Mn e 280 g ha^{-1} de Zn (Figura 2), foram como se segue: K (3,41), Ca (3,10), Mg (0,50) e S (0,25). A ocorrência de interações entre os nutrientes catiônicos em questão já era esperada, visto que apresentam similaridade de raio iônico e podem competir entre si pelos sítios de absorção das plantas (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Vale ressaltar que, apesar da ocorrência de decréscimos dos teores dos nutrientes em questão nas maiores doses de Mn e Zn, os teores médios encontrados em todos os tratamentos ainda situaram-se dentro da faixa considerada adequada à nutrição do feijoeiro.

A aplicação das doses de Mn e Zn consideradas de MET propiciou uma produtividade máxima estimada de 2275 kg ha^{-1} de grãos (Figura 2), valor estes 60% superior ao tratamento testemunha (1425 kg ha^{-1}), ficando assim evidente, a importância do Mn e Zn na nutrição do feijoeiro, em solos da região do cerrado, deficientes nesses micronutrientes.

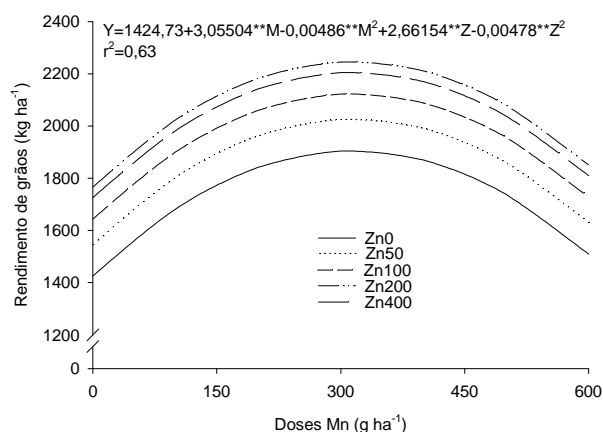


Figura 2. Estimativas do rendimento de grãos do feijoeiro submetido a diferentes doses de manganês e zinco via foliar.

A combinação das maiores doses de manganês e zinco resultou em aumento linear do teor foliar de manganês de aproximadamente 400 mg kg^{-1} , sendo que somente a adição do manganês foi responsável por 98% desse acréscimo (Figura 3). Comparando-se este valor com os dados da literatura verifica-se que esse teor está acima do teor considerado adequado ($200\text{-}300 \text{ mg kg}^{-1}$) para o feijoeiro o que, certamente, refletiu em toxidez nas plantas. Apesar disso, o teor médio de manganês proporcionado pela aplicação das doses de manganês e zinco consideradas de máxima eficiência técnica (MET) em relação ao rendimento de grãos (Figura 2), foi de 260 mg kg^{-1} , portanto, dentro do limite considerado adequado para a cultura do feijoeiro (MARTINEZ et al., 1999).

Quando se compara o acréscimo no teor foliar médio de Mn, proporcionado pela adubação foliar em relação ao tratamento testemunha, constata-se que este foi de aproximadamente 500%, mostrando nesse aspecto, a eficiência da adubação foliar. Verifica-se ainda, a incapacidade do solo utilizado em fornecer esse nutriente às plantas, uma vez que, sem a aplicação o teor foliar de manganês estimado foi de $65,06 \text{ mg kg}^{-1}$, portanto, bem abaixo daquele considerado adequado por Martinez et al. (1999), e inferior ao nível crítico, que é de 100 mg kg^{-1} como definido por Rosolem e Marubayashi (1994).

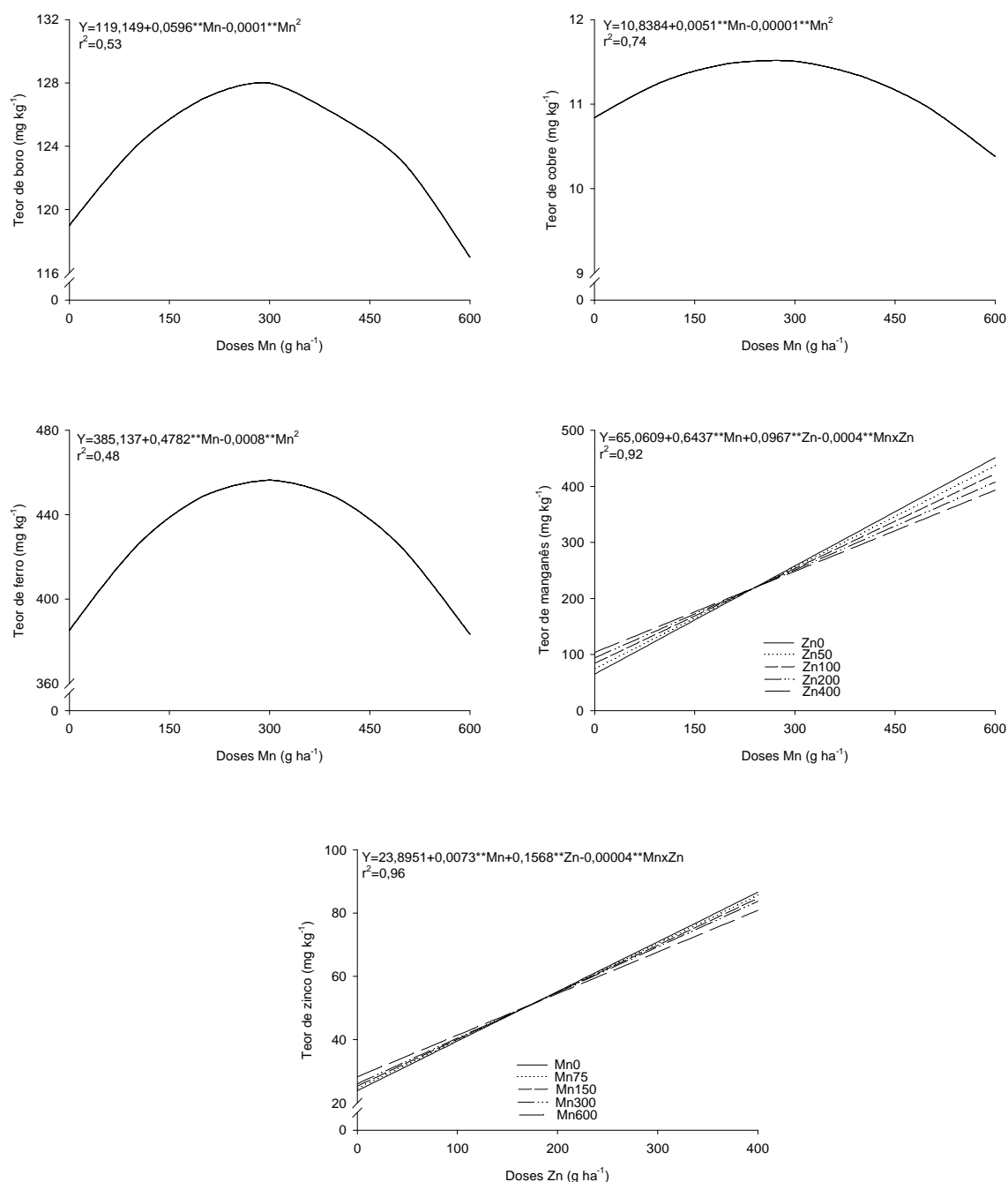


Figura 3. Estimativas dos teores foliares de micronutrientes no feijoeiro submetido a diferentes doses de manganês e zinco via foliar.

O teor foliar de zinco apresentou variação com adição de manganês e zinco, com resultado mais contrastante apresentado pelo zinco. Neste caso foi ajustada uma superfície de reposta, com modelo linear (Figura 3). A concentração mínima estimada de zinco

foi de 23,90 mg kg⁻¹ para o controle, sem manganês e zinco, enquanto que o teor máximo estimado de zinco, 81 mg kg⁻¹, foi obtido com as maiores doses estudadas. Verifica-se que a aplicação conjunta de manganês e zinco proporcionou aumento de 338%

no teor médio de zinco em relação ao controle, sendo a adubação com este micronutriente responsável por 78% desse acréscimo. Aqui novamente se constata que o máximo teor médio obtido está acima daquele considerado adequado (45-55 mg kg⁻¹), e que provavelmente refletiu em condição de toxidez às plantas. Quando se calcula, entretanto, o valor obtido com as doses de MET (Figura 2), obtêm-se um teor de 66,08 mg kg⁻¹, próximo ao limite adequado definido por Martinez et al. (1999). Vale lembrar que o teor de zinco encontrado nos tratamentos que não receberam adubação foliar está abaixo do nível crítico de 30 mg kg⁻¹ (REUTER; EDWARDS; WILHELM, 1997), indicando assim a necessidade de adubação.

Apesar do manganês e zinco serem considerados apenas parcialmente móveis (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997), os resultados obtidos mostram que a adubação foliar promoveu acréscimos lineares dos teores de manganês e zinco, sendo efetiva na correção dos sintomas de deficiência, corroborando assim com a afirmação de Dordas et al. (2001), de que a questão da imobilidade deixa de existir quando a aplicação do nutriente é feita diretamente nas folhas.

A eficiência observada com a aplicação de Mn e Zn via foliar deve-se, provavelmente, ao alto índice de utilização pelas plantas, uma vez que fora do contato com o solo o nutriente não fica menos sujeito às reações de insolubilização ou perdas, permitindo a aplicação de doses menores em comparação com as recomendações via solo, conforme observação de Volkweiss (1991).

Com relação aos demais micronutrientes (B, Cu e Fe) (Figura 2), os seus teores foliares na cultura do feijão, mostraram-se influenciados pelo manganês não ocorrendo, entretanto, influência do zinco e nem da interação entre eles. Pelo modelo adotado, os teores máximos estimados para estes nutrientes foram: 127,22 mg kg⁻¹ para B, 11,51 mg kg⁻¹ para Cu e 457 mg kg⁻¹ para Fe, obtidos respectivamente, com as doses 270, 260 e 457 g ha⁻¹ de Mn (Figura 3). Apesar dos decréscimos nos teores dos referidos

nutrientes nas maiores doses de manganês estudadas, nota-se que estes continuaram dentro dos limites considerados adequados para a cultura do feijoeiro.

Conclusões

1. A adubação com manganês e zinco promoveu acréscimos lineares nos teores foliares de Mn e Zn;
2. O emprego das doses consideradas de máxima eficiência de manganês e, ou, zinco propiciaram acréscimos nos teores de N, K, Ca, e Mg, B, Cu e Fe e decréscimo acentuado no teor de P, principalmente na presença do zinco;
3. De modo geral, as maiores doses de manganês e zinco, propiciaram decréscimos nos teores foliares, dos outros nutrientes analisados.

Referências

- CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHRADER, L. E.; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitrification of salicylic acid. *Communication Soil Science Plant Analysis*, Monticello, v.6, p.71-80, 1975.
- DORDAS, C.; SAH, R.; BROW, P. H.; ZENG, Q.; HU, H. Remobilização de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. VAN.; ABREU, C.A. (Ed.). *Micronutrientes e elementos tóxicos na Agricultura*. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.43-85.
- EMBRAPA. *Informativo Anual das Comissões Regionais de Feijão: cultivares de feijão recomendadas para o plantio no ano agrícola 1998/1999*. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1998.
- FAGERIA, V. D. Nutrient interactions in crop plants. *Journal Plant Nutrition*, New York, v.24, p.1269-1290, 2001.
- KIKUTI, H.; TEIXEIRA, I. R.; MARINHO, J. T. S.; CARVALHO, J. G.; ANDRADE, M. J. B. Efeito do manganês na produção da matéria seca das cultivares de feijão Pérola e Carioca na época do florescimento. In: FERTIBIO, I., 1998, Caxambu. *Anais... Lavras: UFLA*, 1998. p.711.
- LIMA, S. B.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, J. G. Resposta do feijoeiro à adubação foliar de boro, molibdênio e zinco. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.23, p.462-467, 1999.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.
- MARINHO, J. T. S.; TEIXEIRA, I. R.; KIKUTI, H.; CARVALHO, J. G.; ANDRADE, M. J. B. Resposta das cultivares de feijão Pérola e Carioca a doses de manganês. In: FERTIBIO, I., 1998, Caxambu. *Anais...* Lavras: UFLA, 1998. p.710.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995.
- MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Estado de Minas Gerais, 1999. p.143-168.
- MELLO, E. F. R. Q.; RONZELLI JÚNIOR, P.; PREVEDELLO, B. M. S.; KOEHLER, H. S. Avaliação dos teores de zinco no solo e em feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.27, p.373-380, 1992.
- REUTER, D. J.; EDWARDS, D. G.; WILHELM, N. S. Temperate and tropical crops. In: REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. (Ed.). *Plant analysis: in interpretation manual*. 2.ed. Collingwood: CSIRO, 1997. p.83-284.
- ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. *Seja doutor do seu feijoeiro. Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 68, p. 1-16, 1994.
- SCARAMUZZA, J. F. *Produtividade de grãos e teores foliares de nutrientes em feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) em resposta à aplicação de boro, zinco, e cobre, via foliar ou no sulco*. 1998. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SILVEIRA, P. M.; DYNIA, J. F.; ZIMMERMANN, F. J. P. Resposta do feijoeiro irrigado a boro, zinco e molibdênio. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.20, p.198-204, 1996.
- VOLKWEISS, S. J. Fontes e métodos de aplicação. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. *Micronutrientes na Agricultura*. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.391-412.