

UTILIZAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NA CULTURA DO FEIJOEIRO CULTIVADO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

THE USE OF MICRONUTRIENTS IN COMMON BEAN CROP CULTIVATED UNDER NO-TILLAGE SYSTEM

Regina Maria Quintão LANA¹; Rildo Prudente PEREIRA²; Angela Maria Quintão LANA³; Marcos Vieira de FARIA²

1. Professora, Doutora, Instituto de Ciências Agrárias - ICIAG, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, MG, Brasil. rmqlana@iciag.ufu.br; 2. Graduando em Agronomia, ICIAG – UFU; 3. Professora, Doutora, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

RESUMO: O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Mandaguari Agropecuária no ano de 2003, localizada no município de Indianópolis-MG, com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de micronutrientes na cultura do feijoeiro, em área cultivada há mais de oito anos sob sistema plantio direto. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com cinco blocos e oito tratamentos, sendo eles: testemunha (ausência de micronutrientes); Co e Mo, nas respectivas doses de 0,25 e 60 g ha⁻¹; Mo, B, Zn, Mn, Cu, sendo o Mo na dose de 44 g ha⁻¹ e os demais nas doses, em kg ha⁻¹, de 0,80 para o B, 4,00 para o Zn, 0,88 para Mn, e 0,35 para o Cu; Zn na dose de 5,0 kg ha⁻¹; B na dose de 3,0 kg ha⁻¹; Cu na dose de 3,0 kg ha⁻¹; Mn na dose de 5,0 kg ha⁻¹; e coquetel de todos micronutrientes (aplicação de Co, Mo, Zn, B, Cu e Mn). As variáveis avaliadas foram: teor foliar de N e micronutrientes, massa de 100 grãos (g), produtividade (kg ha⁻¹) e teor de micronutrientes no solo (pós-colheita). Não se observou aumento dos teores de micronutrientes no solo. Os teores foliares de micronutrientes só variaram em relação ao cobre. Concluiu-se que, para a variável produtividade, os tratamentos com Zn, Co e Mo resultaram nos maiores rendimentos.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris*. Fertilizantes. Nutrição. Micronutrientes. Tratamento de sementes.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), com um consumo per capita de 20,3 kg ha⁻¹. Essa produção ainda pode aumentar bastante com o desenvolvimento e aprimoramento de novas técnicas, como a adubação com micronutrientes.

Os micronutrientes, apesar de requeridos em doses baixas, são muito importantes. A deficiência de um micronutriente nas plantas pode desorganizar os processos metabólicos e causar a deficiência de um macronutriente (EMBRAPA, 1996). A baixa fertilidade de alguns solos, a maior remoção de nutrientes pelas colheitas e o uso crescente de calcário e adubos fosfatados são fatores que contribuem para a maior insolubilização de micronutrientes (BATAGLIA; RAIJ, 1989). Assim, por muitas vezes, têm ocorrido deficiências de micronutrientes em várias culturas. Deficiências de B e Zn são as mais comuns nas culturas brasileiras (MALAVOLTA et al., 1997).

Algumas respostas ao uso de micronutrientes na cultura do feijoeiro têm sido observadas. Junqueira Netto et al., (1993) obtiveram respostas positivas à aplicação de zinco no feijoeiro, via foliar, com aumentos médios de 702 kg ha⁻¹ de grãos. O cobre também é um elemento importante

para o feijoeiro. Oliveira et al. (1996) indicaram, em casos de deficiência, aplicação foliar de solução de sais solúveis de Cu imediatamente após a emergência das plântulas, realizando-se pulverizações adicionais quando reaparecessem sintomas de deficiência. Os mesmos autores também relataram que a deficiência de manganês em feijão é caracterizada por enrugamento das folhas e murchamento. As plantas afetadas (< 30 mg kg⁻¹) ficam pequenas, com caules delgados de coloração verde-pálida e folhagem amarela. A formação de ramos não é inicialmente afetada, mas o caule pode cessar o crescimento se a deficiência persistir. Há redução na produção de flores, vagens e grãos, trazendo como consequência a baixa produção. Usando a técnica do elemento faltante, Andrade (1997) verificou que o B, quando omitido da adubação, foi o nutriente mais limitante para a produção do feijoeiro cultivado em solos de várzea. O autor relata que a deficiência de B foi tão drástica que, além da redução do crescimento da parte aérea e dos sintomas típicos de deficiência observados nas plantas, não houve produção de grãos. Cita também que o crescimento e a produção foram normalizados com a aplicação de 0,5 mgdm⁻³ de B. A importância do Mo para as leguminosas está na sua relação direta com o processo biológico de fixação do nitrogênio (a nitrogenase catalisa a redução do N₂

atmosférico até NH_3 , feita pelo *Rhizobium*, nos nódulos radiculares) e na incorporação do nitrogênio em moléculas orgânicas (redutase do nitrato que catalisa a redução do NO_3 a NO_2) (DECHEN et al., 1991). Amane et al. (1994) concluíram que o Mo pode até mesmo substituir a adubação em cobertura de N, em solos da Zona da Mata de Minas Gerais. O Co também é fundamental na fixação de N em plantas leguminosas, por ser imprescindível ao funcionamento da enzima leghemoglobina (MARSCHNER, 1995).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de micronutrientes, no tratamento de semente e via sulco de semeadura, sobre o feijoeiro, semeado no período das águas, no sistema plantio direto, em solo de cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Mandaguari Agropecuária, no ano de 2003, no período das águas, em Latossolo Vermelho Escuro cultivado há mais de oito anos sob sistema plantio direto, localizado no município de Indianópolis-MG, de declividade suave, temperatura média de 25°C , altitude 850m, precipitação em torno de 1200 mm ano^{-1} , umidade relativa do ar 50–60% (seca), 85–90% (inverno).

O solo foi analisado na camada de 0 a 10 cm, constituindo-se de argila 60%; pH (água) 5,5; matéria orgânica 360 g kg^{-1} ; CTC $7,95\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ e saturação de bases (V) 47%. Os teores dos nutrientes foram: $8,0\text{ mg dm}^{-3}$ para o fósforo (médio); 98 mg dm^{-3} para o K (médio); $2,6\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ para o cálcio (bom); 0,9 para o magnésio (médio). Com relação aos micronutrientes, em mg dm^{-3} , o teor de boro (B) estava médio (0,4), cobre (Cu) alto (2,8), manganês (Mn) baixo (2,5), zinco (Zn) alto (6,0), e ferro (Fe) alto (81,0), de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo cinco blocos com oito tratamentos, totalizando 40 parcelas. Os tratamentos foram: 1) testemunha (ausência de micronutrientes); 2) Co e Mo, nas respectivas doses de 0,25 e 60 g ha^{-1} ; 3) Mo, B, Zn, Mn, Cu, sendo o Mo na dose de 44 g ha^{-1} e os demais nas doses, em kg ha^{-1} , de 0,80 para o B, 4,00 para o Zn, 0,88 para Mn, e 0,35 para o Cu; 4) Zn na dose de $5,0\text{ kg ha}^{-1}$; 5) B na dose de $3,0\text{ kg ha}^{-1}$; 6) Cu na dose de $3,0\text{ kg ha}^{-1}$; 7) Mn na dose de $5,0\text{ kg ha}^{-1}$; e 8) coquetel de micronutrientes (aplicação de Co, Mo, Zn, B, Cu e Mn). O Co e o Mo foram aplicados via tratamento de semente e os

demais, no sulco de semeadura. As matérias primas utilizadas, com suas porcentagens totais de micronutrientes, foram: Co e Mo (0,01% de Co e 2,5% de Mo, com 100% de solubilidade em H_2O); Mo, B, Zn, Mn, Cu (0,1% de Mo, 9% de Zn, 1,8% de B, 0,8% de Cu e 2% de Mn, com 35% de solubilidade em H_2O); Zn (25% de Zn, com 68% de solubilidade em H_2O); B (10% de B, com 90% de solubilidade em H_2O); Cu (10% de Cu, com 50% de solubilidade em H_2O) e Mn (20% de Mn, com 75% de solubilidade em H_2O).

Cada parcela apresentou uma área de $13,5\text{ m}^2$, sendo constituída por seis linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas 0,45 m entre si, totalizando uma área de 540 m^2 . Os fertilizantes foram aplicados juntamente com a semente no sulco de semeadura. A adubação de semeadura foi feita de acordo com a exigência da cultura conforme Chagas et al. (1999). Utilizaram-se 500 kg ha^{-1} da formulação 06-18-08, seguido de adubação de cobertura com sulfato de amônio (200 kg ha^{-1}), 30 dias após emergência, aplicado superficialmente ao lado da linha de semeadura. A semeadura foi realizada manualmente, utilizando-se 13 sementes por metro linear de sulco a uma profundidade de cinco centímetros, sendo utilizada a cultivar FT Nobre.

A colheita foi realizada manualmente aos 96 dias após a semeadura. As variáveis avaliadas foram: teor foliar de N e micronutrientes, massa de 100 grãos (g), produtividade (kg ha^{-1}) e teor de micronutrientes no solo (pós-colheita). Estes teores foram determinados segundo EMBRAPA (1997). Foram coletadas cinco subamostras de solo em cada parcela, na camada de 0-20 cm, com largura correspondente à distância entre os pontos médios entre os sulcos de semeadura. Para avaliação do teor de micronutrientes no tecido foliar retiraram-se folhas do terço mediano da planta na época da floração, conforme Bataglia et al. (1985). Estas folhas foram secas em estufa de ventilação forçada a 65°C , até peso constante, em seguida elas foram moídas para análise química, realizada no Laboratório de Solos do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação aos teores de nitrogênio e de micronutrientes presentes nas folhas do feijoeiro, observou-se que houve diferença significativa somente em relação aos níveis de cobre, onde o tratamento com Co e Mo apresentou o maior teor (Tabela 1).

TABELA 1. Teores médios de N (g kg^{-1}) e dos micronutrientes Zn, B, Cu e Mn (mg kg^{-1}) em folhas da cultivar de feijoeiro FT Nobre, Indianópolis - MG, 2003.

Tratamentos	N	Zn	B	Cu	Mn
Testemunha	32,6 a	26,8 a	23,40 a	7,40 ab	72,80 a
Co e Mo	35,8 a	42,2 a	26,40 a	7,80 a	70,60 a
Mo, B, Zn, Mn, Cu	28,6 a	33,2 a	25,60 a	7,00 abc	69,80 a
Zn	32,8 a	29,6 a	28,80 a	5,80 bc	76,40 a
B	34,8 a	24,4 a	28,60 a	6,20 abc	82,00 a
Cu	30,6 a	32,6 a	34,20 a	5,80 bc	82,00 a
Mn	31,2 a	29,6 a	34,80 a	6,20 abc	73,60 a
Coquetel de Micronutrientes	29,6 a	30,4 a	21,20 a	5,60 c	70,40 a
CV (%)	14,56	31,28	21,46	38,43	17,29

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto à produtividade do feijoeiro, os maiores índices foram obtidos quando se aplicou o tratamento com zinco no sulco de semeadura e o tratamento de semente com cobalto e molibdênio (Tabela 2), resultando aumento de 41,5% e de 28% respectivamente, em relação à testemunha. Esse

resultado aponta para a importância do Zn, Co e Mo no incremento da produtividade do feijoeiro.

Para o peso de 100 grãos, as diferenças entre os tratamentos não foram significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela 2).

TABELA 2. Médias da produtividade em kg ha^{-1} (PROD) e peso médio de 100 grãos em g (PCG) da cultivar de feijoeiro FT Nobre, Indianópolis – MG, 2003.

Tratamentos	PROD	PCG
Testemunha	2.868 c	12,28 a
Co e Mo	3.672 ab	14,70 a
Mo, B, Zn, Mn, Cu	3.456 bc	13,25 a
Zn	4.056 a	15,42 a
B	3.324 bc	14,14 a
Cu	3.396 bc	13,54 a
Mn	3.324 bc	13,34 a
Coquetel de Micronutrientes	3.060 c	13,22 a
CV (%)	8,53	16,46

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo CFSEMG (1999) os teores de nitrogênio foliar apresentaram teores adequados na maioria dos tratamentos, exceto no tratamento com Mo, B, Zn, Mn, Cu e no tratameto com Zn. Já, os

teores de micronutrientes foliares apresentaram teores abaixo da faixa estabelecida, indicando um estado nutricional deficiente para a cultura do feijão (Tabela 3).

TABELA 3. Médias dos níveis de micronutrientes Zn, B, Cu e Mn, em mg dm^{-3} , nas folhas, após o ciclo da cultura do feijão, Indianópolis – MG, 2003.

Tratamentos	Zn	B	Cu	Mn
-------------	----	---	----	----

Testemunha	2,68 a	0,496 a	1,70 a	5,06 a
Co e Mo	4,22 a	0,576 a	1,72 a	4,26 a
Mo, B, Zn, Mn, Cu	3,32 a	0,404 a	1,48 a	4,56 a
Zn	2,96 a	0,638 a	1,60 a	5,84 a
B	2,44 a	0,614 a	2,40 a	4,44 a
Cu	3,26 a	0,714 a	3,52 a	5,70 a
Mn	2,96 a	0,64 a	2,50 a	4,02 a
Coquetel de Micronutrientes	3,04 a	0,572 a	1,42 a	4,64 a
CV (%)	25,03	26,52	19,48	34,24

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Respostas à aplicação de Zn no feijoeiro foram obtidas por Junqueira Netto et al. (1993) com aplicação via foliar, resultando em aumentos médios de 702 kg ha⁻¹ de grãos em Latossolo Roxo distrófico de Lavras, MG. A resposta positiva do Co e Mo na cultura do feijoeiro provavelmente está associada ao metabolismo do nitrogênio, onde enzimas fazem a redução deste elemento. O Mo é constituinte da nitrogenase, que segundo Dechen et al., (1991) catalisa a redução do N₂ atmosférico até NH₃ na fixação biológica do nitrogênio, feita pelo *Rhizobium*, nos nódulos radiculares e é importante na incorporação do nitrogênio em moléculas orgânicas, através da redutase do nitrato que catalisa a redução do NO₃ a NO₂. Trabalhos realizados por Berger et al. (1993) são concordantes com esses dados. Da mesma forma que o Mo, o Co é um elemento de papel fundamental na fixação de N em plantas leguminosas, por ser imprescindível ao funcionamento da enzima leghemoglobina presente nos nódulos (MARSCHNER, 1995).

A testemunha (ausência de micronutrientes) apresentou baixa produtividade (Tabela 2) mesmo com teores de micronutrientes no solo classificados como médio e alto. O tratamento que recebeu todos os micronutrientes (coquetel de micronutrientes) também apresentou baixa produtividade. Esse resultado indica que é importante balancear a aplicação de micronutrientes no solo, visto que uma aplicação desequilibrada pode atuar de forma desfavorável ao desenvolvimento da cultura. É importante ressaltar que mesmo o Zn estando em

teor alto no solo, segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), houve resposta positiva à sua aplicação, evidenciando a necessidade de se conhecer melhor a exigência do feijoeiro em relação a este micronutriente.

Os teores de micronutrientes determinados no solo não diferiram entre os tratamentos aplicados, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela 3). Provavelmente isto se deve a complexação dos micronutrientes com a matéria orgânica do solo (360 dag kg⁻¹), haja visto que o solo da área já era cultivado sob plantio direto há mais de oito anos. Um outro fator contribuinte para complexação foi o fato de que as fontes de fertilizantes utilizadas são de alta solubilidade. Segundo Bayer e Mielniczuk (1999), a matéria orgânica além de fornecer nutrientes e trazer benefícios físicos ao solo, complexa elementos tóxicos e também micronutrientes. Essa complexação tem sido observada por diversos pesquisadores, como Borkert et al. (2001), os quais relataram que o manganês pode se complexar com a matéria orgânica diminuindo a disponibilidade desse elemento.

Alloway (1995) diz que além de haver ligações entre metais, como Cu, Fe, Mn, Zn e Co com a matéria orgânica, há ainda um alto grau de seletividade mostrado pelas substâncias húmicas por certos metais, o que sugere que eles coordenam diretamente com grupos funcionais da matéria orgânica, formando complexos de esfera interna.

CONCLUSÃO

A aplicação de zinco (Zn) no sulco de semeadura resultou na maior produtividade de grãos de feijão.

O tratamento de semente de feijão com cobalto (Co) e molibdênio (Mo) resultaram em aumentos significativos da produtividade do feijoeiro.

ABSTRACT: This work was conducted in Mandaguari Agropecuária Farm in the year of 2003, located in the city of Indianópolis-MG, with the objective to evaluate the application effect of micronutrients in common bean crop, in cultivated area for more than eight years under no-tillage system. The experimental design used was entirely randomized with four blocks and eight treatments, being them: micronutrients free checks control ; Co e Mo, in the following doses of 0,25 and 60 g ha⁻¹; Mo, B, Zn, Mn, Cu, being the Mo in doses of 44 g ha⁻¹ and the rest in doses (kg ha⁻¹) of 0,80 for B, 4,00 for Zn, 0,88 for Mn, and 0,35 for Cu; Zn in dose of 5,0 kg ha⁻¹; B in dose of 3,0 kg ha⁻¹; Cu in dose of 3,0 kg ha⁻¹; Mn in dose of 5,0 kg ha⁻¹; and cocktail of all micronutrients (application of Co, Mo, Zn, B, Cu and Mn). The variables analyzed were: N and micronutrients foliar levels, weight of 100 grains (g), yield (kg ha⁻¹) and micronutrient levels on soil (after harvesting). Increases in micronutrient levels on soil were not observed. Foliar levels of micronutrients only varied in relation to Co. For the variable of yield, it can be concluded that the treatments with Zn, Co and Mo gained the best results.

KEYWORDS: *Phaseolus vulgaris*. Fertilizers. Nutrition. Micronutrients. Seed treatments.

REFERÊNCIAS

- ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**. Londres, Blackie Academic, 1995. 368 p.
- AMANE, M. I. V.; VIEIRA, C.; CARDOSO, A. A.; ARAUJO, G. A. A. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenadas e molíbdica. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 234, p. 202-216, 1994.
- ANDRADE, C. A. B. **Limitações de fertilidade e efeito do calcário para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos de várzea do sul de Minas Gerais**. 1997. 107p. Tese (Doutorado em Agronomia – Fitotecnia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1985. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- BATAGLIA, O. C.; RAIJ, B. V. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 205-212, 1989.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Gênese, 1999. p. 9-26.
- BERGER, P. G.; VIEIRA, C.; ARAUJO, G. A. de A. Adubação molíbdica por via foliar na cultura do feijão: efeitos de doses. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p.159.
- BORKERT, C. M.; PAVAN, M. A.; BATAGLIA, O. C. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês. In: **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal, SP: CNPq/Fapesp/Potafos, 2001. p. 151-185.
- CHAGAS, J. M.; BRAGA, M. J.; VIEIRA C.; SALGADO, L. T.; NETO, A. J.; ARAÚJO, G. A. A.; ANDRADE, M. J. B.; LANA, R. M. Q.; RIBEIRO, A.C. Feijão. In: **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. p. 306-307.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa: UFV, 1999. 359 p.

DECHEN, A. R.; HAAG, H. P.; CARMELLO, Q. A. C. Função dos micronutrientes nas plantas. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES, 1., 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p. 65-78.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Informações técnicas para o cultivo de feijão.** Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 32p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p.

JUNQUEIRA NETTO, A.; RAMOS, A. A.; VALIRIO, C. R. Efeito da adubação foliar com zinco sobre a produtividade do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p. 162.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2ed. New York: Academic, 1995. 889 p.

OLIVEIRA, I. P.; ARAÚJO, R. S.; DUTRA, L. G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: Potafós, 1996, p. 169-2