

## RESPOSTA DO SORGO À APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NUM LATOSOLO VERMELHO-AMARELO DE ITAMARANDIBA, MINAS GERAIS \*

Victor Hugo Alvarez V.  
Braz Vitor Defelipo  
Nairam Félix de Barros\*\*

### 1. INTRODUÇÃO

A pesquisa acerca da fertilidade dos solos brasileiros tem sido intensificada nos últimos anos, e os resultados experimentais de respostas das culturas às aplicações de calcário, N, P e K em nossos solos são numerosos (2, 8, 10).

A análise do solo é um dos meios de se obterem informações acerca das possíveis deficiências dos elementos nutritivos (4), mas para sua interpretação é preciso obter respostas de plantas em ensaios de vasos em casa-de-vegetação e em ensaios de campo, além de resultados de análise de laboratório (20).

A realização de análises químicas de solos e de experimentos em casa-de-vegetação e em campo tem mostrado que latossolos tipicamente ácidos, com baixo teor de matéria orgânica e baixa capacidade de troca de cátions, são deficientes e apresentam respostas favoráveis a vários nutrientes, entre os quais freqüentemente aparecem os micronutrientes (1, 5, 9, 11, 14, 16).

No presente trabalho propõe-se avaliar, em casa-de-vegetação, as possíveis deficiências dos micronutrientes Zn, Mn, Cu, B e Mo, e suas interações de 1.<sup>a</sup> ordem, em material da camada superficial do Latossolo Vermelho-Amarelo de Itamarandiba, MG.

### 2. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se uma amostra composta obtida até a profundidade de 20 centímetros de vários locais da região de Itamarandiba, nos terrenos onde a Florestal Aceita está realizando reflorestamento com eucalipto.

O solo apresentou, nas análises químicas (19), pH igual 4,7; os teores de Ca<sup>++</sup> + Mg<sup>++</sup> e Al<sup>+++</sup> trocáveis foram 0,8 e 0,6 eq. mg/100cc de solo, respectivamente; o fósforo disponível foi igual a 2 ppm e o potássio disponível igual 46 ppm.

\* Recebido para publicação em 21/07/1977. Projeto SIF AC/8. Projeto n.º 4.1300 do Conselho de Pesquisa da U.F.V.

\*\* Respectivamente, Professor Assistente, Titular e Assistente da U.F.V. O primeiro autor é bolsista do CNPq.

Separou-se o solo em duas partes, uma foi incubada com uma mistura de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ , na razão de 4:1 equivalentes e na quantidade equivalente a 3 T de  $\text{CaCO}_3/\text{ha}$ , segundo recomendação para Minas Gerais (15); a outra porção de terra foi incubada somente com água.

Após 20 dias o solo incubado com carbonatos apresentou resultados de pH igual a 6,0 e teores de  $\text{Ca}^{++}$  +  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{Al}^{+++}$  trocáveis de 3,4 e 0,0 eq. mg/100 cc<sup>3</sup> de solo, respectivamente. Os valores de P e K disponíveis não foram alterados.

A unidade experimental foi um vaso com 2 kg de terra, onde foram cultivadas 30 plantas/vaso de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) durante 40 dias.

Após este período foi realizada a colheita da parte aérea das plantas; este material vegetal foi secado, obtendo-se o peso da matéria seca.

No plantio os vasos receberam nitrogênio, fósforo e potássio, e 25 dias após o plantio receberam adubação nitrogenada. Os adubos usados foram  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  e  $\text{KCl}$ . No plantio foram aplicados 50, 150 e 80 kg de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O por hectare, e aos 25 dias aplicaram-se 25 kg de N por hectare.

Foram testados 16 tratamentos (fatorial 2<sup>5</sup>, com meia repetição (3)) na ausência e na presença de corretivo da acidez (fatorial 1/2(2<sup>5</sup>) | 2), dispostos em blocos casualizados, com três repetições. Dentro dos blocos foi realizado rodízio dos vasos de 4 em 4 dias.

Os micronutrientes estudados e respectivas quantidades foram:  
Zn, 20 kg/ha; Mn, 30 kg/ha; Cu, 15 kg/ha; B, 10 kg/ha e Mo, 2 kg/ha.

Os reagentes empregados foram:  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  e  $\text{MoO}_3$ . Os nutrientes foram aplicados em forma de solução.

No Quadro 1 estão contidos os 16 tratamentos do fatorial 2<sup>5</sup> com meia repetição, segundo COCHRAN e COX (3).

QUADRO 1 - Tratamentos utilizados no ensaio

Nº	Tratamento	Nº	Tratamento
1	Testemunha	9	Mo Cu
2	Mo B	10	B Cu
3	Mo Zn Cu Mn	11	Zn Mn
4	B Zn Cu Mn	12	Mo B Zn Mn
5	Mo Mn	13	Mo Zn
6	B Mn	14	B Zn
7	Zn Cu	15	Cu Mn
8	Mo B Zn Cu	16	Mo B Cu Mn

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de produção de matéria seca da parte aérea do sorgo encontram-se no Quadro 2.

Observando os resultados do Quadro 2, nota-se o efeito acentuado da calagem. A produção da parcela testemunha, por exemplo, foi de 3,94 na ausência da calagem e de 6,94 na presença da calagem.

Esta resposta concorda com a análise química do solo, que indica que era exigente em calagem, uma vez que possuía baixo pH e era pobre em cálcio e magnésio trocáveis, sendo necessário elevar o pH e suprir o solo com estes nutrientes. O valor de alumínio trocável, apesar de não ser alto, é relativamente elevado quando comparado aos teores de Ca, Mg e K trocáveis, ou seja, em relação às bases trocáveis. Em razão disto o alumínio devia ser eliminado.

Independentemente da aplicação de micronutrientes, a calagem teve sempre

como resultado maior crescimento do sorgo. Na ausência de calagem não se notaram diferenças entre tratamentos; entretanto, na presença de calagem já se notaram valores diferentes de produção, como entre os tratamentos B Mn com 4,22 g e Zn Mn com 9,33 g.

Conforme observações feitas no Quadro 2, o quadro de análise de variância (Quadro 3) vem confirmar a importância da calagem, com resultados significativamente positivos.

QUADRO 2 - Produção média de matéria seca (g/vaso) do sorgo aos 40 dias, nos diversos tratamentos estudados

Nº	Tratamento	Sem calagem	Com calagem
1	Testemunha	3,94	6,94
2	Mo B	3,80	6,31
3	Mo Zn Cu Mn	3,61	5,87
4	B Zn Cu Mn	3,40	6,86
5	Mo Mn	4,21	7,65
6	B Mn	3,96	4,22
7	Zn Cu	3,46	7,88
8	Mo B Zn Cu	3,45	5,09
9	Mo Cu	3,80	6,87
10	B Cu	3,38	7,57
11	Zn Mn	3,81	9,33
12	Mo B Zn Mn	3,49	7,40
13	Mo Zn	3,92	6,96
14	B Zn	3,72	7,76
15	Cu Mn	3,39	6,84
16	Mo B Cu Mn	3,64	7,05

Na ausência de calagem não houve efeito dos micronutrientes estudados ou das suas interações de 1.<sup>a</sup> ordem (Quadro 3). Em compensação, na presença de calcário apareceram efeitos médios significativos de B e das interações de Zn x Cu, Zn x Mo e Mn x Mo sobre a produção de matéria seca da parte aérea das plantas de sorgo.

Apesar de B ter sido o único nutriente que apresentou efeito médio significativo (Quadro 3), também os outros nutrientes exerceram efeitos significativos. No Quadro 4 é possível observar os efeitos simples, os efeitos principais e as interações significativas.

O Zn, que não apresentou efeito médio significativo, apresentou efeito simples positivo na ausência de Cu e Mo, apresentando, ao mesmo tempo, tendência de efeito negativo na presença destes dois nutrientes. Este efeito antagônico na presença e na ausência de Cu e Mo provocou a falta de significância do efeito principal do Zn e o aparecimento das interações negativas Zn x Cu e Zn x Mo. Na presença de Mn o Zn teve efeito positivo e quase significativo.

Os efeitos apresentados pelo Zn neste trabalho estão de acordo com os efeitos favoráveis na cultura de café, quando aplicado em pulverização (13, 17, 18).

A interação negativa Zn x Cu está em contradição com o encontrado para esses nutrientes na produtividade de lavouras de café em formação num Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no Estado do Espírito Santo (12), onde se verificou efeito favorável destes dois nutrientes, com maior resposta ao Cu com doses maiores de Zn.

Por outro lado, a interação negativa Zn x Cu se justifica porque estes dois nutrientes competem pelos mesmos lugares de absorção do vegetal e de adsorção no solo.

O Mn não apresentou efeitos significativos simples nem tampouco principais, mas, como apresentou tendências para diminuir a produção de matéria seca na ausência de Mn e aumentar na presença de Mo, apareceu uma interação positiva e significativa entre Mn e Mo, porque possivelmente o Mn neutralizou os efeitos nega-

tivos de Mo, em razão da dose relativamente alta empregada neste trabalho. Observa-se com maior clareza este efeito com o efeito simples de Mo, que foi negativo na ausência de Mn.

QUADRO 3 - Análise de variância para os valores de produção de matéria seca

Fontes de variação	G.L.	Quadrados médios	
Repetição	2	2,22	
Calagem	1	248,74**	
(Trat.)	(15 + 15)	S/cal	C/cal
Zn	1	0,58	2,58
Mn	1	0,01	0,01
Cu	1	2,79	1,22
B	1	0,64	6,94*
Mo	1	0,28	3,26
Zn x Mn	1	0,06	2,57
Zn x Cu	1	0,09	15,02**
Zn x B	1	0,01	0,01
Zn x Mo	1	0,09	14,56**
Mn x Cu	1	0,01	0,37
Mn x B	1	0,01	0,95
Mn x Mo	1	0,01	5,98*
Cu x B	1	0,05	3,48
Cu x Mo	1	0,15	3,54
B x Mo	1	0,19	1,79
Erro	62	1,41	
Total	95		
C.V.	22,65 %		

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A falta de resposta ao Mn pode ser explicada em relação aos antagonismos K x Ca e Ca x Mn e ao sinergismo K x Mn (6), já que neste trabalho as quantidades de Ca, Mg e K adicionadas teriam interferido nas respostas dos micronutrientes estudados.

O Cu apresentou efeitos simples negativos na presença de Zn, confirmando a interação negativa Zn x Cu.

O B, que apresentou efeito principal significativamente negativo, apresentou efeitos simples negativos na presença de Mn e na ausência de Cu e Mo. Mesmo assim o B não apresentou interações significativas com os outros nutrientes em estudo. O efeito negativo do B encontrado neste trabalho está em contradição com os efeitos favoráveis deste nutriente observados no café, quando aplicado ao solo ou em pulverizações (13, 18). Os efeitos negativos na ausência de Cu e Mo possivelmente se devem a doses altas utilizadas no trabalho, doses escolhidas altas para todos os nutrientes com a finalidade de provocar respostas.

A diferença de resposta deste trabalho em relação a trabalhos encontrados na literatura deve-se às doses diferentes utilizadas, pois, como bem indicou Prevot no simpósio de nutrição mineral e fertilizantes de Abidjan (6), é possível observar fenômenos de antagonismo ou de sinergismo em função dos níveis respectivos dos elementos da interação em estudo e mesmo pela interferência do nível de um terceiro nutriente (6).

O Mo, estudado na dose de 2 kg por hectare, teve efeito negativo na presença de

QUADRO 4 - Valores de alguns efeitos simples e dos efeitos médios (principais e interações) dos micronutrientes estudados na presença da calagem

Efeitos simples		Efeitos médios		
Efeito	Valor	Principais	Valor	Interações
Zn/Mn <sub>0</sub>	+ 0,000			
Zn/Mn <sub>1</sub>	+ 0,925	Zn	+ 0,463	Zn x Mn
Zn/Cu <sub>0</sub>	+ 1,583*			
Zn/Cu <sub>1</sub>	- 0,658			Zn x Cu
Zn/Mo <sub>0</sub>	+ 1,565*			
Zn/Mo <sub>1</sub>	- 0,640			Zn x Mo
Mn/Cu <sub>0</sub>	+ 0,158			
Mn/Cu <sub>1</sub>	- 0,198	Mn	- 0,020	Mn x Cu
Mn/Mo <sub>0</sub>	- 0,725			
Mn/Mo <sub>1</sub>	+ 0,685			Mn x Mo
Cu/Zn <sub>0</sub>	+ 0,803			
Cu/Zn <sub>1</sub>	- 1,438	Cu	- 0,318	
B /Zn <sub>0</sub>	- 0,788			
B /Zn <sub>1</sub>	- 0,733			B x Zn
B /Mn <sub>0</sub>	- 0,480			
B /Mn <sub>1</sub>	- 1,040*			B x Mn
B /Cu <sub>0</sub>	- 1,298*			
B /Cu <sub>1</sub>	- 0,223	B	- 0,760*	B x Cu
B /Mo <sub>0</sub>	- 1,145*			
B /Mo <sub>1</sub>	- 0,375			B x Mo
Mo/Zn <sub>0</sub>	+ 0,578			
Mo/Zn <sub>1</sub>	- 1,628*			
Mo/Mn <sub>0</sub>	- 1,230*			
Mo/Mn <sub>1</sub>	+ 0,180	Mo	- 0,525	
Mo/Cu <sub>0</sub>	+ 0,018			
Mo/Cu <sub>1</sub>	- 1,068*			Mo x Cu
				- 0,543

\* DMS Tukey, a 5% de probabilidades:  
 Para efeitos simples, igual a 0,970.  
 Para efeitos médios, igual a 0,686.

Zn e de Cu e, como já foi indicado, na ausência de Mn.

O efeito negativo de Mo na presença de Cu confirma que as doses estudadas desses dois nutrientes foram altas, já que superaram o efeito do antagonismo Mo x Cu, antagonismo que é tão saliente, que a aplicação de um deles diminui a toxidez do outro (7).

Do estudo dos efeitos simples e das interações significativas é possível afirmar que, nas doses utilizadas neste trabalho, tenha ocorrido efeito favorável das aplicações de Zn, desfavorável das aplicações de B e Mo, e que não houve efeito de Mn e Cu, já que os efeitos simples observados foram consequências das interações Zn x Cu e Mn x Mo.

As interações significativas indicam que houve antagonismo entre Zn e Cu e Zn e Mo e sinergismo entre Mn e Mo.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Para estudar a resposta à aplicação de cinco micronutrientes e o efeito da calagem num Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico de Itamarandiba, MG, foi instalado, em casa-de-vegetação, em Viçosa, um ensaio com sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).

O ensaio constou de 16 tratamentos do fatorial 2<sup>5</sup>, com meia repetição, na presença e na ausência de calagem. Os micronutrientes e suas quantidades foram: Zn, 20 kg/ha; Mn, 30 kg/ha; Cu, 15 kg/ha; B, 10 kg/ha e Mo, 2 kg/ha.

O material de solo foi incubado com água na presença e na ausência de calagem, esta na quantidade equivalente a 3 T de CaCO<sub>3</sub>/ha, usando-se uma mistura de carbonatos de cálcio e magnésio na razão 4:1 equivalentes. No plantio aplicaram-se 50 kg de N, 150 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 80 kg de K<sub>2</sub>O por hectare, e aos 25 dias do plantio 25 kg de N por hectare.

Aos 40 dias cortou-se o material vegetal, sendo registrado o peso seco da parte aérea.

Nas condições em que os trabalhos foram realizados pode-se concluir que:

1. A calagem aumentou a produção de matéria seca da parte aérea do sorgo neste solo.
2. O Zn também aumentou a produção; o B e o Mo, pelo contrário, tiveram efeito negativo.
3. Houve interação positiva Mn x Mo, observando-se ainda as interações negativas Zn x Cu e Zn x Mo.

#### 5. SUMMARY

Effects of liming application of five micronutrients on dry matter production of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) grown in a dystrophic red-yellow latosol were studied in greenhouse trials at the Federal University of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil. Soil for the study was obtained at Itamarandiba, Minas Gerais. Micronutrients used were zinc, manganese, copper, boron and molybdenum.

The experiment was carried out in a 2<sup>5</sup> factorial design with half repetition, with and without liming. The soil was prepared by incubation in water with and without lime. The liming solution contained calcium and magnesium carbonates in the ratio of 4CaCO<sub>3</sub>:1 MgCO<sub>3</sub>.

Nitrogen, phosphorus and potassium were applied at planting time in quantities equivalent to the levels: 50 kg N/ha, 105 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha and 80 kg K<sub>2</sub>O/ha. An additional application of nitrogen at the level of 25 kg/ha was made 25 days after planting. Micronutrients were applied at planting time in solutions equivalent to the following levels: zinc at 20 kg/ha, manganese at 30 kg/ha, copper at 15 kg/ha, boron at 10 kg/ha and molybdenum at 2 kg/ha. Plants were harvested after 40 days, and the dry weights of the aerial portions were recorded.

Results of the study indicated that: 1) liming increased the dry matter yield; 2) zinc had a positive effect on dry matter production, but boron and molybdenum had negative effects; and 3) there was a positive interaction between manganese and molybdenum, but interactions between zinc and copper and zinc and molybdenum were negative.

## 6. LITERATURA CITADA

1. BATAGLIA, A.C., FURLANI, P.R. & VALADARES, J.M.A.S. O molibdénio em solos do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, DECIMO QUINTO Campinas, Julho 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo 1976. p. 107-111.
2. BRAGA, J.M. *Resultados experimentais com o uso de fosfato de Araxá e outras fontes de fósforo ; Revisão de literatura* Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, 1970. 6/p. (Série técnica, Boletim, 21).
3. COCHRAN, W.G. & COX, G.N. *Diseños experimentales* México, Ed. Trillas S.A., 1965. 661 p.
4. HUNTER, A.H. & FITTS, J.W. *Estudos de interpretação de teste de solo ; ensaios de campo*. Washington, Inter. Soil Test., 1969. 42 p. (Bol. Téc., 5).
5. INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. *Cultura do café no Brasil Manual de recomendações* Rio de Janeiro, Seção Gráfica do IBC, 1964. 261 p.
6. I.R.H.O., I.R.C.T., I.R.C.A., I.F.C.C., I.F.A.C. & O.R.S.T.O.M. *Nutrition minérale et engrains*. Abidjan, Centre de Documentation de l' I.F.A.C., 1959. 229 p. (Colloque tenu à Abidjan du 16 a 22 février 1959).
7. MACKAY, D.C., CHIPMAN, E.W. & GUPTA, U.C. Copper and molybdenum nutrition of crops grown on acid sphagnum peat soil. *Soil Sci. So. Am. Proc.*, 30(6):755-759. 1966.
8. MALAVOLTA, E., CROCOMO, O.J., ANDRADE, R.G., ALVIZURI, C., VENCOWSKI, R. & FREITAS, L.M.M. Estudos sobre a fertilidade dos solos de cerrado. I — Efeito da calagem na disponibilidade do fósforo. *Anais da E.S.A «Luiz de Queiroz»*, 22:131-138. 1965.
9. MARTINS, O. *Caracterização da fertilidade de cinco latossolos do Triângulo Mineiro, sob vegetação de cerrado*. Viçosa, U.F.V. Imprensa Universitária, 1976. 40 p. (Tese M.S.).
10. MASCARENHAS, H.A.A., MIYASAKA, S., IGUE, T. & FREIRE, E.S. Adubação da soja. VII — Efeito de doses crescentes de caicário, fósforo e potássio em solo Latossolo Roxo com vegetação de cerrado recém-desbravado. *Bragantia*, 27(25):279-289. 1968.
11. NERY, M., PERES, J.R.R. & DÖBEREINER, J. Efeito de micronutrientes na forma de FTE na produção de leguminosas forrageiras e fixação de N<sub>2</sub>. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, DECIMO QUINTO. Campinas, julho, 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p. 157-162.
12. PAULINI, A.E., HASHIZUME, H., ANDRADE, I.P.R., MATIELLO, J.B. & MANSK, Z. Efeito do zinco e cobre na produtividade de lavouras de café em formação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, TERCEIRO, Curitiba, nov. 1975. Resumos Rio de Janeiro, Seção Gráfica do IBC, 1975. p. 55-57.
13. PEREIRA, J.E., MATIELLO, J.B. & MIGUEL, A.E. Fontes e modo de aplicação de zinco e boro na adubação mineral do cafeeiro, em solo Latossol Vermelho Amarelo distrófico húmico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, TERCEIRO. Curitiba, nov. 1975. Resumos. Rio de Janeiro, Seção Gráfica do IBC, 1975. p. 203-205.

14. PERES, J.R.R., NERY, M. & FRANCO, A. Constatção de deficiências de molibdênio em vários solos do Estado do Rio de Janeiro, através de teste microbiológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÉNCIA DO SOLO, DÉCIMO QUINTO, Campinas, julho 1975. Anais. Campinas. Sociedade Brasileira da Ciéncia do Solo, 1976. p. 163-169.
15. P.I.P.A.E.M.G. *Recomendações do uso de fertilizantes para o Estado de Minas Gerais* 2.<sup>a</sup> tentativa. Belo Horizonte, Secretaria do Estado da Agricultura de Minas Gerais, 1972. 88 p.
16. PRIMAVERSI, A.M., HARRIS, H.C. & PRIMAVERSI, A. Comparação do efeito de micronutrientes em forma de sais hidrossolúveis e de óxidos silicatados na nutrição do trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÉNCIA DO SOLO, DÉCIMO QUARTO, Santa Maria, julho 1973. Anais. Santa Maria, S.B.C.S. e U.F.S.M., 1974. p. 461-475.
17. SILVA, J.B.S., ALMEIDA, S.R. & GONÇALVES, J.C. Estudo dos efeitos da aplicação de N, P, Mg, Zn, B e Cu por via foliar em cafezais instalados em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, TERCEIRO, Curitiba, nov. 1975. Resumos. Rio de Janeiro, Seção Gráfica do IBC, 1975. p. 302-304.
18. SILVA, J.B.S. & FRANCO, C.M. Absorção de zinco e boro, pelas folhas do cafeeiro, de soluções de diferentes concentrações e de mistura de ambos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, QUARTO, Caxambu, nov. 1976. Resumos. Rio de Janeiro, Seção Gráfica do IBC, 1976. p. 277-280.
19. VETTORI, L. *Métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, E.P.E. - M.A., 1969. 24 p. (Bol. Téc., 7).
20. WAUGH, D.L. & FITTS, J.W. *Soil test interpretation studies; Laboratory and potted plant*. Washington, Inter. Soil Test., 1966. 36 p. (Tech. Bul. 3).