

EFEITO DE MICRONUTRIENTES NA PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ARROZ (*ORYZA SATIVA* L.) E DO MILHO (*ZEA MAYS* L.) EM SOLO DE CERRADO ⁽¹⁾

E. Z. GALRÃO ⁽²⁾ & M. V. DE MESQUITA FILHO ⁽²⁾

RESUMO

Visando avaliar o efeito de micronutrientes no rendimento e na composição química do arroz e do milho, conduziu-se um experimento de campo em um Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, originalmente sob vegetação de cerrado. Um tratamento, denominado «completo», continha os micronutrientes B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn. Outros sete tratamentos foram formados a partir desse «completo», pela omissão de um micronutriente de cada vez.

Em relação ao «completo», o tratamento sem zinco foi o único que apresentou um decréscimo significativo na produção de ambas as culturas. A dose de zinco usada (6,0kg/ha de Zn) foi suficiente para manter boas produções durante os três anos de cultivo.

Houve efeito dos tratamentos nos teores de Cu, Fe e Zn das folhas.

SUMMARY: EFFECT OF MICRONUTRIENTS ON YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF RICE (*ORYZA SATIVA* L.) AND CORN (*ZEA MAYS* L.) GROWN IN CERRADO SOIL

To evaluate the effect of micronutrients on yield and chemical composition of rice and corn, a field experiment was carried out on Dark Red Latosol, clay texture, originally under cerrado vegetation. The experiment consisted of a complete treatment containing all the micronutrients (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo and Zn), and seven others, each omitting one micronutrient from the complete.

The treatment without zinc was the only one that showed a significant decrease in yield, for both crops, in relation to the complete. The applied zinc rate (6.0kg/ha Zn), was sufficient to maintain adequate yields during three annual crops.

An effect of the treatments on the leaf Cu, Fe and Zn was observed.

INTRODUÇÃO

A região dos cerrados, cujos solos se caracterizam principalmente pela baixa fertilidade natural, representa quase um quarto do território nacional. Resultados de pesquisas realizadas nesses solos têm mostrado respostas de diferentes culturas à aplicação de zinco (Britto *et alii*, 1971; Freitas *et alii*, 1958; Pereira & Vieira, 1969; Pereira *et alii*, 1973 e Ritchey *et alii*, 1975). Quanto aos outros micronutrientes, são raros os trabalhos que procuram avaliar os seus efeitos (Britto *et alii*, 1971; McClung *et alii*, 1961 e Soares & Vargas, 1974). A maioria dos trabalhos tem avaliado o efeito de um conjunto de micronutrientes, impossibilitando, portanto, concluir sobre o efeito de cada elemento isolado.

Este trabalho é uma continuação do iniciado por Galvão *et alii* (1978) e tem como objetivo avaliar o efeito de cada micronutriente no rendimento e na composição química do arroz e do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico, de textura argilosa, fase cerrado (Brasil, 1966), do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina (DF), no período de novembro de 1976 a abril de 1980. Foram feitos três cultivos, os dois primeiros com arroz, variedade IAC-25, e o último com milho híbrido, Cargill 111, nas estações chuvosas dos anos de 1976-77, 1977-78 e 1979-80 respectivamente. No início do experimento, a análise do solo (0-20cm de profundidade) indicou pH 4,4; 1,0 meq/100ml de Al^{3+} trocável, 0,5 meq/100ml de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ e 0,5; 28, 0,9; 57,6; 5,0 e 0,4 ppm de P, K, Cu, Fe, Mn e Zn respectivamente. As determinações de Cu, Fe, Mn e Zn foram feitas segundo os métodos descritos por Lopes (1975) e, as demais, de acordo com Brasil (1966).

Antes do primeiro cultivo, aplicaram-se 5,3t/ha de calcário dolomítico. Metade da dose foi distribuída antes da aração e, metade, após, sendo incorporada através de gradagem. Usou-se calcário com 75,9% de PRNT e 30,1 e 19,2% de CaO e MgO respectivamente. Em seguida, foi feita a adubação básica constituída de 400kg de P_2O_5 (superfosfato triplo), 150kg de K_2O (cloreto de potássio) e 60kg de enxofre elementar por hectare. Logo após, foi distribuída a mistura de micronutrientes conforme os tratamentos, nas seguintes quantidades de cada elemento, em quilograma/hectare: 1,2 de B (ácido bórico), 2,0 de Co (cloreto de cobalto), 4,0 de Cu

⁽¹⁾ Recebido para publicação em setembro de 1980 e aprovado em janeiro de 1981.

⁽²⁾ Pesquisadores do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - EMBRAPA, 73.300 Planaltina (DF).

(sulfato de cobre), 10,0 de Fe (sulfato de ferro), 6,0 de Mn (sulfato de manganês), 0,25 de Mo (molibdato de amônio) e 6,0 de Zn (sulfato de zinco). A incorporação desses fertilizantes foi feita com auxílio de um rotoavator. Posteriormente, aplicaram-se, a lanço, 150kg/ha de K₂O (cloreto de potássio) e 400kg/ha de P₂O₅ (superfosfato triplo), respectivamente antes do segundo e terceiro cultivos.

O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições. O experimento constituiu-se de um tratamento contendo os micronutrientes B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, denominado «completo», e de sete outros, derivados do «completo» pela omissão de um micronutriente de cada vez.

Quando se cultivou arroz, cada parcela era constituída de doze linhas, com 10m de comprimento, espaçadas de 0,4m. A semeadura foi feita com o auxílio de uma plantadeira manual, a uma densidade de aproximadamente, 80 sementes por metro linear de sulco. Aos trinta dias após a semeadura, procedeu-se à adubação nitrogenada em cobertura, com 20kg/ha de N (sulfato de amônio). No período imediatamente anterior ao emborrachamento, fez-se a coleta de cem plantas por parcela, para constituírem uma amostra, tiraram-se as quatro folhas superiores de cada planta (Jones & Steyn, 1973), processando-as de acordo com o método descrito por Sarruge & Haag (1974). Aproximadamente aos 120 dias após a semeadura, foram colhidas as seis fileiras centrais de cada parcela, deixando-se 1m nas extremidades como bordadura. A área útil de cada parcela era de 19,2m² (2,4m x 8,0m).

Com a cultura do milho, cada parcela era constituída de oito linhas, com 10m de comprimento, espaçadas de 0,6m. A semeadura foi feita com auxílio de uma plantadeira manual, a uma densidade de, aproximadamente, dez sementes por metro linear de sulco, deixando-se cinco plantas após o desbaste. Aos trinta e aos 45 dias após a semeadura, procedeu-se à adubação nitrogenada em cobertura, com 50kg/ha de N (uréia), de cada vez. No período de embonecamento, fez-se a coleta das folhas de dez plantas por parcela, para constituírem uma amostra, e tirou-se a folha da base da espiga de cada planta (Jones & Steyn, 1973). As folhas foram lavadas com água deionizada, secas em estufa a 60°C e moídas para, posteriormente, serem analisadas. Aproximadamente aos 150 dias após a semeadura, foram colhidas as duas fileiras centrais de cada parcela, deixando-se 1,5m nas extremidades como bordadura. A área útil de cada parcela era de 8,4m² (1,2m x 7,0m).

Na análise de tecido, o processo usado para a digestão das amostras foi o descrito por Novais (1977). As determinações de Cu, Fe, Mn e Zn foram feitas por espectrofotometria de absorção atômica e, a de P, pelo método de Murphy & Riley (1962). Logo após a colheita de cada cultura, foi feita a amostragem do solo (0-20cm de profundidade), coletando-se vinte e dez subamostras por parcela quando se cultivou arroz e milho respectivamente. Os teores de Cu, Fe, Mn e Zn, foram extraídos pelo método de Carolina do Norte (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N), e determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O zinco foi o único micronutriente cuja omissão provocou um decréscimo significativo na produção (Quadro 1). Tal decréscimo, em relação ao tratamento «completo», foi de 90, 76 e 31% para o primeiro, segundo e terceiro cultivos respectivamente. Experimentos conduzidos em solos de cerrado mostraram respostas do arroz (Pereira & Vieira, 1969) e do milho (Britto *et alii*, 1971; Freitas *et alii*, 1958 e Pereira *et alii*, 1973), à aplicação desse micronutriente. De acordo com Ritchey *et alii* (1975), o nível crítico de zinco para o milho, no solo deste experimento, é de 1 ppm, quando extraído pelo método de Carolina do Norte. Já era esperado, portanto, que ocorresse uma resposta à adição de zinco, visto que o teor médio desse elemento, nas par-

celas que não o receberam, era de 0,4 ppm (Quadro 2).

Lopes (1975), analisando 518 amostras de solos de cerrados, constatou que, na maioria delas, o teor de zinco variou de 0,5 a 0,8 ppm. Isso explica, em grande parte, as respostas obtidas pela aplicação de zinco nos trabalhos mencionados anteriormente. A dose de zinco usada, 6,0kg/ha de Zn, aplicada a lanço, foi suficiente para manter boas produções nos três cultivos (Quadro 1).

Para os micronutrientes B, Co, Fe, Mn e Mo, a literatura não cita níveis críticos para os solos de cerrado. Segundo Lopes (1975), a maioria dos solos de cerrado é bem suprida em manganês e ferro. Os teores médios de manganês das parcelas que não o receberam foram de 4,0, 3,6 e 3,7 ppm, para o primeiro, segundo e terceiro cultivos respectivamente (Quadro 2). Como não houve resposta à adição desse micronutriente, deduz-se que aqueles valores estão acima do nível crítico de manganês para este solo. Britto *et alii* (1971), em trabalho realizado em um Latossolo Vermelho-Escuro, também não encontraram respostas do milho à aplicação de manganês.

Não houve resposta ao ferro (Quadro 1). Nem mesmo a adição de 10,0kg/ha de Fe foi suficiente para alterar significativamente o teor desse elemento no solo em estudo, por causa de seu alto teor original (Quadro 2).

Os resultados das análises realizadas por Lopes (1975) indicaram solos deficientes em cobre, pois apresentaram teores desse elemento abaixo do nível crítico (1 ppm) citado pelo mesmo autor. Contudo, têm sido obtidas produções elevadas em solos de cerrado sem adição desse micronutriente. No solo em estudo, os teores médios de cobre das parcelas que não o receberam foram de 0,9, 0,6 e 0,5 ppm, para o primeiro, segundo e terceiro cultivos respectivamente (Quadro 2). Isso sugere que o nível crítico de cobre para esse solo seja inferior àqueles valores. Britto *et alii* (1971) também não encontraram

Quadro 1 - Produção em grãos de dois cultivos com arroz e um com milho nos vários tratamentos ⁽¹⁾

Tratamentos	1976/77	1977/78	1979/80
	kg/ha		
«Completo»	1.170a	2.001a	6.513a
Menos B	1.191a	1.813a	6.141a
Menos Co	1.179a	2.158a	6.315a
Menos Cu	1.156a	1.772a	6.991a
Menos Fe	1.210a	2.046a	6.714a
Menos Mn	1.196a	2.041a	6.649a
Menos Mo	1.188a	1.891a	6.606a
Menos Zn	118b	477b	4.608b
F	9,93**	13,88**	4,10**
CV %	22,7	16,4	11,5

(¹) Em cada coluna as médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

resposta do milho à aplicação de cobre em Latossolo Vermelho-Escuro.

Não foi determinado o teor de boro, cobalto e molibdênio no solo. Observa-se que não houve resposta à omissão de nenhum desses três micronutrientes (Quadro 1). Em um trabalho onde Britto *et alii* (1971) estudaram o efeito isolado do boro e do molibdênio em um Latossolo Vermelho-Escuro, não foi encontrada resposta do milho à aplicação desses micronutrientes. Por outro lado, McClung *et alii* (1961) encontraram aumentos de produção do algodoeiro de 85 e 8%, em relação ao tratamento testemunha, devidos à aplicação de boro e molibdênio respectivamente. Soares & Vargas (1974), em casa de vegetação, encontraram respostas de centrosema à aplicação de boro em um Latossolo Vermelho-Escuro. A literatura consultada não menciona nenhum trabalho com cobalto em solos de cerrado.

Os teores dos micronutrientes no tecido estão dentro da faixa normal de concentração

(Malavolta *et alii*, 1974 e Jones & Eck, 1973). As únicas exceções são os teores de zinco nas parcelas onde esse elemento não foi aplicado e que são considerados baixos para a maioria das culturas (Chapman, 1966). Esses teores foram de 7,6, 6,6 e 9,6 ppm, para o primeiro, segundo e terceiro cultivos respectivamente (Quadro 3). De fato, houve redução acentuada nas produções das parcelas sem zinco em relação ao tratamento «completo» (Quadro 1).

No tratamento sem zinco, tanto o teor de ferro como o de cobre foram significativamente superiores aos dos demais tratamentos (Quadro 3). Millikan (1953) também observou que a deficiência de zinco causou aumento significativo no teor de cobre da alfafa e do trevo. Warnock (1970) observou que o teor de ferro da folha, caule e raiz do milho aumentou à medida que diminuiu a dose de zinco aplicada ao solo; o teor de ferro das folhas chegou a aumentar sete vezes. Jackson *et alii* (1967), citados por Olsen (1973), observaram que níveis crescentes de fósforo pa-

Quadro 2 - Teores dos micronutrientes determinados no Latossolo Vermelho-Escuro após a colheita (1)

Tratamentos	Arroz (1976/77)				Arroz (1977/78)				Milho (1979/80)			
	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn
	ppm											
“Completo	1,8b	39,4b	6,2a	2,1a	1,1a	32,1	3,8	1,3a	0,8ab	30,2	4,3	1,0a
Menos B	2,0ab	41,2ab	6,9a	2,5a	1,1a	33,0	3,7	1,4a	0,8ab	30,5	4,0	1,0a
Menos Co	1,9ab	44,1a	6,0a	2,2a	1,0a	33,0	3,4	1,2a	0,9a	28,5	4,4	1,1a
Menos Cu	0,9c	40,8ab	6,8a	2,2a	0,6b	34,0	3,9	1,2a	0,5c	32,2	4,0	1,0a
Menos Fe	1,8b	36,9b	7,1a	2,1a	1,0a	32,9	4,0	1,2a	0,6bc	32,2	4,3	0,9a
Menos Mn	2,0ab	40,9ab	4,0b	2,3a	1,0a	33,8	3,6	1,2a	0,7abc	32,7	3,7	1,0a
Menos Mo	2,2a	39,4b	6,4a	2,4a	1,1a	31,4	3,7	1,3a	0,9a	28,7	4,2	1,0a
Menos Zn	1,9ab	40,7ab	6,4a	0,4b	1,0a	33,3	4,3	0,4b	0,7abc	32,2	4,3	0,4b
F	22,67**	2,16**	5,40**	17,39**	6,72**	0,59	1,21	12,96**	5,11**	1,14	1,00	4,88**
CV %	12,7	6,8	13,9	16,0	21,2	6,8	13,0	15,5	17,45	10,17	10,45	23,32

(1) Em cada coluna, as médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

Quadro 3 - Teores de micronutrientes no tecido de plantas de arroz e milho, cultivados no experimento (1)

Tratamentos	Arroz (1976/77)				Arroz (1977/78)				Milho (1979/80)			
	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn
	ppm											
“Completo”	9,6b	135,2abc	253,0	20,7ab	7,7bc	94,5	149,0	15,7b	13,3	136,0bc	36,5	15,9ab
Menos B	10,8ab	128,3bc	211,3	18,4b	7,6bc	96,0	160,6	14,8b	12,4	143,0bc	31,2	15,8abc
Menos Co	9,6b	138,5abc	195,9	20,1ab	7,9b	88,9	139,0	14,4b	12,3	136,1bc	32,7	14,0bcd
Menos Cu	7,2c	132,3abc	199,8	20,0ab	6,7c	92,7	131,5	14,9b	8,8	174,0b	33,2	13,3cd
Menos Fe	9,6b	151,7ab	202,1	17,8b	7,7bc	92,8	133,7	13,5b	12,7	144,2bc	32,7	15,5abc
Menos Mn	10,9ab	122,5c	157,9	23,0a	7,4bc	100,8	124,0	14,8b	13,5	143,1bc	31,7	14,5bca
Menos Mo	10,0b	124,0c	217,9	21,0ab	8,0b	93,6	143,5	14,4b	13,0	122,3bc	30,0	17,4a
Menos Zn	12,0a	156,4a	211,9	7,6c	12,4a	113,2	140,0	6,6a	19,2	281,0a	34,2	9,6e
F	5,8**	2,34**	1,79	16,98**	28,93**	1,78	0,57	21,90**	7,58**	7,15**	0,74	10,89**
CV %	11,6	11,4	19,1	12,3	9,9	11,3	19,1	8,6	15,7	23,8	13,9	8,7

(1) Em cada coluna, as médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

ra a cultura do milho doce provocaram decréscimo no teor de zinco das folhas e, ao mesmo tempo, aumentaram o teor de ferro. Por outro lado, a aplicação de zinco provocou maior crescimento das plantas e diminuiu a concentração de ferro das folhas. Em experimento de campo conduzido no CPAC, no mesmo tipo de solo deste trabalho (Latossolo Vermelho-Escuro), observou-se que o teor de ferro da folha do milho era de 699 ppm e, o de cobre, de 15 ppm. Com a aplicação de 9,0kg/ha de Zn, o teor de ferro decresceu para 117 ppm e, o de cobre, para 7 ppm (North Carolina State University, 1974).

AGRADECIMENTOS

Ao técnico agrícola José Maria Rodrigues Camargos, pela colaboração prestada na execução deste trabalho.

LITERATURA CITADA

- BRASIL. Escritório de Pesquisa e Experimentação, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. - Levantamento semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura do Distrito Federal, Rio de Janeiro, 1966. 135p. (Bol. 8)
- BRITTO, D. P. P. de S.; CASTRO, A. F. de; MENDES, W.; JACCOUB, A.; RAMOS, D. P. & COSTA, F. A. - Estudos das reações a micronutrientes em latossolo vermelho-escuro sob vegetação de cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, 6: 17-22, 1971.
- CHAPMAN, H. D. - Zinc. In: CHAPMAN, H. D., ed. *Diagnostic criteria for plants and soils*. Riverside, University of California, 1966. p.484-499.
- FREITAS, L. M. M. de; McCLUNG, A. C. & LOTT, W. L. - Experimentos de adubação em dois solos de campo cerrado. São Paulo, Instituto de Pesquisas IRI, 1958. 29p. (Bol. 21)
- GALRÃO, E. Z.; SUHET, A. R. & SOUSA, D. M. G. de - Efeito de micronutrientes no rendimento e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) em solo de cerrado. *R. bras. Ci. Solo.*, 2: 125-129, 1978.
- JACKSON, T. L.; HAY, J. & MOORE, D. P. - The effect of Zn on yield and chemical composition of sweet corn in the Willamette Valley. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 91: 462-471, 1967.
- JONES, B. J. & ECK, H. V. - Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D. *Soil testing and plant analysis*. 2.ed. Madison, Amer. Soc. Agron., 1973. p.249-270.
- JONES, B. J. & STEYN, W. J. A. - Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D. *Soil testing and plant analysis*, 2.ed. Madison, Amer. Soc. Agron., 1973. p.249-270.
- LOPES, A. S. - A survey of the fertility status of soils under «cerrado» vegetation in Brazil. Tese de M.S. Raleigh, USA., North Carolina State University, 1975. 138p.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; MELLO, F. A. F. & BRASIL SOBRINHO, M. O. C. - Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Ed. Livraria Pioneira, 1974. 727p.
- McCLUNG, A. C.; FREITAS, L. M. M. de; MIKKELSEN, D. S. & LOTT, W. L. - Adubação do algodoeiro em solos de campo cerrado no Estado de São Paulo. São Paulo, Instituto de Pesquisas IRI, 1961. 35p. (Bol. 27)
- MILLIKAN, C. R. - Relative effects of zinc and copper deficiencies on lucern and subterranean clover. *Aust. J. Biol. Sci.*, 6: 164-177, 1953.
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. - A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, 27: 31-36, 1962.
- NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY. - Zinc fertilization. Annual report. Agronomic-economic research on tropical soils: 106-148, 1974.
- NOVAIS, R. F. - Phosphorus suppling capacity of previously heavily fertilized soils. Tese de Ph. D. Raleigh, USA., North Carolina State University, 1977. 153f.
- OLSEN, S. R. - Micronutrient interactions. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L. *Micronutrients in Agricultural*, 2.ed. Madison, Soil Sci. Soc. Amer., 1973. p.243-261.
- PEREIRA, J. & VIEIRA, I. F. - Níveis de sulfato de zinco em arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) em solo de cerrado. Sete Lagoas, IPEACO, 1969. p.4-5. (IPEACO. Série Pesquisa/Extensão, 8)
- PEREIRA, J.; VIEIRA, I. F.; MORAES, E. A. & REGO, A. S. - Níveis de sulfato de zinco em milho (*Zea mays* L.) em solos de cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, 187-191, 1973. (Série agron., 3)
- RITCHEY, K. D.; COX, F. R. & YOST, R. S. - Residual effects of zinc applications. In: NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY. Annual report. Agronomic-economic research on tropical soils: 34-39, 1975.
- SARRUGE, J. R. & HAAG, H. P. - Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
- SOARES, W. V. & VARGAS, M. A. T. - Ensaio exploratório de fertilização com duas leguminosas tropicais em três solos sob cerrado do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 14, Santa Maria, 1973. Anais... Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p.448-460.
- WARNOCK, R. E. - Micronutrient uptake and mobility within corn plants (*Zea mays* L.) in relation to phosphorus-induced zinc deficiency. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 34: 765-769, 1970.