

EFEITO DE MICRONUTRIENTES E DO COBALTO NA PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ARROZ, MILHO E SOJA EM SOLO DE CERRADO ⁽¹⁾

ENEAS Z. GALRÃO ⁽²⁾

RESUMO

Visando avaliar o efeito de micronutrientes e do cobalto no rendimento e na composição química do arroz, milho e soja, conduziu-se um experimento de campo em um Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, originalmente sob vegetação de cerrado. Um tratamento denominado «completo» continha os nutrientes B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn. Outros sete tratamentos foram formados a partir desse, pela omissão de um nutriente de cada vez, todos eles só foram aplicados no primeiro ano de condução do experimento. Foram feitos seis cultivos na sequência: arroz, arroz, milho, soja, milho e milho. Em relação ao «completo», o tratamento sem zinco foi o único que apresentou um decréscimo significativo na produção dos quatro primeiros cultivos. No quinto e no sexto cultivos, não houve diferença significativa entre os tratamentos. A dose de zinco usada (6,0kg/ha) foi suficiente para manter boas produções durante os seis anos de cultivo. Houve efeito dos tratamentos nos teores de Cu, Fe e Zn das folhas.

SUMMARY: *EFFECT OF MICRONUTRIENTS AND COBALT ON YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF RICE, CORN AND SOYBEAN GROWN IN CERRADO SOIL*

To evaluate the effect of micronutrients and cobalt on yield and chemical composition of rice, corn and soybean leaves a field experiment was carried out on Dark Red Latosol, clay texture, originally under "cerrado" vegetation. The experiment consisted of a complete treatment containing the nutrients (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo and Zn) and seven others, each one omitting a nutrient from the complete treatment. All the treatments were only applied in the first year of the experiment. Six crops were grown in the following sequence: rice, rice, corn, soybean, corn and corn. The treatment without zinc was the only one that showed a significant decrease in yield, for the first four crops. There was no significant difference among the treatments in the fifth and in the sixth crop. The applied zinc rate (6.0 kg/ha), was sufficient to maintain adequate yields during six annual crops. An effect of the treatments, Cu, Fe and Zn concentrations was observed on the leaves.

INTRODUÇÃO

Resultados de pesquisas realizadas em solos de cerrado têm mostrado a importância dos micronutrientes nos rendimentos de diversas culturas (Britto et alii, 1971; Freitas et alii, 1958, e McClung et alii, 1961). Entretanto, a maioria

dos trabalhos tem avaliado o efeito de um conjunto de micronutrientes, impossibilitando, portanto, concluir sobre o efeito de cada elemento isolado (Freitas et alii, 1972; Mikkelsen et alii, 1963, e McClung et alii, 1957).

Este trabalho é uma continuação do iniciado por Galvão et alii (1978) e tem como objetivo

(1) Recebido para publicação em agosto de 1983 e aprovado em março de 1984.

(2) Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), EMBRAPA, Caixa Postal 70.0023, CEP 73.300 - Planaltina (DF).

avaliar o efeito de cada micronutriente e do cobalto no rendimento e na composição química do arroz, milho e soja.

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 1983. Foram feitos seis cultivos, os dois primeiros com arroz, variedade IAC-25, o terceiro com milho híbrido, Cargill 111, o quarto com soja, variedade Doko, o quinto e o sexto novamente com milho híbrido, Cargill 111, nas estações chuvosas dos anos de 1976-77, 1977-78, 1979-80, 1980-81, 1981-82 e 1982-83. No início do experimento, a análise do solo (0-20cm de profundidade) indicou pH 4,4; 1,0meq/100ml de Al^{3+} trocável; 0,5meq/100ml de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$; 0,5ppm de P; 28 de K; 0,9 de Cu; 57,6 de Fe; 5,0 de Mn, e 0,4 de Zn. 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 de calcário dolomítico por hectare. Metade da dose foi distribuída antes da aração, metade, após, sendo incorporada através de gradagem. Usou-se calcário com 75,9% de PRNT, 30,1% de CaO e 19,2% de MgO. Em seguida, foi feita a adubação, a lango, 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 dos nutrientes 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 (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 foram aplicados a lango 150kg/ha de K_2O (cloreto de potássio) e 400kg/ha de P_2O_5 (superfosfato triplo) antes do segundo e do terceiro cultivo, respectivamente. No quarto cultivo, não se aplicou nenhum fertilizante, pois a análise do solo mostrou não ser necessário. No quinto cultivo, aplicaram-se a lango 100kg/ha de K_2O (cloreto de potássio) e 100kg/ha de N (sulfato de amônio). A mesma adubação foi feita no sexto cultivo, que recebeu também 2,0t/ha de calcário com 55,5% de PRNT, 30,3% de CaO e 12,4% de MgO.

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

O milho foi cultivado em parcelas constituídas de doze linhas, com 10m de comprimento, espaçadas de 0,4m. A semeadura foi feita com 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 uma amostra de cem plantas por parcela. Foram retiradas as quatro folhas superiores de cada planta (Jones & Steyn, 1973) e processadas de acordo com o método descrito por Sarruge & Haag (1974). Aproximadamente 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 foi 19,2m² (2,4m x 8,0m).

O milho foi cultivado em parcelas constituídas de oito linhas, com 10m de comprimento, e 0,8m de espa-

çamento. A semeadura foi feita com auxílio de uma plantadeira manual, a uma densidade de aproximadamente dez sementes por metro linear, deixando-se cinco plantas após o desbaste. Aos trinta e aos quarenta e cinco dias após a semeadura, procedeu-se à adubação nitrogenada em cobertura, com 50kg de N (uréia) por hectare de cada vez.

No período de embonecamento, fez-se a coleta de uma amostra de folhas de dez plantas por parcela, retirando-se a folha da base da espiga de cada planta (Jones & Steyn, 1973). As folhas foram secas em estufa a 60°C, moídas e analisadas. Aproximadamente aos 150 dias após a semeadura, foram colhidas as duas fileiras centrais de cada parcela, deixando-se 2m nas extremidades como bordadura. A área útil de cada parcela foi 9,6m² (1,6m x 6,0m).

A soja foi cultivada em parcelas constituídas de oito linhas, com 10m de comprimento e 0,6m de espaçamento. A semeadura foi feita com auxílio de uma plantadeira manual, a uma densidade aproximada de trinta e cinco sementes por metro linear de sulco, deixando-se vinte plantas após o desbaste. As sementes foram tratadas com inoculante produzido no Laboratório de Microbiologia do CPAC, na dosagem de 500g de inoculante para 40kg de sementes.

No início do florescimento, fez-se a coleta de uma amostra de trinta plantas por parcela. Foram retiradas as três folhas completamente desenvolvidas da parte superior de cada planta (Jones & Steyn, 1973), que foram secas em estufa a 60°C, moídas e analisadas. Cerca de 150 dias após a semeadura, foram colhidas as quatro fileiras centrais de cada parcela, deixando-se 2,0m nas extremidades como bordadura. A área útil de cada parcela foi 14,4m² (2,4m x 6,0m).

Na análise de tecido, a digestão das amostras foi feita por via úmida, com ácido sulfúrico e água oxigenada. As determinações de Cu, Fe, Mn e Zn foram feitas por espectrofotometria de absorção atômica. Logos após a colheita de cada cultura, efetuou-se amostragem do solo (0-20cm de profundidade), coletando-se vinte subamostras por parcela do cultivo de arroz, dez do cultivo de milho e quinze do cultivo de soja. Os teores de Cu, Fe, Mn e Zn foram extraídos pelo método de Mehlich 1 (HCl 0,05 N + H_2SO_4 0,025 N) e determinados por espectrofotometria de absorção atômica (Lopes, 1975).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O zinco foi o único micronutriente cuja omissão provocou um decréscimo significativo na produção dos quatro primeiros cultivos (Quadro 1).

O nível crítico de zinco para o milho, no solo desse experimento, foi 1,0ppm, quando extraído pelo método de Mehlich 1 (Ritchey et alii, 1976). Já era esperado, portanto, que ocorresse uma resposta à adição de zinco, visto que o teor médio desse elemento, nas parcelas dos quatro primeiros cultivos que não o receberam, era aproximadamente 0,4ppm (Quadro 2). Além disso, os teores de zinco do tecido dessas parcelas estavam abaixo da concentração normal (Quadro 3), conforme Chapman (1966).

Experimentos conduzidos em solos de cerrados mostraram respostas do arroz (Pereira & Vieira, 1969), do milho (Britto et alii, 1971 e Pereira et alii, 1973) e da soja (Freitas et alii, 1958) à aplicação desse micronutriente. Lopes (1975), analisando 518 amostras de solos de cerrado, constatou que, em 95% delas, o teor de

Quadro 1. Produção de grãos de arroz, milho e soja à aplicação de micronutrientes e cobalto num Latossolo Vermelho-Escuro de textura argilosa ⁽¹⁾

Tratamentos	Cultivos					
	1º (2)	2º	3º	4º	5º	6º
	Arroz	Arroz	Milho	Soja	Milho	Milho
	kg/ha					
"Completo"	1.170a	2.001a	6.513a	1.956a	5.530a	5.091a
Menos B	1.191a	1.813a	6.141a	2.092a	5.098a	5.031a
Menos Co	1.179a	2.158a	6.351a	2.075a	5.428a	5.162a
Menos Cu	1.156a	1.772a	6.991a	2.154a	5.577a	5.346a
Menos Fe	1.210a	2.046a	6.714a	2.025a	4.873a	5.490a
Menos Mn	1.196a	2.041a	6.649a	2.149a	5.320a	5.562a
Menos Mo	1.188a	1.891a	6.606a	2.065a	5.314a	5.700a
Menos Zn	118b	477b	4.608b	1.744b	4.360a	4.315a
F	9,93**	13,88**	4,10**	2,62**	2,34	2,24
CV%	22,7	16,4	11,5	8,07	10,3	11,2

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

(2) Galvão et alii (1978).

** Significativo ao nível de 99%.

zinc estava abaixo de 1,0ppm. Isso explica, em grande parte, as respostas obtidas pela aplicação de zinco, nos trabalhos mencionados anteriormente. A dose de zinco, 6,0kg/ha, aplicada a lanço, apenas no primeiro ano de condução do experimento, foi suficiente para manter boas produções nos seis cultivos (Quadro 1), o que evidencia o prolongado efeito residual desse micronutriente.

No quinto e no sexto cultivo, não houve diferença significativa entre os tratamentos (Quadro 1). Apesar disso, o tratamento sem zinco apresentou em ambos os cultivos a menor produção: 1.170 e 1.010kg/ha de grãos de milho a menos que o tratamento "completo" (Quadro 1).

Essa diferença não-significativa entre os dois tratamentos não era esperada, pois o teor de zinco do solo dos dois cultivos foi aproximadamente 0,4ppm (Quadro 2), considerado abaixo do nível crítico de zinco para esse solo, que é de 1,0ppm, conforme Ritchey et alii (1976). Além disso, os teores de zinco do tecido foram 7,7 e 9,2ppm, respectivamente para o quinto e sexto cultivos (Quadro 3). Esses teores, conforme Chapman (1966), são deficientes.

Quadro 2. Teores dos micronutrientes determinados no Latossolo Vermelho-Escuro após cada cultivo ⁽¹⁾

Tratamentos	Arroz (1976/77) ⁽²⁾				Arroz (1977/78)				Milho (1979/80)			
	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn
	ppm											
"Completo"	1,8b	49,7a	7,9a	2,1a	1,1a	32,1a	3,8a	1,3a	0,8ab	30,2a	4,3a	1,0a
Menos B	2,0ab	52,1a	8,3a	2,5a	1,1a	33,0a	3,7a	1,4a	0,8ab	30,5a	4,0a	1,0a
Menos Co	1,9ab	49,6a	7,4a	2,2a	1,0a	33,0a	3,4a	1,2a	0,9a	28,5a	4,4a	1,1a
Menos Cu	0,9c	50,1a	8,7a	2,2a	0,6b	34,0a	3,9a	1,2a	0,5c	32,2a	4,0a	1,0a
Menos Fe	1,8b	51,6a	8,8a	2,1a	1,0a	32,9a	4,0a	1,2a	0,6bc	32,2a	4,3a	0,9a
Menos Mn	2,0ab	51,7a	5,0b	2,3a	1,0a	33,8a	3,6a	1,2a	0,7abc	32,7a	3,7a	1,0a
Menos Mo	2,2a	47,4a	7,5a	2,4a	1,1a	31,4a	3,7a	1,3a	0,9a	28,7a	4,2a	1,0a
Menos Zn	1,9ab	48,5a	8,2a	0,4b	1,0a	33,3a	4,3a	0,4b	0,7abc	32,2a	4,3a	0,4b
F	12,96**	1,24	7,82**	17,39**	6,72**	0,59	1,21	12,96**	5,11**	1,14	1,00	4,88**
CV%	11,9	5,9	10,9	16,0	21,2	6,8	13,0	15,5	17,45	10,17	10,45	23,32

Tratamentos	Soja (1980/81)				Milho (1981/82)				Milho (1982/83)			
	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn
	ppm											
"Completo"	0,7a	30,5a	4,9a	0,9a	0,7a	31,5ab	5,0a	0,7a	0,8ab	46,2a	6,2a	1,0a
Menos B	0,7a	31,7a	4,8a	0,9a	0,8a	30,0c	5,0a	0,7a	0,8bc	46,2a	6,1a	1,2a
Menos Co	0,8a	30,0a	4,8a	0,9a	0,8a	32,5ab	4,8a	0,9a	0,9a	42,7a	6,2a	1,0a
Menos Cu	0,5b	30,9a	4,7a	1,0a	0,4b	30,7b	5,1a	0,9a	0,4d	46,0a	6,1a	1,1a
Menos Fe	0,8a	31,4a	4,7a	1,0a	0,7a	33,2a	5,0a	0,8a	0,7c	44,0a	6,3a	1,0a
Menos Mn	0,7a	31,8a	3,9b	0,9a	0,8a	30,0c	4,3b	0,7a	0,8ab	45,2a	4,8b	1,0a
Menos Mo	0,7a	31,7a	4,8a	0,9a	0,7a	30,0c	4,9a	0,7a	0,9a	47,2a	6,2a	1,0a
Menos Zn	0,8a	31,9a	4,8a	0,5b	0,8a	31,0ab	4,9a	0,4a	0,9a	44,7a	6,4a	0,5b
F	3,61**	0,47	2,33**	4,62**	12,67**	3,45*	5,97**	1,56	45,94**	1,45	15,29**	3,54*
CV%	16,0	6,5	9,2	15,9	12,7	4,4	4,1	30,5	5,9	5,3	4,3	24,4

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

(2) Galvão et alii (1978).

* e ** Significativos aos níveis de 95% e 99% respectivamente.

Um aspecto importante observado neste experimento foi o aumento relativo de produção do tratamento sem zinco, no decorrer dos cultivos (Quadro 1), apesar de os teores de zinco do solo (Quadro 2) e do tecido (Quadro 3) desse tratamento em todos os cultivos serem deficientes. Assim, considerando-se cada cultivo isoladamente, verifica-se que a produção do tratamento sem zinco, em relação ao tratamento "completo", foi, para o arroz, 10% no primeiro cultivo, e 23,8% no segundo cultivo, e para o milho, 70,7% no terceiro, 78,8% no quinto, e 84,7% no sexto cultivo (Quadro 1).

Esse fato foi também observado em outros experimentos conduzidos em solos de cerrado. É o caso, por exemplo, de um experimento conduzido num LE argiloso de cerrado, onde o tratamento sem zinco produziu 338kg/ha de grãos de milho (Cargill 111) no primeiro cultivo, 2.094kg/ha no segundo e 3.362kg/ha no terceiro (EMBRAPA, 1976). Pereira et alii (1973) também observaram que o tratamento sem zinco produziu no primeiro cultivo 675kg/ha de grãos de milho e, no segundo, 2.372kg/ha.

Não é conhecida a causa do aumento de produção do tratamento sem zinco, verificado neste trabalho, durante os cultivos. Algumas suposições, no entanto, podem ser levantadas, como a de que, no decorrer dos cultivos, a disponibilidade de zinco para as plantas teria aumentado devido a: a) mineralização da matéria orgânica do solo; b) associações endomicorrízicas; c) formação de complexos orgânicos solúveis; d) aumento da quantidade absorvida do zinco nativo do solo, pelo aumento do sistema radicular, o quê, por sua vez, é consequência da redução da saturação de alumínio das camadas subsuperficiais ao longo do tempo, pela lixiviação de sais aplicados através do calcário e dos fertilizantes, já que o solo do experimento possui, ao longo do perfil, alta saturação de alumínio, o que o torna impróprio para desenvolvimento radicular de uma planta sensível como o milho (Gonzalez-Enrico et alii, 1979); e) parte do zinco poderia ter sido suprida através do calcário e dos fertilizantes.

Apenas o calcário foi analisado quanto ao teor de zinco. Assim, a quantidade de zinco adicionada ao solo através da primeira aplicação de

Quadro 3. Teores de micronutrientes no tecido de plantas de arroz, milho e soja, cultivadas no experimento ⁽¹⁾

Tratamentos	Arroz (1976/77) ⁽²⁾				Arroz (1977/78)				Milho (1979/80)			
	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn
ppm												
"Completo"	7,7bc	135,2abc	253,0a	20,7ab	7,7bc	94,5a	149,0a	15,7b	13,3a	136,3bc	36,5a	15,9ab
Menos B	7,6bc	128,3bc	211,3a	18,4b	7,6bc	96,0a	160,5a	14,8a	12,4a	143,4bc	31,2a	15,8abc
Menos Co	7,9b	138,5abc	195,9a	20,1ab	7,9b	88,9a	139,0a	14,0b	12,3a	136,1bc	32,7a	14,0bcd
Menos Cu	6,7c	132,3abc	199,8a	20,0ab	6,7c	92,7a	131,5a	14,9b	8,8b	174,0b	33,2a	13,3cd
Menos Fe	7,7bc	151,7ab	202,1a	17,8b	7,7bc	92,8a	133,7a	13,5b	12,7a	144,2bc	32,7a	15,5abc
Menos Mn	7,4bc	122,5c	157,9a	23,0a	7,4bc	100,8a	124,0a	14,8b	13,5a	143,1bc	31,7a	14,5abc
Menos Mo	8,0b	124,0c	217,9a	21,0ab	8,0b	93,6a	143,5a	14,4b	13,0a	122,3bc	30,0a	17,4a
Menos Zn	12,4a	156,4a	211,9a	7,6c	12,4a	113,2a	140,0a	6,6a	19,2c	281,0a	34,2a	9,7e
F	28,93**	2,54**	1,79	16,98**	28,93**	1,78	0,57	21,90**	7,48**	7,15**	0,74	10,89**
CV%	9,9	11,4	19,1	12,3	9,9	11,3	19,1	8,6	15,7	23,8	13,9	8,7

Tratamentos	Soja (1980/81)				Milho (1981/82)				Milho (1982/83)			
	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn
ppm												
"Completo"	7,1a	97,6a	44,1a	30,4a	6,5a	90,0a	32,1a	14,0ab	7,8a	83,0a	31,0a	13,0a
Menos B	7,2a	109,0a	41,7a	30,0a	7,0a	95,5a	30,8a	14,0ab	8,8a	75,0a	28,2a	11,6ab
Menos Co	7,7a	110,5a	39,3a	28,6a	7,0a	85,7a	31,7a	14,0ab	8,2a	77,2a	29,1a	11,8ab
Menos Cu	5,2c	111,0a	41,0a	30,0a	6,0a	96,1a	32,3a	13,5b	6,4a	81,5a	29,2a	12,7ab
Menos Fe	7,4a	99,5a	38,0a	26,8a	6,4a	81,5a	30,0a	13,0b	9,3a	73,7a	28,5a	12,0ab
Menos Mn	7,5a	111,1a	38,0a	29,6a	7,4a	88,3a	29,0a	13,0b	8,0a	71,7a	26,7a	11,3b
Menos Mo	7,4a	107,1a	37,5a	30,0a	7,1a	86,1a	30,3a	15,3a	7,5a	74,0a	30,2a	12,8ab
Menos Zn	8,4b	142,0b	50,1b	15,7b	7,8a	145,7b	34,4a	7,7a	9,8a	128,5b	37,7b	9,2c
F	6,0**	5,66**	3,03**	14,80**	2,07	4,82**	1,94	11,6	1,49	4,68*	5,57*	6,79**
CV%	10,0	10,3	11,8	9,2	11,4	19,5	7,6	10,3	25,1	20,8	9,4	7,8

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

(2) Galvão et alii (1978).

* e ** Significativos aos níveis de 95 e 99% respectivamente.

calcário (5,3t/ha), feita antes do primeiro cultivo, foi 159g/ha. A segunda aplicação (2,0t/ha), realizada após o quinto cultivo, adicionou ao solo 344g/ha de zinco.

A não-resposta das culturas aos outros nutrientes (Quadro 1) pode ter sido em parte devida ao suprimento dos mesmos através do calcário. Assim, as quantidades de ferro, manganês e cobre adicionadas ao solo pela primeira aplicação de calcário, foram 23,8kg, 4,2kg e 68,9g/ha respectivamente. Com a segunda aplicação de calcário, adicionaram-se ao solo 16,7kg de ferro, 0,6kg de manganês e 40g/ha de cobre. Não foram analisados os teores de boro, cobalto e molibdênio do calcário.

Os resultados das análises realizadas por Lopes (1975) indicaram solos deficientes em cobre, com teores desse elemento abaixo do nível crítico (1,0ppm). Contudo, têm sido obtidas produções elevadas em solos de cerrado sem a adição desse micronutriente. Os teores médios de cobre das parcelas que não o receberam foram 0,9ppm para o primeiro, 0,6 para o segundo, 0,5 para o terceiro, 0,5 para o quarto, 0,4 para o quinto e 0,4 para o sexto cultivo (Quadro 2). Isso sugere que o nível crítico de cobre para esse solo seja inferior àqueles valores. Britto et alii (1971) também não encontraram resposta do milho à aplicação de cobre em Latossolo Vermelho-Escuro.

Quanto aos nutrientes B, Co, Fe e Mn, 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. Os teores de manganês das parcelas que não o receberam foram 5,0ppm para o primeiro, 3,6 para o segundo, 3,7 para o terceiro, 3,9 para o quarto, 4,3 para o quinto e 4,8 para o sexto cultivo (Quadro 2). Como não houve resposta à adição desse micronutriente, deduz-se que aqueles valores estão acima do nível crítico de manganês para esse solo. Britto et alii (1971), em trabalho realizado em um Latossolo Vermelho-Escuro, também não encontraram resposta do milho à aplicação desse micronutriente.

Não houve resposta ao ferro (Quadro 1). Segundo Lopes (1975), a maioria dos solos de cerrado é bem suprida desse elemento. Os teores de ferro e manganês do solo, após o último cultivo, apresentaram um incremento em relação aos cultivos anteriores (Quadro 2). Tal incremento pode ser atribuído às quantidades desses elementos adicionadas ao solo através do calcário, aplicado após o quinto cultivo.

Não foram determinados os teores de boro, cobalto e molibdênio no solo. Não houve resposta à omissão de nenhum desses três nutrientes (Quadro 1). Trabalho em que Britto et alii (1971) estudaram o efeito isolado do boro e do molibdênio em um Latossolo Vermelho-Escuro, não evidenciou resposta do milho à aplicação desses micronutrientes. Por outro lado, McClung et alii (1961) encontraram aumentos de 85% na produção do

algodoeiro em relação ao tratamento testemunha, devido à aplicação de boro. Soares & Vargas (1974), em casa de vegetação, encontraram resposta da centrosema à aplicação de boro em um Latossolo Vermelho-Escuro.

Em um experimento conduzido num Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso, a aplicação de 1,32kg/ha de B, quer na forma de óxidos silicatados (FTE), quer na de bórax, reduziu para 3,6% a intensidade de ocorrência da esterilidade masculina no trigo (chochamento), que era 34,9% na testemunha, elevando, assim a produção de 1.048 (testemunha) para 1.845kg/ha de grãos (Silva & Andrade, 1982).

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 na 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.

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 699ppm e, o de cobre, de 15ppm. Com a aplicação de 9,0kg/ha de Zn, o teor de ferro decresceu para 117ppm e, o de cobre, para 7ppm (North Carolina State University, 1974).

CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou que o zinco foi o único micronutriente cuja omissão provocou reduções significativas nos rendimentos dos quatro primeiros cultivos. No quinto e no sexto cultivos, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Apesar disso, o tratamento sem zinco apresentou a menor produção em ambos os cultivos.

A dose de zinco (6,0kg/ha), aplicada a lanço, apenas no primeiro ano de condução do experimento, foi suficiente para manter boas produções nos seis cultivos.

A produção do tratamento que não recebeu zinco apresentou um aumento ao longo dos cultivos.

Houve aumento nos teores de cobre e ferro das folhas quando não se aplicou zinco no solo.

AGRADECIMENTOS

Ao colega Djalma M. G. de Sousa, do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, pelas análises químicas do solo, tecido vegetal e calcário.

LITERATURA CITADA

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento semi-detalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura do Distrito Federal. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1966. 135p. (Boletim Técnico, 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., Rio de Janeiro, 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.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Relatório técnico anual, 1975-1976. Brasília, 1976. 154p.
- 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 IBEC Research Institute, 1958. 29p. (Boletim Técnico, 21)
- FREITAS, L. M. M. de; TANAKA, T.; LOBATO, E.; SOARES, W. V.; FRANÇA, G. E. de. Experimentos de adubação de milho doce e soja em solos de campo cerrado. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 7:57-63, 1972. (Série agron.)
- GALRÃO, E. Z.; SUHET, A. R.; SOUZA, D. M. G. de. Efeitos de micronutrientes no rendimento e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) em solo de cerrado. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 2:125-129, 1978.
- GONZALEZ-ENRICO, E.; KAMPRATH, E. J.; NADERNANN, G. C.; SOARES, W. V. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an oxisol of Central Brazil. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 3:1155-1158, 1979.
- JONES, B. J. & STEYN, W. J. A. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. In: WALSH, L. M. & BEATON, J. D., eds. Soil testing and plant analysis. 2. ed. Madison, American Society of Agronomy, 1973. p.249-270.
- LOPES, A. S. A survey of the fertility status of soils under «cerrado» vegetation in Brazil. Tese de Mestrado. Raleigh, USA, North Carolina State University, 1975. 138f.
- 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 IBEC Research Institute, 1961, 35p. (Boletim Técnico, 27)
- McCLUNG, A. C.; FREITAS, L. M. M. de; GALLO, J. R.; QUINN, L. R.; MOTT, G. O. Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade, em solos de diferentes campos cerrados de São Paulo e Goiás. São Paulo, Instituto de Pesquisas IBEC Research Institute, 1957. 26p. (Boletim Técnico, 13)
- MIKKELSEN, D. S.; FREITAS, L. M. M. de; McCLUNG, A. C. Effects of liming and fertilizing cotton, corn and soybeans on campo cerrado soils State of São Paulo, Brazil. São Paulo, Instituto de Pesquisas IBEC Research Institute, 1963. 40p. (Boletim Técnico, 29)
- MILLIKAN, C. R. Relative effects of zinc and copper deficiencies on lucern and subterranean clover. Aust. J. Biol. Sci., Melbourne, 6:164-177, 1953.
- NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY. Zinc fertilization. In: Agronomic-economic research on tropical soils. Annual report for 1974. Raleigh, Soil Science Department, North Carolina State University, 1974. p.106-109.
- PEREIRA, J. & VIEIRA, I. F. Níveis de sulfato de zinco em arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) em solo de cerrado. Sete Lagoas, Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Centro-Oeste, 1969. p.4-5. (IPEACO. Série Pesquisa/Extensão, 8)
- PEREIRA, J.; VIEIRA, I. F.; MORAIS, E. A.; REGO, A. S. Níveis de sulfato de zinco em milho (*Zea mays* L.) em solos de cerrado. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, Sér. agron., 8:187-191, 1973.
- RITCHIEY, K. D.; COX, F. R.; YOST, R. S. Residual effects of zinc applications. In: Agronomic-economic research on tropical soils. Annual report for 1975. Raleigh, Soil Science Department, North Carolina State University, 1976. p.24-39.
- SARRUGE, J. R. & HAAG, H. P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1974. 56p.
- SILVA, A. R. da. & ANDRADE, J. M. V. de. A esterilidade masculina do trigo (chochamento) e o seu controle pela aplicação de micronutrientes no solo. In: Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados — CPAC/EMBRAPA. Trabalhos com trigo, cevada e triticale no CPAC em 1981. Planaltina, 1982. p.1-19.
- 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 CIÊNCIA 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. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 34:765-769, 1970.