

## DISPONIBILIDADE DE ZINCO PARA AS CULTURAS DO MILHO, SORGO E SOJA EM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO ARGILOSO<sup>1</sup>

KENNETH D. RITCHEY<sup>2</sup>, FREDERICK R. COX<sup>3</sup>, ENEAS Z. GALRÃO<sup>4</sup> e RUSSELL S. YOST<sup>5</sup>

**RESUMO** - Foram conduzidos dois experimentos de campo para avaliar o efeito de doses de zinco na produção de milho (*Zea mays* L.), do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), e o efeito do pH na disponibilidade do zinco para o milho. Nas parcelas principais do primeiro experimento, foram aplicados a lanço e, apenas no primeiro ano, 0, 1, 3, 9 e 27 kg/ha de zinco. Nas subparcelas, cultivaram-se, no primeiro ano, três genótipos de milho; no segundo ano, apenas o milho 'Cargill 111'; no terceiro ano, o 'Cargill 111' e o sorgo cv. RS 610; no quarto ano, o 'Cargill 111' e a soja cv. IAC-2. A dose de 3 kg/ha de zinco foi suficiente para manter as produções de milho próxima ao máximo por, pelo menos, quatro colheitas consecutivas. Os níveis críticos de zinco no solo para o milho 'Cargill 111' foram de 1,4 ppm, 1,0 ppm e 0,7 ppm quando se usou, respectivamente, HCl 0,1 N, HCl 0,05 N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 N e DTPA-TEA, como soluções extratoras. No segundo experimento, utilizaram-se três doses de zinco (0, 3 e 9 kg/ha) e três doses de calcário (7,5; 15; e 22,5 t/ha) num esquema fatorial. A elevação do pH causou decréscimo na produção dos três genótipos de milho.

Termos para indexação: *Zea mays*, *Sorghum bicolor*, *Glycine max*, Cerrados, calagem, efeito residual, fertilidade, genótipos.

### ZINC AVAILABILITY FOR CORN, SORGHUM AND SOYBEAN IN A CLAYEY DARK-RED LATOSOL

**ABSTRACT** - Two field experiments were carried out on a Typic Haplustox (clayey, kaolinitic, isohyperthermic) originally under cerrado vegetation, to evaluate the effects of zinc on maize (*Zea mays* L.), sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), and soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) yields and the effect of pH on zinc availability to maize. In the first experiment the main plots received, once only, 0, 1, 3, 9 and 27 kg/ha of zinc broadcast. The subplots were sown in the first year with three maize genotypes; in the second year, only 'Cargill 111' maize was sown; in the third year, 'Cargill 111' and RS 610 sorghum were sown, while in the fourth year 'Cargill 111' and 'IAC-2' soybean were sown. The 3 kg/ha rate was sufficient to maintain near-maximum maize yield for at least four consecutive crops. For 'Cargill 111' maize the soil critical levels were 1.4 ppm, 1.0 ppm and 0.7 ppm for the 0.1N HCl, 0.05N HCl + 0.025N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, and DTPA-TEA extractants, respectively. In the second experiment, 7.5, 15 and 22.5 t/ha of lime and 0.3, and 9 kg/ha of zinc were applied in a factorial design. The pH increase decreased maize yields.

Index terms: *Zea mays*, *Sorghum bicolor*, *Glycine Max*, Cerrados, lime, residual effect, fertility, genotypes.

### INTRODUÇÃO

Os solos de cerrado caracterizam-se, principalmente, pela acidez elevada, baixa disponibilidade de fósforo e deficiência generalizada de macro e micronutrientes. Dentre os micronutrientes, a defi-

ciência mais generalizada é a do zinco (Lopes 1975). A sua ausência nas fórmulas de adubação tem provocado reduções sensíveis no rendimento de algumas culturas, como, por exemplo, a do arroz (Pereira & Vieira 1969, Galvão 1984), do milho (Igue & Gallo 1960, Pereira et al. 1973, Freitas et al. 1958, Galvão 1984) e da soja (Freitas et al. 1958, Galvão 1984). No entanto, não existe nenhum trabalho que determina o nível crítico de zinco no solo, como também são raros os que avaliam o efeito residual desse micronutriente (Pereira et al. 1973, Galvão 1984). Por outro lado, sabe-se que o aumento do pH do solo pela calagem, pode diminuir a disponibilidade do zinco para as plantas (Lindsay 1972, Meurer et al. 1971) e que as cultivares diferem entre si quanto às exigências em zin-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 6 de agosto de 1985.

<sup>2</sup> Ph.D., consultor IICA/EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 70.0023, CEP 73300 Planaltina, DF.

<sup>3</sup> Professor, Ph.D., North Carolina State University, Department of Soil Science - Raleigh, NC 27650, USA.

<sup>4</sup> Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/CPAC.

<sup>5</sup> Professor, Ph.D., University of Hawaii, Department of Agronomy and Soil Science - Honolulu, 96.822, Hawaii.

co (Cox & Wear 1977).

Os objetivos deste trabalho são: 1. avaliar o efeito de doses de zinco para várias culturas e cultivares; 2. avaliar o efeito residual dessas doses; 3. determinar o nível crítico de zinco do solo para a cultura do milho por três métodos; 4. avaliar o efeito do aumento do pH do solo na disponibilidade do zinco para o milho.

### MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos, um ao lado do outro, no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina, DF, em Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa, cujas características físicas e químicas são apresentadas na Tabela 1.

#### Experimento I

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e cinco repetições. Nas parcelas principais, foram aplicados, a lanço e apenas no primeiro ano, os níveis de zinco (0, 1, 3, 9 e 27 kg/ha) na forma de sulfato. Constatou também do experimento um tratamento com 9 kg/ha de zinco no qual não se aplicou boro.

Nas subparcelas foram cultivados, no primeiro ano, três genótipos de milho com uma população inicial de 62.500 plantas/ha ('Cargill 111', 'Funks G-795-W-1' e 'Silver Queen'). A área útil de cada subparcela foi de 16 m<sup>2</sup>. No segundo ano, cultivou-se, em todas as parcelas, apenas o milho híbrido 'Cargill 111'. A área útil de cada parcela foi de 25,6 m<sup>2</sup>. No terceiro ano cultivaram-se nas subparcelas, 'Cargill 111', utilizando uma população de 50.000 plantas/ha, e o sorgo cultivar RS 610, na população de 250.000 plantas/ha. A área útil das subparcelas foi, respectivamente, de 19,2 m<sup>2</sup> e 14,4 m<sup>2</sup>, para o milho e sorgo. No quarto ano, cultivaram-se, nas subparcelas, 'Cargill 111', utilizando população de 50.000 plantas/

ha, e a soja cultivar IAC-2, utilizando população de 333.000 plantas/ha. A área útil das subparcelas foi, respectivamente, de 19,2 m<sup>2</sup> e 14,4 m<sup>2</sup>, para o milho e soja.

Os quatro cultivos foram feitos nas estações chuvosas dos anos de 1972/73, 1973/74, 1974/75 e 1975/76. No primeiro ano, aplicaram-se 12 t/ha (PRNT 100%) de calcário calcítico (40,5% CaO e 1,1% MgO). Metade da dose foi distribuída antes da aração, metade, após, sendo incorporada através de grade. A adubação básica, no primeiro ano, constou da aplicação a lanço de 325 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato triplo), 100 kg/ha de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio), 50 kg/ha de Mg (sulfato de magnésio), 1 kg/ha de B (bórax) e 0,2 kg/ha de Mo (molibdato de sódio). Foram aplicados, no sulco de plantio, 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato triplo) e 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples). No segundo ano, aplicaram-se, a lanço, 160 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples) e 150 kg/ha de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio). No terceiro e no quarto ano, aplicaram-se, a lanço, em cada uma das culturas, 160 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples) e 100 kg/ha de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio). Os fertilizantes aplicados a lanço foram incorporados ao solo através de grade. Em todos os cultivos aplicaram-se no plantio 20 kg/ha de nitrogênio (uréia). Foram feitas, em adição, duas ou três aplicações em cobertura. No milho, no primeiro, segundo, terceiro e quarto ano, as aplicações de nitrogênio em cobertura totalizaram 80, 120, 150 e 120 kg/ha de N, respectivamente. No sorgo plantado no terceiro ano, as aplicações em cobertura totalizaram 270 kg/ha de N, na soja (que não nodulou), as aplicações em cobertura totalizaram 145 kg/ha. Todas as culturas foram semeadas com o auxílio de uma plantadeira manual tipo "Planet-junior".

No período do embonecamento do milho, fez-se a coleta de uma amostra de folhas de dez plantas por subparcela. Foi retirada a folha da base da espiga de cada planta (Jones Junior & Steyn 1973). Na análise foliar, a digestão do material foi feita conforme Cox & Wear (1977). O zinco foi determinado por espectrofotometria de emissão.

TABELA 1. Algumas características químicas e físicas do Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa.

Profundidade	Areia	Silte	Argila	C	N	Ca + Mg	K	Al	Al sat.	P	pH	
											Água (1:1)	CaCl <sub>2</sub> (1:1)
— cm —	%			meq/100 g			%		ppm			
0- 10	36	19	45	1,8	0,21	0,4	0,10	1,9	79	1,0	4,9	4,2
10- 35	33	19	48	1,2	0,08	0,4	0,05	1,7	79	1,0	4,8	4,3
35- 70	35	18	47	0,9	0,05	0,2	0,03	1,6	87	1,0	4,9	4,2
70- 150	35	18	47	0,7	0,05	0,2	0,01	1,5	88	1,0	4,9	4,4

Fonte: Brasil. Ministério da Agricultura (1966).

Após a colheita do milho, foram feitas amostragens do solo (0 cm - 20 cm de profundidade), coletando-se quinze subamostras por subparcela. Para a extração do zinco foram usadas três soluções extratoras, de HCl 0,1N, de Mehlich 1 (HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N) Cox & Wear 1977) e de DTPA-TEA pH 7,3, nas relações solo: solução 1:10, 1:4 e 1:2, respectivamente, usando-se quinze minutos de agitação para o primeiro extrator, cinco minutos para o segundo e duas horas para o terceiro. O zinco foi determinado diretamente nos extratos por espectrofotometria de absorção atômica.

### Experimento I I

Foi utilizado o esquema fatorial 3 x 3 (três níveis de calcário e três níveis de zinco), em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os níveis de calcário corresponderam a 7,5; 15; e 22,5 t/ha (PRNT 100%), sendo 139%, 278% e 417% da necessidade de calagem calculada segundo a fórmula  $2XA1 + [2 \cdot (Ca + Mg)]$ . O calcário foi o mesmo usado no experimento anterior. Os níveis de zinco foram: 0, 3 e 9 kg/ha, aplicados a lanço na forma de sulfato. A adubação básica constou da aplicação a lanço de 325 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato triplo), 100 kg/ha de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio), 50 kg/ha de Mg (sulfato de magnésio) e 1 kg/ha de B (bórax). Foram aplicados, no sulco de plantio, 70 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples). Cultivaram-se os mesmos genótipos de milho do experimento anterior. A adubação nitrogenada, coleta de folhas para a análise química, área colhida por subparcela, população de plantas, número de amostras de solo e métodos de análise de solo foram idênticos ao do experimento anterior.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Experimento I

**Resposta ao zinco** - no primeiro ano, a produção máxima foi praticamente obtida com a aplicação de 3 kg/ha de zinco (Fig. 1). A aplicação desse nível causou um aumento de 1.804% e 856% na produção de 'Cargill 111' e 'Funks', respectivamente. A baixa produtividade do híbrido 'Silver Queen' pode ser devida à época de plantio não adequada, ou a sua pouca adaptabilidade às condições de cerrado. Nos demais anos, as respostas do milho às doses de zinco não foram tão pronunciadas quanto às do primeiro ano, sendo 249%, 198%, e 210%, respectivamente, para o segundo, terceiro e quarto ano, na presença de 3 kg/ha de zinco (Fig. 2). Isto pode ser devido ao aumento de produção do tratamento que não recebeu zinco, no decorrer dos anos, pois a sua produção ('Cargill 111') foi de 338, 2.094 e 3.302 kg/ha de grãos,

no primeiro, segundo e terceiro ano, respectivamente. Esse aumento não era esperado, pois os teores de zinco do tecido e do solo desse tratamento não sofreram variações no decorrer dos anos (Tabela 2). Este fato também foi observado por Pereira et al. (1973) em Latossolo Vermelho-Escuro, onde o tratamento que não recebeu zinco, produziu, no primeiro cultivo, 675 kg/ha de grãos de milho e, no segundo, 2.372 kg/ha. Não é conhecida a causa do aumento de produção do tratamento sem zinco, verificada neste trabalho, no decorrer dos anos. Possivelmente, esteja associada ao aumento na quantidade de zinco disponível para a planta, devido a: a) mineralização da matéria orgânica; b) associações endomicorrízicas; c) aumento do volume de solo explorado pelos sistema radicular, em 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 (Ritchey et al. 1980).

A dose de zinco de 3 kg/ha aplicada a lanço, apenas no primeiro cultivo, foi suficiente para manter as produções de milho próximas ao rendimento máximo por, pelo menos, quatro colheitas consecutivas (Fig. 1 e 2). Tal fato evidencia o prolongado efeito residual desse micronutriente. A soja necessitou de 9 kg/ha de zinco para atingir a produção máxima. Já a maior produção do sorgo foi alcançada com a dose de 3 kg/ha de zinco (Fig. 2).

**Efeito das doses de zinco no tecido e no solo** - de uma maneira geral, tanto os teores de zinco do tecido do milho ('Cargill 111') como os do solo, medidos nos vários anos, aumentaram à medida que a dose de zinco aplicada ao solo aumentou (Tabelas 2 e 3). O nível crítico de zinco da folha da base da espiga, no período do embonecamento, determinado pelo método de Cate & Nelson (1965), foi de 17,5 ppm (Fig. 3). Trani et al. (1983) citam 20 ppm como sendo o nível crítico e Jones Junior & Eck (1973), 17,2 ppm e 15 ppm.

Os níveis críticos de zinco no solo para o milho foram determinados pelo método de Cate & Nelson (1965). Esses níveis foram 1,4 ppm, 1,0 ppm e 0,7 ppm, obtidos, respectivamente, através das seguintes soluções extratoras: HCl 0,1N, Mehlich 1 (HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N) e DTPA-TEA (áci-

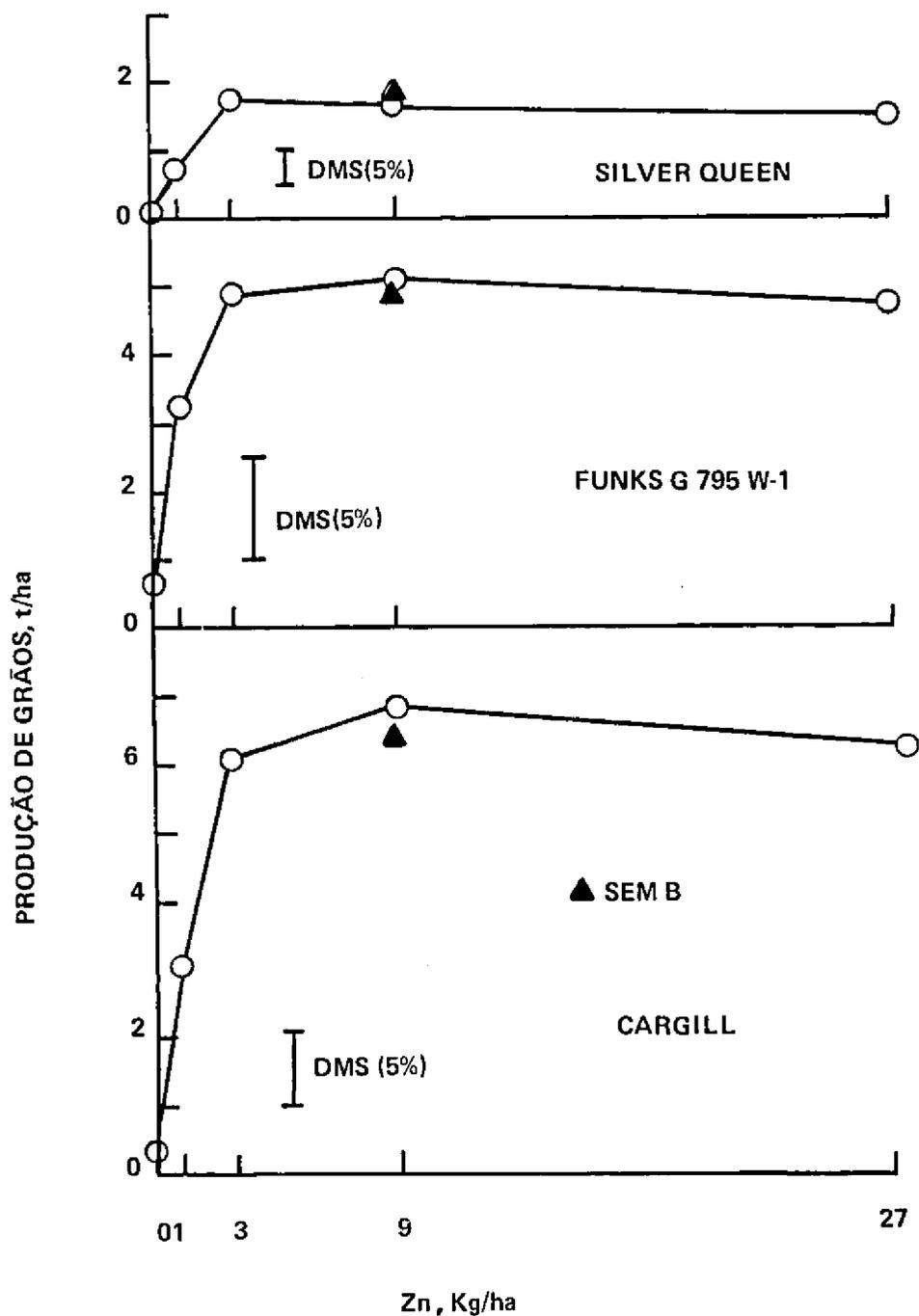


FIG. 1. Resposta de três genótipos de milho cultivados em 1972/73, a doses de zinco, aplicadas a lanço, em 1972, em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

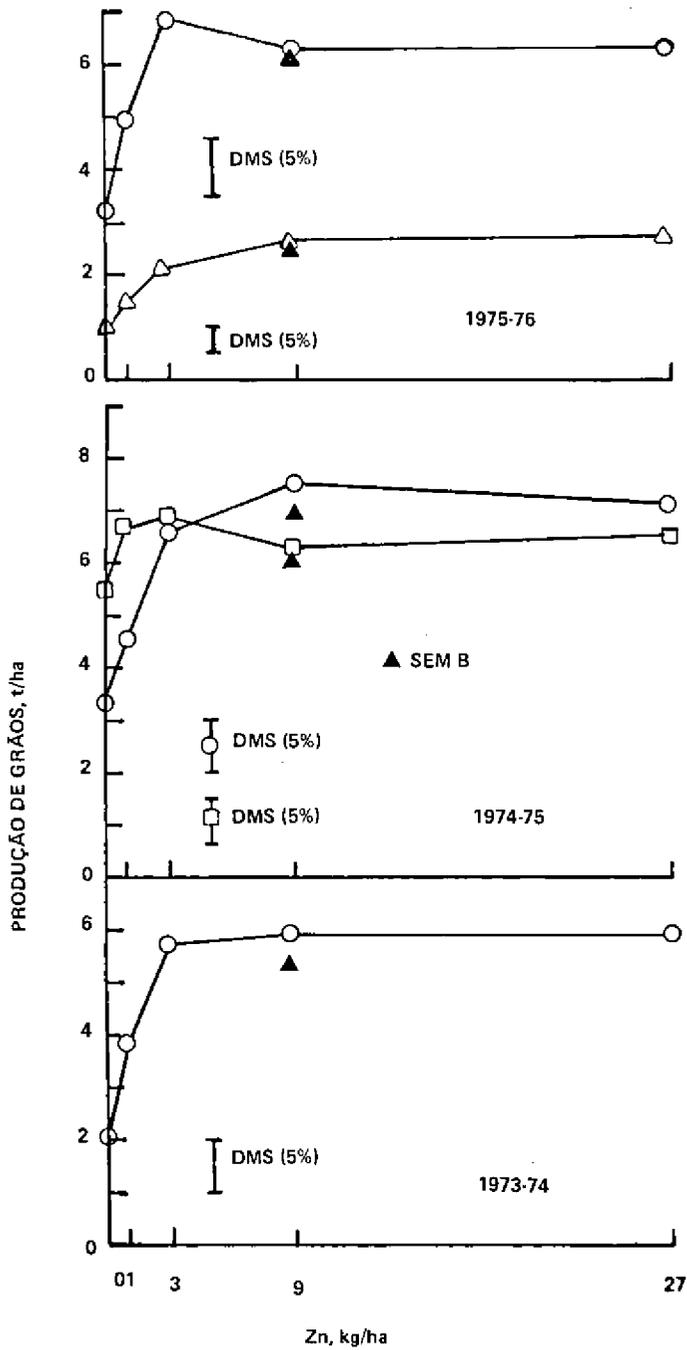


FIG. 2. Resposta do milho 'Cargill 111' (O), do sorgo 'RS 610' (□) e da soja 'IAC-2' (Δ) a doses de zinco, aplicadas a lanço, apenas no primeiro ano (1972), em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

**TABELA 2.** Teores de zinco no solo e no tecido do milho ('Cargill 111') cultivado em Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa, por vários anos.

Zinco <sup>3</sup>	Solo <sup>2</sup>				Tecido		
	Anos						
	1972/73	1973/74	1974/75	1975/76	1972/73	1973/74	1974/75
kg/ha	ppm						
0	0,5 b <sup>1</sup>	0,4 b	0,4 d	0,6 c	14 c	14 c	13 d
1	0,6 b	0,9 b	0,4 d	0,7 c	17 c	16 c	13 d
3	0,9 b	0,7 b	0,6 cd	0,7 c	20 bc	16 c	14 cd
9	1,6 b	1,3 b	1,3 b	1,5 b	23 b	19 b	18 bc
9 <sup>4</sup>	1,6 b	1,2 b	1,1 bc	1,3 b	24 b	19 b	21 ab
27	4,2 a	3,4 a	3,5 a	3,2 a	36 a	24 a	24 a

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

<sup>2</sup> Extrator de Mehlich 1 (HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N).

<sup>3</sup> Aplicado a lanço apenas no primeiro ano.

<sup>4</sup> Não recebeu boro.

do dietileno-triamino-pentacético e trietanolamina) (Fig. 4). Apesar dos diferentes níveis críticos determinados pelos extratores, foi obtida alta correlação entre eles (Tabela 3). Esses resultados indicam que os extratores usados são adequados para determinar o nível de suficiência ou deficiência de zinco desse solo. Camargo et al. (1982) também obtiveram alta correlação ( $r = 0,94$ ) entre os extratores de Mehlich 1 e DTPA-TEA, na extração de zinco de 24 amostras de solo representativos do Estado de São Paulo.

Nenhuma das culturas respondeu à aplicação de boro (Fig. 1 e 2), indicando que este micronutriente não influenciou nos resultados obtidos.

### Experimento I I

**Efeito de doses de zinco e de calcário na produção de milho** - houve resposta positiva às doses de zinco, verificando-se, entretanto, diminuição nas produções em função do aumento nas doses de calcário (Fig. 5). A interação entre níveis de calcário e níveis de zinco foi significativa apenas para o híbrido 'Silver Queen', verificando-se aumentos lineares na produção, em função dos níveis de zinco, para as doses de 15 e 22,5 t/ha de calcário. Na dose de 7,5 t/ha de calcário, a produção máxima foi obtida com 3 kg/ha de zinco.

**TABELA 3.** Relações entre a quantidade de zinco aplicada e a extraída por cada método, e entre os métodos usados na extração do zinco "disponível", em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

Equação Y = a + bx	Coefficiente de correlação (r)*
(DTPA-TEA) = 0,239 + 0,067 (kg/ha Zn)	0,87
(HCl 0,1N) = 0,570 + 0,138 (kg/ha Zn)	0,88
(Mehlich 1) = 0,430 + 0,114 (kg/ha Zn)	0,88
(DTPA-TEA) = 0,057 + 0,533 Mehlich 1	0,95
(HCl 0,1N) = 0,241 + 1,068 Mehlich 1	0,94
(DTPA-TEA) = 0,025 + 0,477 HCl 0,1N	0,96

\* Todos os valores de r são significativos ao nível de 1%.

Nos tratamentos que receberam 9 kg/ha de zinco, os teores de zinco nas folhas de todos os genótipos decresceram à medida que se aumentou a dose de calcário. Nos tratamentos que receberam 3 kg/ha de zinco, os teores permaneceram abaixo do nível crítico, conforme Fig. 3 e Tabela 4. O decréscimo nas produções em função dos níveis elevados de calcário pode ser explicado pelo decréscimo na disponibilidade de zinco no solo. De acordo com Lindsay (1972), a elevação de uma unidade de pH diminui 100 vezes a concentração de zinco na solução do solo.

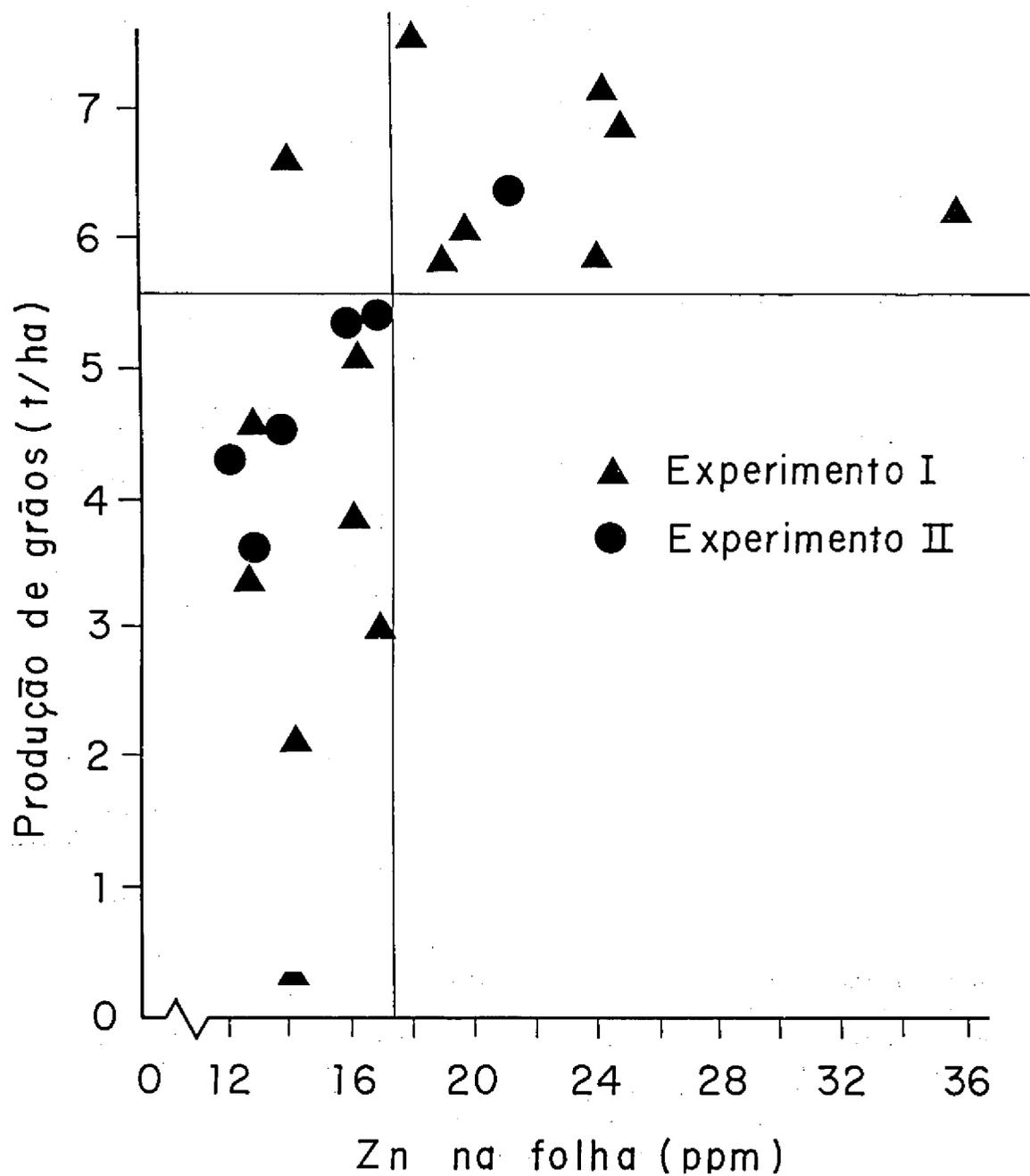


FIG. 3. Produção do milho híbrido 'Cargill 111', em função de níveis de zinco da folha, de três cultivos (1972/75), em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

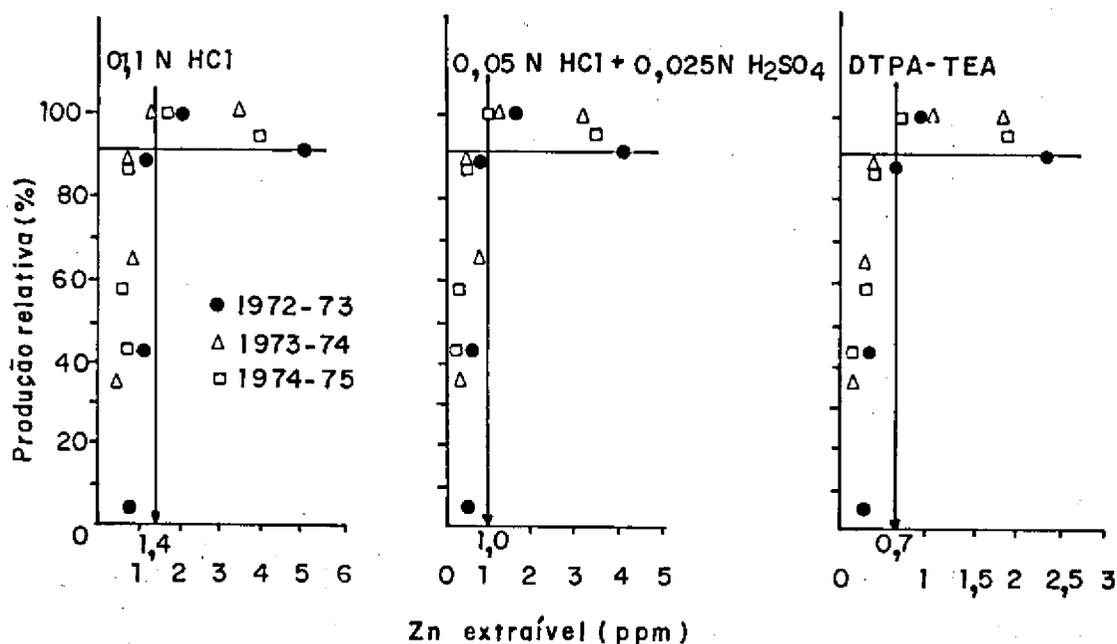


FIG. 4. Produção relativa de três cultivos do milho híbrido 'Cargill 111', em função de teores de zinco extraídos de Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, por três extratores químicos. O nível de 100% corresponde à produção do tratamento que recebeu 9 kg/ha de zinco.

Quanto aos teores foliares dos demais nutrientes, apenas o teor de magnésio era insuficiente, conforme Jones Junior (1967). Entretanto, observou-se uma relação inversa entre o teor foliar de magnésio ou a taxa Mg/Ca e a produção, indicando que esse nutriente, provavelmente, não foi limitante.

O teor de ferro do tecido diminuiu à medida que a dose de zinco aplicada ao solo aumentou (Tabela 4). Isto sugere que existe um antagonismo entre o zinco e o ferro. Galvão (1984), no mesmo tipo de solo deste trabalho, encontrou que a aplicação de 6 kg/ha de zinco reduziu a concentração de ferro da folha do milho, de 281 ppm para 136 ppm. Warnock (1970) também observou que o teor de ferro na folha, caule e raiz do milho diminuiu à medida que a dose de zinco aplicada ao solo aumentou; o teor de ferro da folha chegou a diminuir sete vezes.

**Efeito de doses de zinco e de calcário no teor de zinco do solo** - os teores de zinco extraídos do solo pelos extratores aumentaram à medida que a

dose de zinco aplicada aumentou, permanecendo estáveis dentro dos diferentes níveis de calcário (Tabela 5). Camargo et al. (1982) também não encontraram correlação significativa entre os teores de zinco extraídos pelos métodos de Mehlich 1 e DTPA-TEA, com doses de calcário, em 24 amostras de solo. Da mesma maneira, Galvão & Mesquita Filho (1981), em trabalho em casa de vegetação, com um Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso, não encontraram diferenças entre os teores de zinco extraídos do solo, pelo método de Mehlich 1, de amostras de solo que haviam recebido duas doses de calcário (1 e 2,6 t/ha). Por outro lado, Lantmann & Meurer (1982) acharam que a aplicação de calcário reduziu os teores de zinco extraídos pelos métodos de Mehlich 1 e de HCl 0,1N, em dez amostras de solos ácidos do Rio Grande do Sul.

Os extratores HCl 0,1N e Mehlich 1 extraíram mais zinco do que DTPA-TEA (Tabela 5). Presume-se que a elevada acidez da solução extratora, pH 1 para HCl 0,1N e pH 1,2 para a de Mehlich 1, tenha solubilizado compostos de zinco não dissol-

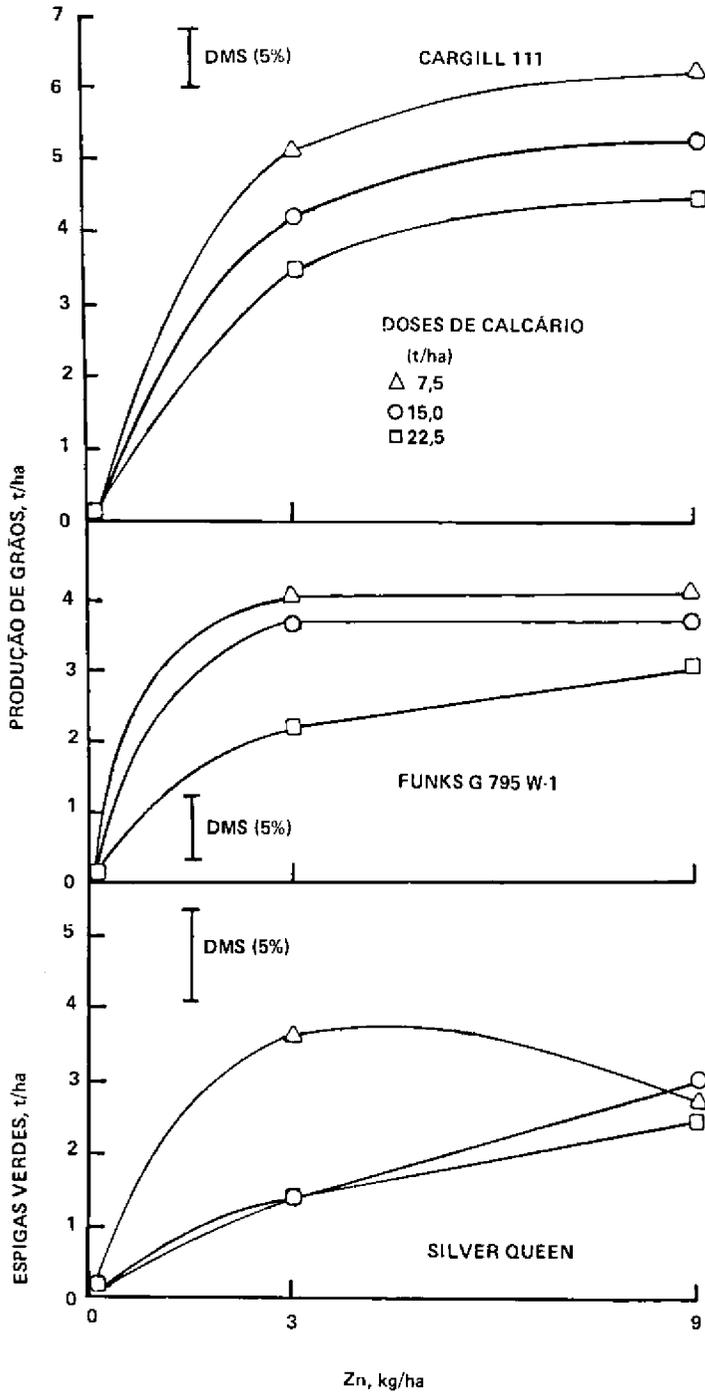


FIG. 5. Efeito de doses de calcário e zinco na produção de três genótipos de milho, em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

TABELA 4. Teores de macro e micronutrientes da folha de três genótipos de milho, em função de doses de calcário e de zinco, aplicados no Latossolo Vermelho-Escuro argiloso.

Zn	Calcário*	pH água** (1:1)	P	K	Ca	Mg	Zn	Fe	Mn
kg/ha	t/ha		%				ppm		
Cargill 111									
3	7,5	6,3	0,25	1,98	0,51	0,10	16	387	46
	15,0	7,1	0,25	1,93	0,57	0,17	12	665	46
	22,5	7,1	0,29	1,90	0,91	0,17	13	899	44
9	7,5	6,3	0,27	1,75	0,63	0,11	21	277	36
	15,0	7,1	0,21	2,28	0,62	0,11	17	203	42
	22,5	7,1	0,22	2,28	0,62	0,12	14	237	42
Funks G-795-W-1									
3	7,5	6,3	0,24	1,98	0,55	0,11	12	390	40
	15,0	7,1	0,27	2,07	0,76	0,24	13	684	50
	22,5	7,1	0,24	2,15	0,74	0,17	14	849	48
9	7,5	6,3	0,22	2,33	0,66	0,10	16	180	40
	15,0	7,1	0,26	2,00	0,54	0,10	15	159	35
	22,5	7,1	0,24	2,16	0,55	0,11	14	245	40
Silver Queen									
3	7,5	6,3	0,22	2,24	0,53	0,10	16	410	46
	15,0	7,1	0,24	1,80	0,73	0,20	13	639	48
	22,5	7,1	0,23	2,16	0,58	0,13	13	239	48
9	7,5	6,3	0,23	2,12	0,46	0,10	16	120	36
	15,0	7,1	0,24	1,87	0,72	0,15	13	218	37
	22,5	7,1	0,25	1,55	0,78	0,18	14	300	39

\* Aplicado no final de novembro de 1972.

\*\* Valores medidos em fevereiro de 1973.

TABELA 5. Teores de zinco do Latossolo Vermelho-Escuro determinados por três extratores nos diversos tratamentos, após a colheita do milho 'Cargill 111'.

Zinco	Calcário	Extratores		
		HCl 0,1N	Mehlich 1*	DTPA-TEA**
kg/ha	t/ha	ppm		
0	7,5	1,0	0,6	0,3
	15,0	0,8	0,4	0,2
	22,5	0,9	0,4	0,2
3	7,5	1,3	0,9	0,4
	15,0	1,5	0,8	0,5
	22,5	1,3	0,7	0,5
9	7,5	2,1	1,6	0,8
	15,0	1,8	1,5	0,7
	22,5	2,5	1,6	1,0

\* HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N.

\*\* Ácido dietileno-triamino-pentacético e trietanolamina

vidos por DTPA-TEA. Resultados semelhantes foram encontrados por Lantmann & Meurer (1982), onde os extratores de Mehlich 1 e HCl 0,1N extraíram mais zinco do que Na<sub>2</sub> EDTA, em dez amostras de solo que haviam recebido doses de zinco.

### CONCLUSÕES

1. Houve resposta da soja, milho e sorgo às doses de zinco; o maior incremento de produção ocorreu até a dose de 3 kg/ha de zinco.

2. A dose de 3 kg/ha, aplicada a lanço, apenas no primeiro ano, foi suficiente para manter as produções próximas ao rendimento máximo por, pelo menos, quatro colheitas consecutivas.

3. Os níveis críticos de zinco do Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa para o milho 'Cargill 111' foram de 1,4 ppm, 1,0 ppm e 0,7 ppm quando

se usou, respectivamente, HCl 0,1N; HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N e DTPA-TEA, como soluções extratoras.

4. A aplicação de doses excessivas de calcário reduziu a produção dos três genótipos de milho.

#### REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento semi-detalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura do Distrito Federal. Rio de Janeiro, Equipe Pedol. Fertil. Solo, 1966. 135p. (Boletim Técnico, 8).
- CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. & DECHEN, A.R. Efeitos do pH e da incubação na extração do manganês, zinco, cobre e ferro do solo. R. bras. Ci. Solo, 6:83-8, 1982.
- CATE, R.B. & NELSON, L.A. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data. Raleigh, North Carolina Agric. Exp. Stn., 1965. (Inter. Soil Test. Ser. Tech. Bull., 1).
- COX, F.R. & WEAR, J.I. Diagnosis and correction of zinc problems in corn and rice production. Raleigh, North Carolina State Univ., 1977. 73p. (South. Coop. Ser. Bull., 222).
- FREITAS, L.M.M. de; MCCLUNG, A.C. & LOTT, W.L. Experimentos de adubação em dois solos de campo cerrado. São Paulo, Inst. Pesq. IRI, 1958. 28p. (Boletim, 2).
- GALRÃO, E.Z. Efeito de micronutrientes e do cobalto na produção e composição química do arroz, milho e soja em solo de cerrado. R. bras. Ci. Solo, 8:111-6, 1984.
- GALRÃO, E.Z. & MESQUITA FILHO, M.V. de. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. R. bras. Ci. Solo, 5:167-70, 1981.
- IGUE, K. & GALLO, J.R. Zinc deficiency on corn in São Paulo. New York, IBEC Res. Inst., 1960. 19p. (Boletim, 20).
- JONES JUNIOR, J.B. Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. In: SOIL testing and plant analysis. Madison, s. ed., 1967. pt. 2., p.49-58. (SSSA. Special Publications, 2).
- JONES JUNIOR, J.B. & ECK, H.V. Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D., ed. Soil testing and plant analysis. 2. ed. Madison, Am. Soc. Agron., 1973. p. 349-64.
- JONES JUNIOR, J.B. & STEYN, W.J.A. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D., ed. Soil testing and plant analysis. 2. ed. Madison, Am. Soc. Agron., 1973. p.249-70
- LANTMANN, A.F. & MEURER, E.J. Estudo da eficiência de extratores para avaliação do zinco disponível do solo para o milho. R. bras. Ci. Solo, 6:131-5, 1982.
- LINDSAY, W.L. Zinc in soils and plant nutrition. Adv. Agron., 24:147-86, 1972.
- LOPES, A.S. A survey of the fertility status of soils under "cerrado" vegetation in Brazil. Raleigh, North Carolina State Univ., 1975. 138p. Tese Mestrado.
- MEURER, E.J.; LUDWICK, A.E. & KUSSOW, W.R. Effect of lime and phosphorus on zinc uptake from four soils of Brazil. Soil Sci. Plant Anal., 2(5):321-7, 1971.
- 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. Pesquisa e 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. Sér. Agron., Rio de Janeiro, 8(7):187-91, 1973.
- RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M. de.; LOBATO, E. & CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. Agron. J., 72:40-4, 1980.
- TRANI, P.E.; HIROCE, R. & BATAGLIA, O.C. Análise foliar; amostragem e interpretação. Campinas, Fund. Cargill, 1983. 18p.
- WARNOCK, R.E. Micronutrient uptake and mobility within corn plants (*Zea mays* L.) in relation to phosphorus-induced zinc deficiency. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 34:765-9, 1970.