

# INTERAÇÃO CALCÁRIO X ZINCO SOBRE A PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E ABSORÇÃO DE NUTRIENTES PELO MILHO

Marcelo Andreotti<sup>1</sup>

Carlos Alexandre Costa Crusciol<sup>2</sup>

## RESUMO

Para estudar o efeito do calcário e do zinco sobre a produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho, foi realizado um experimento, em casa de vegetação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3 constituindo-se de três saturações por bases (15, 50 e 70%) e três doses de zinco (0,7), 5 e 10 mg dm<sup>-3</sup>), com quatro repetições. Foram conduzidas duas plantas de milho (híbrido triplo XL 370) por vaso, utilizando-se vasos que receberam 20 kg de um LE, até os 57 dias após a emergência (DAE), momento em que foi realizada a colheita para a determinação da produção de matéria seca e teores de nutrientes. Utilizou-se 200 mg dm<sup>-3</sup> de N, P e K por vaso. Ao final do experimento efetuou-se amostragem de terra por vaso para caracterização química. A concentração de zinco na planta aumentou proporcionalmente com a aplicação das doses do nutriente, e diminuiu com a calagem. A aplicação de calcário deve ser acompanhada de adubação com zinco para aumentar a produção de matéria seca do milho.

**Palavras-chave:** saturação por bases, adubação, micronutriente, fertilidade do solo, *Zea mays*.

## ABSTRACT

### LIMING AND ZINC INTERACTION ON THE DRY MATTER PRODUCTION AND UPTAKE OF NUTRIENTS IN MAIZE PLANTS

The effects of liming and zinc interaction on the dry matter production and uptake of nutrients in maize plants, was studied in an

<sup>1</sup>Dep. Agronomia-Centro de Ciências Agrárias/UNIOESTE, Rua Pernambuco, 1777, CEP: 85.960-000 – Marechal Cândido Rondon - PR. - Email: andreotti@unioeste.br

<sup>2</sup>Dep. de Produção Vegetal – Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu-SP. Bolsista do CNPq. - Email: crusciol@fca.unesp.br

experiment carried out, in greenhouse conditions, using pot with 20 kg of Dark Red Latosol (Haplortox). The experiment was set up in a 3X3 factorial design completely randomized design with four replicates. The treatments were three liming rates (15, 50 and 70% base saturation of soil) and three levels of zinc in the soil (0,70; 5 and 10 mg.dm<sup>-3</sup>), with four replications. Two maize plants (triple hybrid XL 370) were grown until 57 days after emergency (DAE), when tissue samples were taken for analysis. The amount applied was 200 mg dm<sup>-3</sup> of N, P and K per pot. At the end of the experiment soil samples were taken to chemical characterization. Zinc concentration in the plants increased by increasing doses of the nutrient and decreased with liming. Lime application has to be followed by zinc fertilization to increase dry matter production of maize plants.

**Key words:** base saturation, fertilization, micronutrient, fertility of the soil, *Zea mays*.

## INTRODUÇÃO

A calagem é indispensável para correção da acidez do solo, resultando na elevação do pH, redução do alumínio trocável, elevação dos teores de Ca e Mg trocáveis e no aumento da disponibilidade de P para as plantas (Goepfert *et al.*, 1974; Gonzales-Érico *et al.*, 1979; Anjos *et al.*, 1981; Camargo *et al.*, 1982; Sing *et al.*, 1986; McKenzie *et al.*, 1988; Nwachuku & Loganathan, 1991; Klepker & Anghinoni, 1995).

Quanto ao ganho na produção de matéria seca e de grãos de milho, a calagem é uma prática destacada nos trabalhos de Forestieri & De-Polli (1990) e Nwachuku & Loganathan (1991), que constataram além da maior produção de grãos, aumentos significativos dos teores de Ca e Mg na matéria seca de folhas, dependendo do teor de Ca e Mg solúvel no solo e da saturação por bases.

A partir de 1984, começou-se a adotar no Estado de São Paulo, a recomendação de calagem pelo método da saturação por bases. Para a cultura do milho, a recomendação é que se eleve, através dessa prática, a 70%. No entanto, a elevação do pH e da V%, diminui a disponibilidade do zinco e de outros micronutrientes (Lindsay, 1972; Fagéria & Zimmermann, 1979; Machado & Pavan, 1987).

O milho é uma das plantas que mais responde à aplicação de zinco no solo, proporcionando ganhos na produção de matéria seca e grãos (Ritchey et al., 1986, Korndorfer et al., 1987; Thind *et al.*, 1990), inclusive com efeito residual de um cultivo para outro quando em doses acima de  $5 \text{ mg dm}^{-3}$  (Thind *et al.*, 1990).

O zinco é ativador enzimático de diversos processos metabólicos, como na produção do triptofano, precursor das auxinas responsáveis pelo crescimento de tecidos da planta (Mengel & Kirkby, 1987). Corroborando estas informações, Shukla & Mukhi (1985) verificaram que aplicando-se até  $10 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn em solos cultivados com milho resultou maior produção de matéria seca. Entretanto, Thind *et al.* (1990) obtiveram maiores incrementos na produção de matéria seca com  $5 \text{ mg dm}^{-3}$  de zinco aplicados ao solo.

O presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da interação entre a calagem e o zinco sobre a produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, do Departamento de Ciências do Solo, da Faculdade de Ciências Agrônomicas - Câmpus de Botucatu-SP, UNESP.

Utilizaram-se vasos com capacidade para 25 litros, os quais receberam 20 kg da camada superficial (0-20 cm) de um Latossolo Vermelho-Escuro álico, peneirado, com as seguintes características: pH ( $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ ) = 4,3; M.O. ( $\text{g kg}^{-1}$ ) = 23; P resina ( $\text{mg dm}^{-3}$ )=7,0; K=0,1; Ca=5,0; Mg=3,0; H+Al=47,0; SB=8,1 e T=55,1  $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; V=15% e Zn=0,7  $\text{mg dm}^{-3}$  (DTPA pH 7,3).

A calagem foi efetuada 30 dias antes da semeadura do milho, em três doses diferentes, sendo a dose 1 sem aplicação de calcário, deixando a saturação por bases original do solo (15%), e as outras duas objetivando elevar a saturação por bases a 50 e 70%, sendo utilizado calcário dolomítico calcinado com PRNT de 100% (32% CaO e 18% MgO), nas doses de 14,83 e 23,31 g de calcário por vaso, respectivamente.

Os tratamentos com zinco constituíram-se de três doses aplicadas no solo (original ou dose zero = 0,7; dose 1, objetivando elevar os teor no solo a  $5 \text{ mg dm}^{-3}$ ; e dose 2, objetivando elevar os teor no solo a  $10 \text{ mg}$

dm<sup>-3</sup>), utilizando para tanto, o sulfato de zinco como fonte (23% Zn), misturado com o solo dois dias antes da semeadura. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 3, três doses de calcário e três doses de zinco, com quatro repetições.

Para adubação NPK seguiu-se a recomendação de Malavolta (1980), aumentando-se em 50 mg dm<sup>-3</sup> para o K e reduzindo em 100 mg dm<sup>-3</sup> para o N, resultando dessa forma, na aplicação de 200 mg dm<sup>-3</sup> de N (uréia - 45% N), 200 mg dm<sup>-3</sup> de P (superfósforo triplo - 42% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 200 mg dm<sup>-3</sup> de K (cloreto de potássio - 60% de K<sub>2</sub>O).

O P (200 mg dm<sup>-3</sup>) foi aplicado todo na semeadura (9,38 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por vaso), juntamente com 50 mg dm<sup>-3</sup> de N (1 g de N por vaso) e 50 mg dm<sup>-3</sup> de K (1,20 g de K<sub>2</sub>O por vaso). Os demais 150 mg dm<sup>-3</sup> de N (3 g de N por vaso) e de K (3,60 g de K<sub>2</sub>O por vaso) foram aplicados em cobertura, 15 dias após emergência das plantas de milho utilizando as mesmas fontes anteriormente descritas.

A semeadura foi efetuada em 21/10/92, com 6 sementes por vaso e, após constatada a emergência das plântulas (6 dias após a semeadura), fez-se o desbaste manual, deixando-se, a partir de então, duas plantas de milho (cultivar Braskalb XL-370, híbrido triplo) por vaso.

O fornecimento de água foi feito periodicamente, com água comum, avaliando-se a necessidade através da pesagem de quatro vasos, colocando-se a quantidade suficiente para elevar o teor de água no solo a 100% da capacidade de campo (CC), sempre que o nível atingia 80% da CC.

A colheita foi efetuada 57 dias após emergência (23/12/92), em pleno florescimento, ou seja, no pico de absorção dos nutrientes e produção de matéria seca. A seguir, as plantas foram lavadas, separadas em colmos e folhas, e secas em estufa a 60° C até massa constante. Posteriormente foi efetuada a pesagem para determinação da produção de matéria seca de folhas e colmos, e moagem destas para análise química dos teores de P, K, Ca, Mg e Zn, segundo metodologia descrita por Bataglia *et al.* (1983).

Por ocasião da colheita efetuou-se a coleta das amostras de terra por vaso para caracterização química, seguindo metodologia descrita por Ferreira *et al.* (1990), e para teor de zinco do solo, utilizou-se o extrator DTPA + TEA a pH 7,3, seguindo o recomendado por Camargo

*et al.* (1986).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para produção de matéria seca de folhas e colmos da parte aérea (Tabela 1), constatou-se que os tratamentos que receberam calcário proporcionaram maiores produções em relação à testemunha. A adição de zinco, independentemente da dose de calcário não teve efeito significativo.

Tais resultados, em termos de produção de matéria seca total da parte aérea, assemelham-se aos obtidos por Gonzales-Érico *et al.* (1979), Sing *et al.* (1986) e Forestieri & De-Polli (1990), quanto ao efeito do calcário. No que se refere ao fato de a adição de zinco não ter proporcionado efeito significativo à produção de matéria seca, isso se deve, provavelmente, ao teor original do solo ( $0,7 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e a alta quantidade de matéria orgânica ( $23 \text{ g kg}^{-1}$ ), que podem ter suprido as necessidades metabólicas da planta. Resultados similares quanto ao efeito do zinco foram obtidos por Rehm *et al.* (1981), Singh *et al.* (1987) e White *et al.* (1987).

Quanto aos teores de nutrientes nas folhas (Tabela 1), os tratamentos afetaram os teores de P, K, Mg e Zn, sendo que para o P, K e Zn, houve efeito da interação Calcário x Zn (Tabela 2).

Desdobrando a interação, doses de calcário dentro de doses de zinco (Tabela 2), verifica-se que o teor de P nas folhas foi afetado somente nas doses 1 e 2 de zinco, nas quais o aumento da dose de calcário diminuiu o teor de P. Já para o desdobramento de doses de zinco dentro de doses de calcário, verificou-se que o aumento da dose de zinco dentro da dose 2 do corretivo, diminuiu o teor de P nas folhas. Xie & MacKenzie (1988) afirmaram que houve uma interação entre P e Zn em termos de absorção, sendo que havia uma inibição não competitiva entre os elementos pelo mesmo sítio de troca, o que pode explicar, em parte, os resultados obtidos no presente trabalho. O menor teor de P obtido com a elevação da dose de calcário pode ser atribuído ao efeito da diluição, pois a produção de matéria seca de folhas com adição de calcário foi significativamente maior (Tabela 1).

Os teores de K nas folhas variaram apenas na dose 2 de calcário, os quais (Tabela 2) foram reduzidos à medida em que se aumentou a

**Tabela 1** - Efeitos do zinco e do calcário (CAL) sobre a produção de matéria seca e os teores de P, K, Ca, Mg e Zn nas folhas e colmos de plantas de milho.

Tratamentos <sup>(1)</sup>	Nutrientes																	
	Matéria Seca (g)					Folhas					Colmos							
	folhas	Colmos	P	K	Ca	Mg	Zn	P	K	Ca	Mg	Zn	P	K	Ca	Mg	Zn	
				(g kg <sup>-1</sup> )					(mg kg <sup>-1</sup> )					(g kg <sup>-1</sup> )				
<b>Doses de Zn</b>																		
0	24,17a <sup>(3)</sup>	16,27	2,8	39,8	5,0a	4,3a	40	1,8	54,3a	3,5a	6,2a	26						
1	25,50a	15,95	2,8	37,9	4,4a	3,7a	72	1,9	55,8a	4,0a	6,9a	85						
2	25,20a	16,92	2,7	38,0	4,2a	3,5a	98	1,7	51,1a	4,2a	6,0a	98						
<b>Doses de CAL</b>																		
0	21,00b	11,27	3,2	41,4	3,6a	1,9b	81	2,6	60,0a	2,6b	3,2c	111						
1	26,71a	18,37	2,7	37,5	5,1a	4,4a	66	1,4	49,0a	4,3a	6,9b	64						
2	27,16a	19,17	2,5	36,8	4,9a	5,1a	63	1,4	52,2a	4,8a	9,0a	58						
Valor de F <sup>(2)</sup>																		
Zinco	0,57ns	0,64ns	4,22*	0,42ns	1,00ns	1,39ns	166,96**	0,53ns	0,42ns	1,08ns	0,97ns	66,01**						
	13,83**	38,68**	29,83**	2,28ns	2,12ns	23,74**	19,99**	31,03**	2,36ns	9,68**	34,06**	24,46**						
Zn x CAL	0,46ns	4,73*	6,45**	5,82*	0,54ns	0,34ns	15,10**	4,65*	0,66ns	0,58ns	0,95ns	9,44**						
CV (%)	13	15	8	15	32	31	11	24	24	32	27	27						
dims	3,24	2,45	0,2	5,8	1,5	1,2	8,0	0,4	12,9	1,3	1,8	21						

<sup>(1)</sup> 0, 1 e 2 correspondem às respectivas doses de zinco: teor inicial do solo (0,7), 5 e 10 mg dm<sup>3</sup>, e às respectivas saturações por bases: inicial do solo (15%), 50 e 70%.

<sup>(2)</sup> ns - não significativo, \* - significativo a 5% de probabilidade, \*\* - significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F.

<sup>(3)</sup> Teste Tukey a 5% de probabilidade; letras iguais não diferem entre si.

**Tabela 2** - Teores médios de fósforo, potássio e zinco nas folhas de milho, coletadas aos 57 dias após a emergência das plântulas. Desdobramento das interações significativas da análise de variância.

Doses de Zinco	Doses de Calcário		
	0	1	2
P na folha (g kg <sup>-1</sup> )			
0	3,0bA	2,8aA	2,9aA
1	3,4aA	2,6aB	2,5bB
2	3,2abA	2,6aB	2,2cC
K na folha (g kg <sup>-1</sup> )			
0	39,3aAB	37,1aB	43,0aA
1	42,0aA	37,7aAB	34,1bB
2	42,9aA	37,7aAB	33,3bB
Zn na folha (mg kg <sup>-1</sup> )			
0	32cB	46cA	41cA
1	88bA	67bB	62bB
2	124aA	84aB	85aB

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

dose de zinco. Quando não se aplicou zinco, os teores de K aumentaram com a dose de calcário. No entanto, quando se fez uso do zinco, independente da dose aplicada, os teores de K diminuíram. Este comportamento, assim como para os resultados constatados para o P, podem ser atribuídos ao efeito da diluição, pois a produção de matéria seca de folhas foi significativamente maior com o uso do calcário (Tabela 1).

Com relação ao Mg (Tabela 1), os tratamentos com calcário proporcionaram maior concentração desse elemento nas folhas e colmos, uma vez que houve aumento correspondente da quantidade de Mg aplicada ao solo, pela adição do calcário dolomítico utilizado (18% MgO), constatação essa semelhante à de Nwachuku & Loganathan (1991).

Houve aumento correspondente do zinco nas folhas à medida que se elevou a dose do elemento no solo, independente da dose de calcário (Tabela 2). Na ausência de aplicação de zinco, os teores foliares foram incrementados pelo uso de calcário, provavelmente por este proporcionar

um melhor desenvolvimento radicular, melhorando a eficiência da planta na aquisição de nutrientes, assim como de Zn, que particularmente, tem igual participação dos mecanismos de contato íon-raiz no processo de absorção (Mengel & Kirkby, 1987).

Quando se fez uso do calcário (Tabela 2), houve decréscimo no teor foliar de zinco, caracterizando o efeito de redução na disponibilidade desse elemento pelo aumento do pH. Embora tal resultado seja divergente do descrito anteriormente, deve-se ressaltar que os teores de Zn obtidos pela aplicação do elemento, combinado com a calagem, foram superiores aos teores obtidos na dose 0 de zinco (Tabela 2), o que leva a inferir que a menor disponibilidade do zinco pelo aumento do pH é mais significativa em teores elevados do elemento no solo. Quaggio (1985), Silveira *et al.* (1975) e Machado & Pavan (1987) são condizentes em afirmar que à medida que se faz uso do calcário para corrigir a acidez do solo, bem como, elevar os teores de Ca e Mg, há também uma diminuição na disponibilidade de zinco e, portanto, espera-se menor absorção e acúmulo deste na matéria seca.

Verifica-se também, que os tratamentos afetaram a produção de matéria seca, os teores de P, Ca, Mg e Zn nos colmos (Tabela 1). Para Ca e Mg (Tabela 1), a elevação da dose de calcário aumentou os teores de ambos na matéria seca, devido a maior disponibilidade desses elementos no solo, proporcionada pela calagem.

A associação da dose 2 de calcário com a dose 2 de zinco proporcionou maior produção de matéria seca de colmos (Tabela 3). A importância do zinco na síntese de triptofano, precursor das auxinas, que têm primordial importância no crescimento tissular, associado ao cálcio, que tem função estrutural em paredes e membranas celulares, pode ter levado a esse resultado, uma vez que o zinco, na maior dose aplicada ao solo, possibilitou sua maior absorção pelas plantas. A aplicação de calcário, independentemente da dose de zinco resultou em maior produção de matéria seca, assemelhando-se aos resultados obtidos por Sing *et al.* (1986) e Forestieri & De-Polli (1990).

Os teores de P no colmo (Tabela 3) foram reduzidos quando da elevação da dose de calcário independentemente da dose de zinco aplicada, devido a produção de matéria seca ter apresentado efeito contrário, caracterizando o efeito de diluição. O aumento da dose de

**Tabela 3** - Produção de matéria seca e teores médios de fósforo e zinco no colmo de milho, coletadas aos 57 dias após a emergência das Plântulas. Desdobramento das interações significativas da análise de variância

Doses de Zinco	Doses de Calcário		
	0	1	2
	MS de colmo (g)		
0	11,14aB	18,82aA	17,86bA
1	11,40aB	17,86aA	18,59bA
2	11,26aC	18,42aB	21,07aA
	P no colmo (g kg <sup>-1</sup> )		
0	2,3bA	1,5abB	1,7aB
1	2,6abA	1,7aB	1,5abB
2	3,0aA	1,1bB	1,1bB
	Zn no colmo (mg kg <sup>-1</sup> )		
0	31cA	27bA	19cA
1	108bA	86aB	61bC
2	194aA	78aB	93aB

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

zinco na ausência de calcário proporcionou incremento dos teores de P no colmo. Embora tal resultado seja contraditório, pela inibição não competitiva que ocorre entre P e Zn, constatou-se neste caso o efeito concentração de P, pois a produção de matéria seca na ausência de calcário foi menor (Tabela 3).

Para os teores de zinco nos colmos (Tabela 3), os resultados foram semelhantes aos das folhas, ou seja, o aumento na dose de zinco elevou os seus teores na matéria seca, e também o aumento da dose de calcário, fez com que houvesse um decréscimo, fato esse concordante com o discutido anteriormente (Tabela 2). Cabe ressaltar ainda, que no trabalho de Boswell *et al.* (1989), houve acúmulo de zinco na parte aérea, à medida que se aumentou o nível do elemento no solo.

Apesar de ter realizado a calagem para elevar a saturação por bases a 50 e 70%, esses valores não foram mantidos (Tabela 4). Assim, deve-se considerar o fornecimento de nitrogênio na forma de uréia, que, no processo de nitrificação, libera íons H<sup>+</sup>, implicando em acidificação do

**Tabela 4** - Produção de matéria seca e teores médios de fósforo e zinco no colmo de milho, coletadas aos 57 dias após a emergência das Plântulas. Desdobramento das interações significativas da análise de variância

Treatamento <sup>(1)</sup>	pH	CaCl <sub>2</sub>	P resina	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	Zn	M.O.
Doses de Zn	-----mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----											
	mg dm <sup>-3</sup>		mg dm <sup>-3</sup>							%	mg dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>
0	4,33 a <sup>(2)</sup>		54a	83,7 a	4,7 a	30,6 a	9,8 a	45,0 a	125,4 a	36 a	0,52	36 a
1	4,32 a		55a	82,4 a	4,5 a	30,9 a	9,6 a	45,0 a	127,4 a	35 a	1,68	35 a
2	4,39 a		58a	78,1 a	4,9 a	32,2 a	9,6 a	46,7 a	124,7 a	37 a	2,78	31 a
Doses de CAL												
0	4,00 c		58a	94,3 a	5,4 a	25,3 c	7,3 c	38,0 c	129,0 a	29 c	1,71	36 a
1	4,34 b		53a	79,0 b	4,4 b	31,6 b	9,8 b	45,9 b	124,9 a	37 b	1,63	39 a
2	4,70 a		56a	70,9 c	4,2 b	36,7 a	11,8 a	52,8 a	123,7 a	43 a	1,64	26 a
Valor de F <sup>(2)</sup>												
Zinco	2,15ns	0,63ns	0,77ns	0,74ns	0,74ns	1,38ns	0,41ns	0,96ns	0,38ns	0,68ns	459,35**	1,63ns
	213,75**	1,21ns	443,97**	68,21**	61,91**	80,30**	64,93**	2,54ns	171,40**	4,33*	0,35ns	
Zn x CAL	0,46ns	2,10ns	1,14ns	0,51ns	1,91ns	1,56ns	1,53ns	2,45ns	1,32ns	4,52*	1,29ns	
CV (%)	2,0	15,0	7,0	11,0	14,0	13,0	8,0	5,0	7,0	4,0	22,0	
dms	0,08	8,8	5,7	0,5	4,3	1,2	3,8	6,6	2,5	0,07	14,0	

<sup>(1)</sup> 0, 1 e 2 correspondem às respectivas doses de zinco: teor inicial do solo (0,7), 5 e 10 mg dm<sup>-3</sup>, e às respectivas saturações por bases: inicial do solo (15%), 50 e 70%.

<sup>(2)</sup> ns - não significativo, \* - significativo a 5% de probabilidade, \*\* - significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F.

<sup>(3)</sup> Teste Tukey a 5% de probabilidade; letras iguais não diferem entre si.

solo, além disso, a planta, no processo de absorção de cátions, libera  $H^+$  por antiporte. O efeito da calagem sobre o pH, Ca e Mg trocáveis e saturação por bases são constantemente citados em grande parte da literatura (Goepfert *et al.*, 1974; Anjos *et al.*, 1981; Sing *et al.*, 1986; McKenzie *et al.*, 1988).

A aplicação de calcário elevou os valores pH do solo e diminuiu a acidez potencial ( $H + Al$ ) (Tabela 4) devido ao efeito do carbonato na indisponibilização do alumínio e na neutralização de íons  $H^+$  no solo, como constatado também por Anjos *et al.* (1981), Camargo *et al.* (1982) e Klepker & Anghinoni (1995). Não houve efeito dos tratamentos sobre os teores de P e M.O. e sobre os valores de CTC (Tabela 4).

Com relação ao K (Tabela 4), o decréscimo da concentração do elemento no solo com o uso do calcário, pode ser explicado pelo aumento da extração pelas plantas em função da maior produção de matéria seca (Tabela 1).

A elevação dos valores de Ca, Mg, SB e V% (Tabela 4) se deve ao uso do calcário dolomítico (fonte também de Mg) em dose crescente, pois, à medida que se aumentou a dose de calcário, houve elevação dos teores de Ca e Mg trocáveis, à qual refletiu maior valor na soma de bases (SB), e essa, por sua vez, altera a saturação por bases (V%). Resultados muito similares foram conseguidos por Goepfert *et al.* (1974), Anjos *et al.* (1981), Sing *et al.* (1986) e McKenzie *et al.* (1988).

Os resultados obtidos para CTC (Tabela 4) divergem dos encontrados na literatura, na qual, com a elevação da dose de calcário, há aumento dos valores dessa propriedade química do solo. A explicação para tal resultado é que a CTC advém da soma aritmética  $SB + (H+Al)$ , o que acarreta interpretações errôneas. No presente trabalho, a acidez potencial obtida na ausência de calagem apresentou valor elevado em relação aos demais tratamentos (Tabela 4), o que proporcionou maior CTC calculada, porém sem diferir estatisticamente dos demais tratamentos.

Para o teor de Zn no solo houve efeito da interação calcário X zinco (Tabela 5). Constata-se redução dos teores no solo dentro das doses de Zn 1 e 2 com a aplicação do calcário, que pode ser atribuída à menor disponibilidade desse elemento proporcionada pelo aumento do pH (Tabela 4) decorrente da calagem e, pela maior extração das plantas de

**Tabela 5** - Teores de zinco (Zn) no solo. Desdobramento das interações significativas da análise de variância

Doses de Zinco	Doses de Calcário		
	0	1	2
	Zn (mg dm <sup>-3</sup> )		
0	0,52 cA	0,50 cA	0,55 cA
1	1,78 bA	1,63 bB	1,63 bB
2	2,83 aA	2,75 aB	2,76 aB

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

milho, como constatado na produção de matéria seca advinda dos tratamentos com aplicação de calcário associado à maior dose de zinco (Tabelas 1 e 3). Ao analisar o desdobramento das doses de zinco dentro de doses de calcário (Tabela 5), verifica-se o mesmo efeito em todas as doses de calcário, ou seja, a elevação da dose de zinco, aplicada ao solo, nele proporcionou aumento dos teores do nutriente.

É interessante verificar que o teor de zinco no solo (Tabela 5), após um cultivo de milho, teve redução proporcionalmente maior nos tratamentos com aplicação desse elemento (dose 1=5,0 e dose 2=10,0 mg dm<sup>-3</sup>) em relação à dose 0 (0,7 mg dm<sup>-3</sup>), decorrente da maior produção de matéria seca (folhas e colmos) e maiores teores de Zn nesses tratamentos (Tabelas 2 e 3), acarretado pela maior extração.

Os efeitos discutidos por Lindsay (1972) não foram bem caracterizados em relação ao pH, pois, com a elevação de uma unidade do seu valor, não houve diminuição em 100 vezes do Zn disponível no solo. Fageria & Zimmermann (1979), Juo & Uzu (1977) e Quaggio (1985) afirmaram que a redução da disponibilidade do zinco para as plantas ocorre mais severamente em pH 6,0 e saturação por bases ao redor de 60%, valores esses diferentes dos encontrados no presente trabalho (Tabela 4) 4,70 para pH e 43% para a máxima saturação por bases (dose 2).

## CONCLUSÕES

1. A concentração de zinco na planta aumentou proporcionalmente com a aplicação das doses do nutriente, e diminuiu com a calagem.
2. A aplicação de calcário aumentou a produção de matéria seca e os teores de Ca e Mg na planta milho.
3. Para o híbrido triplo XL 370, a aplicação de zinco não alterou a produção de matéria seca.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, J.T.; PUNDEK, M.; TASSINARI, G.; GRIMM, S.S., 1981. Efeito da Calagem e da Adubação Fosfatada Sobre Algumas Propriedades Químicas de um Cambissolo Húmico Distrófico, Cultivado com Milho. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 5(1):50-54.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R., 1983. Métodos de Análises Químicas de Plantas. **Instituto Agronômico**, (78):1-48.
- BOSWELL, F.C.; PARKER, M.B.; GAINES T.P., 1989. Soil Zinc and pH Effects on Zinc Concentrations of Corn Plants. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, 20(15/16):1575-1600.
- CAMARGO, A.P.; RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; ROCHA, T.R.; NAGAI, V.; MASCARENHAS, H.A.A., 1982. Efeito da Calagem nas Produções de Cinco Cultivos de Milho, Seguidos de Algodão e Soja. **Pesq. Agropec. Bras.**, 17(7):1007-1012.
- CAMARGO, O.A. de; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S., 1986. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas. **Instituto Agronômico**, (106):94p.
- FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P., 1979. Interação entre Fósforo, Zinco e Calcário em Arroz de Sequeiro. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 3(1):88-92.
- FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; FERREIRA Jr., M.E., 1990. **Avaliação da Fertilidade Empregando o Sistema IAC de Análise de Solo**. Jaboticabal: FCAV-UNESP, 94p.
- FORESTIERI, E.F.; DE-POLLI, H., 1990. Calagem, Enxofre e Micronutrientes no Crescimento do Milho e da Mucuna Preta num Podzólico Vermelho-Amarelo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 14(2):167-172.

- GOEPFERT, C.F.; SALIM, O.; OSÓRIO, C.A.S., 1974. Experimento de Calibração na Cultura do Milho (*Zea mays* L.) em Solo Bela Vista. **Agronomia Sulriograndense**, 10(1):21-29.
- GONZALES-ÉRICO, E.; KAMPRATH, E.J.; NADERMAN, G.C.; SOARES, W.W., 1979. Effect of Depth of Lime Incorporation on the Growth of Corn on a Oxisol of Central Brazil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 43:1155-1158.
- JUO, A.S.R.; UZU, F.O., 1977. Liming and Nutrient Interaction in Two Ultisols from Southern Nigeria. **Plant and Soil**, 47:419-430.
- KLEPKER, D.; ANGHINONI, I., 1995. Crescimento Radicular e Aéreo do Milho em Vasos em Função do Nível de Fósforo no Solo e da Localização do Adubo Fosfatado. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 19(3):403-408.
- KORNDORFER, G.H.; EIMORI, I.E.; TELLECHEA, M.C.R., 1987. Efeito de Técnicas de Adição do Zinco a Fertilizantes Granulados na Produção de Matéria Seca do Milho. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 11(2):329-332.
- LINDSAY, W.L., 1972. Zinc in Soils and Plant Nutrition. **Advances in Agronomy**, 24:147-186.
- MACHADO, P.L.O.A.; PAVAN, M.A., 1987. Adsorção de Zinco por Alguns Solos do Paraná. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 11(2):253-256.
- MALAVOLTA, E., 1980. A Avaliação do Estado Nutricional. In: **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, p.219-251.
- McKENZIE, R.C.; PENNEY, D.C.; HODGINS, L.W.; AULAKH, B.S.; UKRAINETZ, H., 1988. The Effects of Liming on a Ultisol in Northern Zambia. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, 19(7/12):1355-1369.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A., 1987. Zinc. In: \_\_\_\_\_. **Principles of Plant Nutrition**. Bern: International Potash Institute, p.525-536.
- NWACHUKU, D.A.; LOGANATHAN, P., 1991. The Effect of Liming on Maize Yield and Soil Properties in Southern Nigeria. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, 22(7-8):623-639.
- QUAGGIO, J.A., 1985. Respostas das Culturas à Calagem. In: **Seminário Sobre Corretivos Agrícolas**. Campinas: Fundação Cargill, p.123-157.
- REHM, G.W.; SORENSEN, R.C.; WIESE, R.A., 1981. Application of

- Phosphorus, Potassium and Zinc to Corn Grown for Grain or Silage: Early Growth and Yield. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, **45**:523-528.
- RITCHEY, K.D.; COX, F.R.; GALRÃO, E.Z.; YOST, R. S., 1986. Disponibilidade de Zinco para as Culturas do Milho, Sorgo e Soja em Latossolo Vermelho-Escuro Argiloso. **Pesq. Agropec. Bras.**, **21**(3):215-225.
- SHUKLA, V.C.; MUKHI, A.K., 1985. Ameliorative Role of Zinc on Maize Growth (*Zea mays* L.) Under Salt-Affected Soil Conditions. **Plant and Soil**, **87**:423-432.
- SILVEIRA, R.I.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S.; SARRUGE, J.R., 1975. Influência do pH e dos Teores de Fosfato Solúvel e Matéria Orgânica Sobre a Fixação de Zinco pelo Solo. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"**, **32**:285-295.
- SILVEIRA, R.I.; MELLO, F.A.F.; CRUZ, V.F.; MORAES, R.S., 1983. Influência dos Teores de Cálcio e Magnésio Trocáveis, da Capacidade de Troca de Cátions e do Índice de Saturação em Bases sobre a Fixação de Zinco pelo Solo. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"**, **40**:313-325.
- SING, Y.W.; WALLENS, P.J.; GANGAIYA, P.; MORRISON, R.J., 1986. The Effect of Liming on Some Chemical Properties and Maize Production on a Highly Weathered Soil. **Tropical Agriculture**, **63**(4):319-324.
- SINGH, J.P.; KARAMANOS, R.E.; STEWART, J.W.B., 1987. The Zinc Fertility of Saskatchewan Soils. **Can. J. Soil Sci.**, **67**:103-116.
- THIND, S.S.; TAKKAR, P.N.; BANSAL, R.L., 1990. Chemical Pools of Zinc and the Critical Deficiency Level for Predicting Response of Corn to Zinc Application in Alluvium Derived Alkaline Soils. **Acta Agron. Hungarica**, **39**(3-4):219-226.
- WHITE, R.P.; GUPTA, U.C.; PRIDHAM, E.; SANDERSON, J.B., 1987. Effect of Zinc Applications on Corn at Two Sites Exhibiting Low Plant Tissue Zinc Concentrations in Prince Edward Island. **Can. J. Soil Sci.**, **67**:973-977.
- XIE, R.J.; MacKENZIE, A.F., 1988. The pH Effect on Sorption-Desorption and Fractions of Zinc in Phosphate Treated Soils. **Comm.Soil Sci. Plant Anal.**, **19**(7-12):873-886.