

COMPONENTES MORFOLÓGICOS E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE MILHO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E ZINCO¹

Marcelo Andreotti^{2*}; Euclides Caxambu Alexandrino de Souza³; Carlos Alexandre Costa Crusciol^{2,4}

²Depto. de Produção Vegetal, Seção Agricultura e Melhoramento Vegetal, FCA/UNESP, Fazenda Experimental Lageado s/n, C.P. 237 - CEP: 18603-970 - Botucatu, SP.

³Depto. de Solos e Adubos, FCAV/UNESP, Rod. Carlos Tonnan, km 5, CEP: 14870-000 - Jaboticabal, SP.

⁴Bolsista CNPq.

*Autor correspondente <barnaott@bol.com.br>

RESUMO: O milho é uma das plantas que mais responde positivamente à aplicação de zinco no solo, com ganhos na produção de matéria seca e grãos. Entretanto, a disponibilidade e a absorção do elemento pelas plantas são influenciadas negativamente pela elevação do pH, da V% e do teor de P nos solos. Para estudar o efeito da calagem e do zinco aplicado na adubação, e o seus efeitos residuais sobre a produção de matéria seca e o desenvolvimento das plantas de milho, foram realizados três cultivos subsequentes, em condição de casa de vegetação, utilizando-se vasos que receberam 20 kg de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3, com três saturações por bases (15, 50 e 70%) e três teores de zinco no solo (0,70, 5 e 10 mg dm⁻³), com quatro repetições. Em cada cultivo deixaram-se duas plantas de milho (híbrido tripló XL 370) por vaso até os 57 dias após a emergência, momento em que foi realizada a colheita para a determinação da produção de matéria seca. A análise de desenvolvimento da planta foi realizada a cada sete dias, avaliando-se: altura média, número de folhas e comprimento médio de entrenós/planta, num total de oito coletas. A aplicação de zinco não alterou as variáveis morfológicas da planta de milho. A calagem incrementou a altura das plantas. O aumento da dose de calcário resultou em maior produção de matéria seca e teores de Ca e Mg nas folhas e colmos de milho. A aplicação de zinco incrementou os teores do elemento na matéria seca. Houve efeito residual da calagem e da adubação com zinco na produção de matéria seca em três cultivos de milho.

Palavras-chave: matéria seca, desenvolvimento da planta, saturação por bases, adubação, micronutriente

MORPHOLOGICAL COMPONENTS AND DRY MATTER ACCUMULATION IN CORN AS A FUNCTION OF LIMING AND ZINC FERTILIZATION

ABSTRACT: Corn is one of the plants which are very responsible for zinc application in the soil that results on the increasing of plant dry matter and grain yield. On the other hand, zinc availability and uptake are negatively influenced by pH values, basis saturation and phosphorus availability in the soil. In order to study the effect of liming and the interactions with zinc, including their residual effects on dry matter accumulation and development in corn (*Zea mays* L. cv. triple hybrid XL 370), three experiments were carried out, under greenhouse conditions, in pots filled with 20 kg of a na Haplortox. A 3x3 completely randomized design, with four replicates, was utilized. Treatments consisted of liming to reach basis saturation of 15, 50 and 70%, combined with three zinc levels in the soil (0,70, 5 and 10 mg dm⁻³). Two corn plants per pot were grown until 57 days after emergence, when plant dry matter was measured. Analysis of plant development was made weekly, by determining height, number of leaves and average internode length per plant. Application of zinc did not alter the plant development. Plant height increased with the liming. The increasing of lime levels resulted in increased dry matter yield and calcium and magnesium concentration in the leaves and culms. The application of zinc increased the Zn concentration in plant dry matter. Residual effect of liming and zinc on promoted an increasing the plant dry matter.

Key words: dry matter, plant development, basis saturation, fertilization, micronutrient

INTRODUÇÃO

Efeitos benéficos da calagem no desenvolvimento das culturas são demonstrados pela elevação do pH do solo, redução do teor de alumínio trocável, elevação dos teores de cálcio e magnésio disponíveis e aumento da disponibilidade de fósforo para

as plantas. Quanto ao ganho na produção de matéria seca e de grãos, a calagem é uma prática destacada nos trabalhos de Forestieri & De-Polli (1990) e Nwachuku & Loganathan (1991), os quais concluíram que além do aumento da produção de grãos houve aumentos significativos dos teores de Ca e Mg na matéria seca de folhas e colmos de milho.

¹Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada à FCA/UNESP - Botucatu, SP. Trabalho apresentado na 23ª Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas (FERTBIO'98), Caxambu, 1998.

Taiz & Zeiger (1991) afirmam que o Ca participa como ativador enzimático (complexo Ca-calmodulina), no processo de crescimento da membrana plasmática das células, isto através de bombas de Ca^{+2} situadas entre o tonoplasto e a membrana, portanto, com o aumento da concentração de Ca nos solos pode-se levar a ganhos na produção de matéria seca. Tais ganhos são influenciados pelos teores de Mg no solo e absorvido pela planta, pois esse elemento participa estruturalmente da molécula de clorofila, importantíssima na maquinaria fotossintética da planta (Mengel & Kirkby, 1987).

A partir de 1984, adotou-se para o Estado de São Paulo a recomendação de calagem pelo método da saturação por bases do solo. Especificamente para a cultura do milho deve-se elevar através desta prática, a saturação para 70% acarretando dessa forma, aumento do pH do solo e conseqüentemente, diminuição da disponibilidade do zinco passível de absorção.

Para Lindsay (1972), Quaggio (1985), Boswell et al. (1989), Souza & Ferreira (1988), e Bugbee & Frink (1995), a disponibilidade e absorção de zinco pelas plantas de milho são influenciadas negativamente pela elevação do pH, V% e disponibilidade de P nos solos.

O milho é uma das plantas que mais responde à aplicação de zinco no solo, proporcionando ganhos na produção de matéria seca e grãos (Galvão & Mesquita Filho, 1981, Ritchey et al., 1986, Thind et al., 1990), inclusive com efeito residual de um cultivo para outro quando em doses acima de 5 mg dm^{-3} (Thind et al., 1990).

O zinco é ativador enzimático de diversos processos metabólicos, como na produção do triptofano que é precursor das auxinas responsáveis pelo crescimento de tecidos da planta (Mengel & Kirkby, 1987). Corroborando com estas informações Shukla & Mukhi (1985) verificaram que aplicando-se até 10 mg dm^{-3} de Zn em solos cultivados com milho resultou em maior produção de matéria seca. Entretanto, Thind et al. (1990) obtiveram maiores incrementos na produção de matéria seca com 5 mg dm^{-3} de zinco aplicados ao solo, e Barbosa Filho et al. (1990) concluíram, ainda, que valores próximos a essa mesma concentração de zinco proporcionam aumentos no comprimento médio de entrenós da planta.

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da interação calcário e zinco aplicados ao solo sobre alguns componentes morfológicos e produção de matéria seca do milho, em três cultivos sucessivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada no Departamento de Ciências do Solo, da Faculdade de Ciências Agrônomicas - Campus de Botucatu-SP, UNESP.

Utilizaram-se vasos com capacidade para 25 l, os quais receberam 20 kg de camada superficial (0-20 cm) de um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, caracterizado quimicamente antes da aplicação dos tratamentos (TABELA 1), e após cada cultivo de milho, segundo metodologia proposta por Raij & Quaggio (1983). Na quantificação de zinco utilizou-se extração por DTPA, seguindo metodologia recomendada por Camargo et al. (1986).

A calagem foi efetuada 30 dias antes da semeadura do milho, em duas doses diferentes, procurando elevar a saturação por bases de 15 para 50 e 70%, sendo utilizado um calcário dolomítico calcinado com PRNT de 100% (32% CaO e 18% MgO). A dose para elevar a V% a 50 foi de 14,83 g por vaso, equivalente a $1,93 \text{ t ha}^{-1}$ e para 70% foi, respectivamente, de 23,31 g por vaso e $3,03 \text{ t ha}^{-1}$.

Os tratamentos com zinco constituíram de três teores no solo (original do solo = 0,7; dose 1 = 5 e dose 2 = 10 mg dm^{-3}), utilizando para tanto, o sulfato de zinco como fonte (23% Zn), aplicado na semeadura, nas doses de 100 e 200 mg de Zn por vaso ($5 \text{ e } 10 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente).

Tanto a calagem, como a aplicação de zinco foram efetuadas, apenas, no primeiro cultivo. Entretanto, a adubação NPK foi aplicada nos três cultivos.

Para adubação NPK seguiu-se a recomendação de Malavolta (1980), aumentando-se em 50 mg dm^{-3} para a dose de K e reduziu-se em 100 mg dm^{-3} para o N. Portanto, aplicaram-se 200 mg dm^{-3} de N (uréia - 45% N), 200 mg dm^{-3} de P (superfosfato triplo - 42% de P_2O_5) e 200 mg dm^{-3} de K (KCl - 60% de K_2O), sendo o P aplicado todo na semeadura ($9,38 \text{ g de } \text{P}_2\text{O}_5$ por vaso), juntamente com 50 mg dm^{-3} de N (1 g de N por vaso) e 50 mg dm^{-3} de K (1,20 g de K_2O por vaso). Os outros 150 mg dm^{-3} de N (3 g por vaso) e de K (3,60 g de K_2O por vaso) foram aplicados em cobertura, 15 dias após emergência das plantas de milho.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×3 , constituindo-se de três saturações por bases (15, 50 e 70%) e três teores de zinco no solo (0,70; 5,0 e $10,0 \text{ mg dm}^{-3}$), com

TABELA 1 - Caracterização química do solo LE utilizado no experimento.

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V	Zn*
$\text{CaCl}_2 \text{ 0,01 mol L}^{-1}$		resina								
	g kg^{-1}	mg dm^{-3}	----- $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----						%	mg dm^{-3}
4,3	23	7	0,1	5,0	3,0	47	8,1	55,1	15	0,7

*Zn extraído por DTPA.

combinações possíveis duas a duas e quatro repetições. Cada cultivo constituiu um experimento independente, sendo que as sementeiras foram efetuadas em 21/10/92 (experimento 1), 20/01/93 (experimento 2) e 28/04/93 (experimento 3), deixando-se 2 plantas de milho (cultivar BRASKALB XL-370, híbrido triplo) por vaso, nos três cultivos.

Aos 57 dias após emergência, estas plantas foram colhidas em pleno florescimento, ou seja, no pico de acúmulo de matéria seca e máximo crescimento vegetativo.

Após serem colhidas, as plantas foram lavadas, separadas em colmos e folhas, e secas em estufa a 60°C. Posteriormente foi efetuada a pesagem para determinação da produção de matéria seca de folhas e colmos. Em seguida, foram moídas para determinação dos teores de Ca, Mg e Zn, segundo metodologia proposta por Bataglia et al. (1983).

Para determinação dos componentes morfológicos foram feitas avaliações semanais de comprimento médio de entrenós por planta, número de folhas e altura de cada planta, sendo esta última determinada do nível do solo até a última folha totalmente expandida no dia da avaliação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de calcário, independente da dose de zinco, proporcionou aumento do pH no primeiro cultivo, e esse efeito perdurou nos dois cultivos subsequentes, sempre com valor significativamente maior na saturação por bases de 70% (TABELA 2). Esse mesmo efeito foi verificado quanto aos teores de cálcio e magnésio, que foram incrementados com o aumento da dose de calcário aplicado no primeiro cultivo, permanecendo até o terceiro cultivo, uma vez que foi utilizado como fonte o calcário dolomítico.

O teor de zinco no solo, no Cultivo 1, foi influenciado pela interação doses de calcário x doses de zinco (TABELA 2). Analisando o desdobramento da interação (TABELA 3), constata-se que a aplicação de calcário nas doses 1 e 2 de zinco, reduziu o teor do elemento no solo, provavelmente em função do aumento do pH, como já foi comentado. O teor de Zn foi incrementado, em todas as doses de calcário, com o aumento da dose aplicada do elemento. No Cultivo 2, houve efeito da aplicação do elemento, no qual a elevação da dose resultou em aumento no teor do solo. Como verificado no Cultivo 1, no Cultivo 3 também houve interação doses de calcário x doses de zinco (TABELA 2). A aplicação do elemento incrementou o teor no solo em todas as doses de calcário (TABELA 3). E, o efeito da elevação da dose de calcário, realizada no Cultivo 1, reduziu o teor de Zn no solo quando foi empregada a maior dose do elemento. Este resultado é explicado pela maior extração do nutriente, uma vez que foi constatada, nessa combinação, maior produção de matéria seca (TABELA 4 e 5).

O fósforo no solo foi influenciado pelos tratamentos somente no Cultivo 2 (TABELA 2). Houve efeito da interação dos fatores (TABELA 3) onde pode-se constatar que a aplicação de Zn, nas doses de calcário 1 e 2, resultou em maiores teores de P, o que pode ser atribuído a inibição não competitiva que ocorre entre esses dois elementos, que acarretou em menor absorção de fósforo pela planta quando o teor de zinco foi elevado pela sua aplicação no Cultivo 1.

Para a produção de matéria seca de folhas, no Cultivo 1 e 2, os tratamentos que receberam calcário foram maiores que a testemunha, mas não diferiram estatisticamente. A adição de zinco não apresentou efeito significativo. Entretanto, no Cultivo 3 ocorreu a interação entre doses de Zn x doses de calcário (TABELA 4) estando o desdobramento na TABELA 5. No tratamento

TABELA 2 - Efeito da calagem (CAL) e do zinco nos três cultivos de milho, sobre o pH, teores de P, Ca, Mg, e Zn no solo.

Tratamentos ¹	Cultivo 1					Cultivo 2					Cultivo 3				
	pH	P	Ca	Mg	Zn	pH	P	Ca	Mg	Zn	pH	P	Ca	Mg	Zn
	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³	mg dm ⁻³
Doses de Zn															
0	4,33	54	30,6	9,8	0,42	4,08	124	22,2	9,4	0,42 c	4,08	204	10,7	6,7	0,26
1	4,32	55	30,7	9,6	1,68	4,09	131	23,4	9,2	1,57 b	4,04	207	12,0	7,0	1,31
2	4,39	58	32,2	9,6	2,78	4,09	133	22,0	8,4	2,72 a	4,06	209	11,3	7,3	2,48
Doses de CAL															
0	4,00 b	58	25,3 c	7,3 c	1,71	3,80 c	125	16,5 c	5,5 c	1,60	3,97 b	204	7,3 c	3,3 c	1,47
1	4,34 b	53	31,6 b	9,8 b	1,63	4,06 b	127	23,8 b	8,9 b	1,54	4,03 b	207	10,0 b	6,3 b	1,30
2	4,70 a	56	36,7 a	11,8 a	1,65	4,40 a	135	27,3 a	12,5 a	1,58	4,20 a	208	16,7 a	11,3 a	1,28
Teste F ⁽²⁾	54,2**	2,0 ^{ns}	6,78**	10,68**	852,1**	77,97**	2,94**	20,42**	27,41**	293,78**	4,70**	0,75 ^{ns}	18,8**	22,5**	117,2**
CV (%)	2,0	15,0	14,0	13,0	4,0	1,0	6,0	9,0	13,0	7,0	3,0	5,0	18,0	22,0	13,0
dms ⁽³⁾	0,08	8,8	4,3	1,2	0,07	0,06	7,89	2,2	1,2	0,12	0,11	11,6	2,1	1,6	0,18
Zn x CAL					*		*								*

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

⁽²⁾ ns - não significativo, * significativo a 5%, ** - significativo a 1% pelo teste F; ⁽³⁾ Teste Tukey a 5%; letras iguais não diferem.

que recebeu a maior dose de calcário, a aplicação de Zn aumentou a produção de matéria seca de folhas, demonstrando o efeito residual tanto do zinco quanto do calcário aplicados no Cultivo 1. Nos tratamentos que receberam zinco, a aplicação de calcário resultou em maior produção de matéria seca, porém a diferença significativa na dose 2 de zinco, somente foi constatada com a aplicação da maior dose de calcário. Tais resultados assemelham-se aos obtidos por Sing et al. (1986) e Forestieri & De-Polli (1990) quando relativos aos efeitos do calcário. Porém, com relação ao zinco, as diferenças

TABELA 3 - Teores de P e Zn no solo (Desdobramento das interações significativas da análise de variância).

Doses de Zinco	Doses de Calcário		
	0	1	2
Cultivo 1 - Zn (mg dm ⁻³)			
0	0,52 cA	0,50 cA	0,55 cA
1	1,78 bA	1,63 bB	1,63 bB
2	2,84 aA	2,75 aB	2,77 aB
Cultivo 2 - P resina (mg dm ⁻³)			
0	126 aA	118 bB	130 bA
1	125 aB	131 aAB	137 abA
2	126 aB	133 aAB	139 aA
Cultivo 3 - Zn (mg dm ⁻³)			
0	0,24 cA	0,23 cA	0,31 cA
1	1,41 bA	1,28 bA	1,24 bA
2	2,77 aA	2,38 aB	2,29 aB

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

quanto a resposta do híbrido à produção de matéria seca variaram bastante, visto que por ser um híbrido triplo, as plantas são mais heterogêneas e, portanto, respondem de forma diferente mesmo em condições semelhantes de solo (Ritchey et al., 1986, e Thind et al., 1990).

A produção de matéria seca de colmos, nos três cultivos, foi afetada pela interação doses de zinco x doses de calcário (TABELA 4). No desdobramento das interações (TABELA 5), a aplicação de calcário incrementou a produção de matéria seca em todos os cultivos, principalmente na maior dose. Vale ressaltar, nos Cultivos 2 e 3, que esse efeito não foi significativo na ausência da aplicação de zinco, porém seguiu o comportamento descrito. A aplicação de zinco foi significativa na maior dose de calcário, isso porque com o aumento do pH, verificado através da análise da TABELA 2, ocorreu redução da disponibilidade do elemento para a planta. A adição de zinco proporcionando efeito significativo na produção de matéria seca foi descrito por Thind et al. (1990).

A aplicação da maior dose de zinco (10 mg dm⁻³) na ausência de calcário, no Cultivo 2, resultou em menor produção de matéria seca de colmo (TABELA 5), quando comparado à ausência de zinco e calcário. Esse resultado, provavelmente, pode ser explicado pela menor absorção de cálcio e maior acúmulo de zinco, principalmente no colmo, que foi quatro vezes maior com a aplicação do elemento na ausência de calcário (TABELA 7). Portanto, o zinco em altas concentrações na planta, pode provocar toxidez e com isso afetar a produção de matéria seca (Mengel & Kirkby, 1987). Resultados semelhantes foram constatados por Ritchey et al. (1986) e Barbosa Filho et al. (1990).

TABELA 4 - Efeitos do calcário (CAL) e do zinco, em três cultivos, sobre a produção de matéria seca de folhas (MSF) e de colmos (MSC) de plantas de milho colhidas aos 57 dias após a emergência.

Tratamentos	Cultivo 1		Cultivo 2		Cultivo 3	
	MSF	MSC	MSF	MSC	MSF	MSC
----- g por planta -----						
Doses de Zn						
0	24,17	15,94	30,67	23,58	12,07	9,91
1	25,50	15,95	30,08	26,46	13,53	9,80
2	25,20	16,92	27,21	20,79	15,51	11,20
Doses de CAL						
0	21,00 b	11,27	24,87 b	17,83	11,56	9,21
1	26,71 a	18,35	29,46 ab	24,29	13,66	10,05
2	27,16 a	19,17	33,62 a	28,71	15,89	11,65
Teste F ⁽²⁾	3,83**	10,19**	3,37**	7,12**	2,87**	1,93 ^{ns}
CV (%)	13	15	16	18	24	21
Dms ⁽³⁾	3,24	2,45	4,87	4,38	3,33	2,25
Zn x CAL		*		*	*	*

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

⁽²⁾ns - não significativo, * significativo a 5%, ** - significativo a 1% pelo teste F.

⁽³⁾Teste Tukey a 5%; letras iguais não diferem.

TABELA 5 - Produção de matéria seca de folhas (MSF) e de colmos (MSC) de plantas de milho colhidas aos 57 dias após a emergência. (Desdobramento das interações significativas da análise de variância).

Doses de Zinco	Doses de Calcário		
	0	1	2
Cultivo 1 - MSC (g)			
0	11,14 aB	18,82 aA	17,86 bA
1	11,40 aB	17,86 aA	18,59 bA
2	11,26 aC	18,42 aB	21,07 aA
Cultivo 2 - MSC (g)			
0	20,87 aA	25,00 aA	24,87 bA
1	19,00 aB	26,12 aA	27,00 aA
2	13,62 bC	21,75 aB	34,25 aA
Cultivo 3 - MSF (g)			
0	11,85 aA	12,61 aA	11,75 bA
1	10,20 aB	13,56 aA	16,82 aA
2	12,63 aB	14,80 aB	19,11 aA
Cultivo 3 - MSC (g)			
0	10,06 aA	9,88 aA	9,79 bA
1	8,06 aB	9,82 aB	11,51 aB
2	9,51 aB	10,45 aB	13,65 aA

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

A aplicação de zinco afetou somente os teores de Ca na folha no Cultivo 3, onde o menor teor do elemento foi obtido com a aplicação da dose 2 de Zn (TABELA 6). Este resultado é explicado pelo efeito diluição, uma vez que a produção de matéria seca de folhas nesse tratamento foi superior aos demais (TABELA 4).

A aplicação de calcário aumentou, nos três cultivos, os teores de Ca e Mg nas folhas e nos colmos, com exceção no cultivo 3, onde o teor de cálcio na folha foi menor nas doses 0 e 2 de calcário. Na dose 2, a explicação seria a diluição pela maior produção de matéria seca nesse tratamento (TABELA 4).

O aumento dos teores de Ca e Mg no colmo e nas folhas do milho (TABELA 6) demonstra o efeito residual do calcário aplicado antes da implantação do Cultivo 1, concordando com os relatos de Sing et al. (1986) e MacKenzie et al. (1988).

Os teores de Zn, tanto no colmo quanto nas folhas, no Cultivo 1, foram afetados pela interação doses de Zn x doses de calcário (TABELA 6). Nos Cultivos 2 e 3, o aumento da dose de Zn incrementou o teor do elemento nas folhas e no colmo (TABELA 6). Galvão & Mesquita Filho (1981) afirmaram haver efeito residual do zinco aplicado ao solo por alguns cultivos e que esse efeito foi mais expressivo na presença de calcário residual, porém em solos de pH inferiores a 6,0 (Magalhães, 1986), condições semelhantes as verificadas no presente trabalho (TABELA 2).

TABELA 6 - Efeito da calagem (CAL) e do zinco nos três cultivos de milho, sobre os teores de cálcio, magnésio e zinco nas folhas e no colmo da planta, aos 57 dias após a emergência (DAE).

Tratamentos ¹	Cultivo 1						Cultivo 2						Cultivo 3					
	Folha		Colmo				Folha		Colmo				Folha		Colmo			
	Ca	Mg	Zn	Ca	Mg	Zn	Ca	Mg	Zn	Ca	Mg	Zn	Ca	Mg	Zn	Ca	Mg	Zn
	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
Doses de Zn																		
0	5,0	4,3	40	3,5	6,2	26	5,3	2,5	36 b	3,8	4,1	24 c	8,5 a	3,4	36 c	5,3	4,6	42 c
1	4,4	3,7	72	4,0	6,9	85	6,1	2,6	43 b	3,5	3,9	71 b	8,6 a	3,3	65 b	5,3	3,7	89 b
2	4,2	3,5	98	4,2	6,0	122	5,3	2,3	58 a	3,8	4,0	109 a	6,9 b	3,0	84 a	5,1	3,9	109 a
Doses de CAL																		
0	3,6	1,9 b	81	2,6 b	3,2 c	111	4,7 b	1,0 c	57 a	2,9 b	2,2 b	80 a	7,8 b	2,6 b	63	3,7 b	3,5 b	77
1	5,1	4,4 a	66	4,3 a	6,9 b	64	5,8 ab	2,5 b	41 b	4,1 a	4,5 a	71 ab	9,4 a	3,5 a	62	4,3 b	3,9 b	73
2	4,9	5,1 a	63	4,8 a	9,0 a	58	6,2 a	3,9 a	39 b	4,0 ab	5,3 a	53 b	6,9 b	3,5 a	60	7,7 a	4,9 a	90
Teste F ⁽²⁾	1,6 ^{ns}	6,4 ^{**}	54,3 ^{**}	3,0*	9,2 ^{**}	27,6 ^{**}	1,9 ^{ns}	7,9 ^{**}	5,7 ^{**}	1,8 ^{ns}	11,1 ^{**}	8,8 ^{**}	3,5 ^{**}	3,0*	32,1 ^{**}	11,4 ^{**}	7,4 ^{**}	10,8 ^{**}
CV (%)	32,0	31,0	11,0	32,0	27,0	27,0	27,0	36,0	25,0	31,0	22,0	38,0	19,0	18,0	12,0	21,0	14,0	23,0
dms ⁽³⁾	1,6	1,2	8,0	1,3	1,8	21,0	1,5	0,9	11,6	1,2	0,9	26,6	1,6	0,6	7,5	1,1	0,6	18,7
Zn x CAL	*			*														

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

⁽²⁾ns - não significativo, * significativo a 5%, ** - significativo a 1% pelo teste F.

⁽³⁾Teste Tukey a 5%; letras iguais não diferem.

De maneira geral, em todas as doses de calcário, o aumento da dose Zn aplicada resultou em maiores teores do elemento nestas partes da planta (TABELA 7). Com relação ao efeito da calagem, o aumento da dose de calcário, na ausência da aplicação de Zn, incrementou o teor desse micronutriente nas folhas, enquanto que no colmo não houve diferença significativa. Este efeito poderia ser atribuído a maior translocação do microelemento dos colmos para as folhas, quando analisa-se os teores nesses órgãos vegetativos. Com a aplicação de Zn, em ambas as partes da planta, a calagem reduziu os teores do elemento, provavelmente devido a elevação do pH (TABELA 2). Quaggio (1985) e

Machado & Pavan (1987) são condizentes em afirmar que à medida que se faz uso do calcário para elevar o pH e a saturação por bases do solo, bem como os teores de Ca e Mg, há também uma diminuição na disponibilidade de zinco e portanto, espera-se uma menor absorção e acúmulo na matéria seca.

No Cultivo 2, os teores de zinco no colmo e nas folhas foram reduzidos com a prática da calagem (TABELA 6), devido a elevação do pH em razão do efeito residual do calcário aplicado no Cultivo 1. Entretanto, esse efeito residual não persistiu até o Cultivo 3.

Para a altura das plantas, nos três cultivos, houve a mesma tendência, ou seja, as doses 1 e 2 de calcário proporcionaram plantas maiores em relação à testemunha (TABELA 8). Resultados semelhantes foram obtidos por Forestieri & De-Polli (1990), pois sabe-se que o Ca e o Mg têm papel importante no crescimento de tecidos da planta (Taiz & Zeiger, 1991; Mengel e Kirkby, 1987).

O número de folhas/planta foi afetado pela adição de zinco e pelo uso do calcário, apenas no primeiro cultivo (TABELA 8). Isto pode ser atribuído ao aumento dos teores de Ca, Mg e Zn (TABELA 6) e o papel desses no crescimento vegetativo.

O comprimento médio de entrenós/planta apresentou diferenças significativas nos cultivos 2 e 3 (TABELA 8), onde o efeito do calcário foi maior à medida que aumentou a dose aplicada, obtendo-se dessa forma, entrenós mais longos. Esses resultados discordam de Barbosa Filho et al. (1990), que afirmaram ter o zinco grande efeito sobre o comprimento médio dos entrenós do colmo de milho, porém o valor pH do solo, obtido

TABELA 7 - Teores de zinco nas folhas e no colmo da planta, aos 57 dias após a emergência (DAE), no Cultivo 1. (Desdobramento das interações significativas da análise de variância).

Doses de Zinco	Doses de Calcário		
	0	1	2
Zn folha (mg kg ⁻¹)			
0	32 cB	46 cA	41 cA
1	88 bA	67 bB	62 bB
2	124 aA	84 aB	85 aB
Zn colmo (mg kg ⁻¹)			
0	31 cA	27 bA	19 cA
1	108 bA	86 aB	61 bC
2	194 aA	78 aB	93 aB

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

TABELA 8 - Efeito da calagem (CAL) e do zinco nos três cultivos de milho, sobre a altura da planta (AMP), número de folhas (NMF)/planta e comprimento médio de entrenós (CME)/planta aos 57 dias após a emergência.

Tratamentos ⁽¹⁾	Cultivo 1			Cultivo 2			Cultivo 3		
	AMP	NMF	CME	AMP	NMF	CME	AMP	NMF	CME
----- cm -----									
Doses de Zn									
0	162,12	13,84	11,81	209,08	14,07	13,07	36,91	10,62	3,66
1	173,33	15,12	12,00	216,25	14,87	14,15	41,83	11,25	4,32
2	168,25	15,16	10,70	201,29	14,25	13,51	41,91	11,83	4,34
Doses de CAL									
0	136,21 b	13,59	10,56	191,58 b	14,16	12,57 b	27,75b	10,16	3,47
1	184,75 a	15,04	12,08	211,16 a	14,87	13,32 ab	44,71a	11,83	4,14 ab
2	182,75 a	15,50	11,88	223,87 a	14,79	14,83 a	48,20a	11,71	4,71 a
Teste F ⁽²⁾	4,09**	2,94**	1,21 ^{ns}	2,85*	1,44 ^{ns}	1,92 ^{ns}	6,62**	2,21 ^{ns}	3,54**
CV (%)	15	4	16	9	6	13	19	12	18
dms ⁽³⁾	25,01	0,62	1,91	19,39	0,9	1,83	7,91	1,40	0,75
Zn x CAL									

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

⁽²⁾ns - não significativo, * significativo a 5%, ** - significativo a 1% pelo teste F.

⁽³⁾Teste Tukey a 5%; letras iguais não diferem.

pelos autores supracitados, foi corrigido para 6,4, o que pode ter proporcionado necessidade de maiores doses de zinco aplicados ao solo.

O maior comprimento de entrenós proporcionado pela calagem, deve-se ao papel do Ca e do Mg, que persistiu, devido ao efeito residual, sobre o crescimento da planta, tendo alterado inclusive a produção de matéria seca (TABELA 4).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA FILHO, M.P.; DYNIA, J.F.; ZIMMERMANN, F.J.P. Resposta do arroz de sequeiro ao zinco e ao cobre com efeito residual para o milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.14, p.333-338, 1990.
- BATAGLIA, O.C., FURLANI, A.M.C., TEIXEIRA, J.P.F., FURLANI, P.R., GALLO, J.R. **Métodos de análises químicas de plantas**. Campinas: IAC, 1983. p.1-48. (Boletim Técnico, 78)
- BOSWELL, F.C.; PARKER, M.B.; GAINES, T.P. Soil zinc and pH effects on zinc concentrations of corn plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.20, p.1575-1600, 1989.
- BUGBEE, G.J.; FRINK, C.R. Phosphorus and zinc fertilization of corn grown in a Connecticut soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.26, p.269-276, 1995.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: IAC, 1986. p.29-31. (Boletim Técnico, 106)
- FORESTIERI, E.F.; DE-POLLI, H. Calagem, enxofre e micronutrientes no crescimento do milho e da mucuna preta num podzólico Vermelho-amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.14, p.167-172, 1990.
- GALRÃO, E.Z.; MESQUITA FILHO, M.V. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.5, p.167-170, 1981.
- LINDSAY, W.L. Zinc in soils and plant nutrition. *Advances in Agronomy*, v.24, p.147-186, 1972.
- MACHADO, P.L.O.A.; PAVAN, M.A. Adsorção de zinco por alguns solos do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.11, p.253-256, 1987.
- MACKENZIE, R.C.; PENNEY, D.C.; HODGINS, L.W.; AULAKH, B.S.; UKRAINETS, H. The effects of liming on a Ultisol in Northern Zambia. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.19, p.1355-1369, 1988.
- MAGALHÃES, J.P.L. Efeitos da interação calcário e zinco na produção de grãos de milho (*Zea mays* L.) e nos teores de zinco no solo e na planta. Jaboticabal, 1986. 50 p. Monografia (Graduação)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. p.219-251: A avaliação do estado nutricional.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987. p.525-536: Zinc.
- NWACHUKU, D.A.; LOGANATHAN, P. The effect of liming on maize yield and soil proprieties in Southern Nigeria. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.22, p.623-639, 1991.
- QUAGGIO, J.A. Respostas das culturas à calagem. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRICOLAS, Campinas, 1983. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.123-157.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: IAC, p.1-31, 1983. (Boletim Técnico, 81)
- RITCHEY, K.D.; COX, F.R.; GALRÃO, E.Z.; YOST, R.S. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO argiloso. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.21, p.215-225, 1986.
- SHUKLA, V.C.; MUKHI, A.K. Ameliorative role of zinc on maize growth (*Zea mays* L.) under salt-affected soil conditions. *Plant and Soil*, v.87, p.423-432, 1985.
- SING, Y.W.; WALLENS, P.J.; GANGAIYA, P., MORRISON, R.J. The effect of liming on some chemical proprieties and maize production on a highly weathered soil. *Tropical Agriculture*, v.63, p.319-324, 1986.
- SOUZA, E.C.A. de; FERREIRA, M.E. Zinco no solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, Jaboticabal, 1988. *Anais*. Jaboticabal: UNESP, FCAVJ, 1988. p.279-317.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Belmont: The Benjamin Cummings, 1991. p.426-449.
- THIND, S.S.; TAKKAR, P.N.; BANSAL, R.L. Chemical pools of zinc and the critical deficiency level for predicting response of corn to zinc application in alluvium derived alkaline soils. *Acta Agronômica Hungarica*, v.39, p.219-226, 1990.

Recebido em 09.03.99