

RESPOSTA DO MILHO DOCE À ADUBAÇÃO COM ZINCO

E. L. M. COUTINHO¹; W. NATALE¹; F. CONSOLINI¹; A. R. DA SILVA¹ & H. C. J. FRANCO¹

1. UNESP – Campus de Jaboticabal, Departamento de Solos e Adubos. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/nº. 14870-000 Jaboticabal – SP. E-mail: coutinho@fcav.unesp.br
Aceito para publicação em: 12/12/2002.

RESUMO

Com o objetivo estudar o efeito da adubação com zinco sobre a produção de matéria seca de milho doce, instalou-se um experimento em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em condições de casa de vegetação. Os tratamentos constaram de seis doses de zinco (0; 1,2; 2,4; 3,6; 4,8 e 6,0 mg kg⁻¹), aplicadas em amostras de um Latossolo Vermelho-Escuro, coletado na camada superficial (0-20 cm). Cada parcela constituiu-se de um vaso preenchido por 4,2 kg de terra. Foram realizados dois cultivos sucessivos, aplicando-se o zinco apenas no primeiro. O corte da parte aérea ocorreu 30 dias após a emergência das plantas. Após cada cultivo determinou-se a produção de matéria seca e a concentração de zinco na parte aérea. O zinco do solo foi extraído pelas soluções DTPA, Duplo Ácido (DA), Mehlich-3 (M-3) e HCl 0,1 mol L⁻¹. A adição do micronutriente promoveu incrementos na produção de matéria seca e nos teores de zinco na planta e no solo, para os dois cultivos. Verificou-se ainda que, produções de matéria seca próximas do máximo foram obtidas, nos dois cultivos, com a menor dose de zinco (1,2 mg kg⁻¹). Uma produção relativa de 90% esteve associada a concentrações de zinco na planta ao redor de 15 mg kg⁻¹. Os extratores utilizados foram eficientes na avaliação de zinco no solo, estando a produção relativa correspondente a 90%, associada às seguintes concentrações de zinco no solo: 0,92 (DTPA); 1,4 (DA); 1,6 (M-3) e 1,6 (HCl) mg de zinco por kg de solo.

Palavras-chave: extratores de zinco, zinco disponível, nível crítico, *Zea mays* L.

ABSTRACT

RESPONSE OF SWEET CORN TO FERTILIZATION WITH ZINC

The effects of zinc fertilization on dry matter production of sweet corn (*Zea mays* L.) and on the concentration of zinc in the soil and in the plant, were studied under greenhouse conditions pot trial in Oxisol with six rates of zinc (0; 1.2; 2.4; 3.6; 4.8 e 6.0 mg kg⁻¹). The zinc concentrations in the plant that produced 90% of the maximum yield was near 15 mg kg⁻¹. The zinc concentrations in the soil with different soil tests that produced 90% of the maximum yield were 0.92 (DTPA); 1.4 (DA); 1.6 (M-3) e 1.6 (HCl) mg of zinc per kg of soil. Zinc deficiency symptoms were manifested by the plants in the control treatment. The luxury absorption of zinc was also confirmed on corn plants, however it was not observed zinc toxicity.

Key words: zinc soil test, available zinc, critical level, *Zea mays* L

INTRODUÇÃO

O milho doce (*Zea mays* L.) é um mutante de

endosperma, cuja característica fenotípica é o acúmulo de polissacarídeos solúveis em água em altas concentrações, além de açúcares simples. Essas características conferem ao grão propriedades texturais desejáveis ao enlatamento e ao consumo *in natura* (TOSELLO, 1980).

O milho doce é mais exigente em fertilidade e menos tolerante à acidez do solo que o milho verde comum (FILGUEIRA, 1981). A riqueza em açúcares, aliada a um intenso metabolismo e a um ciclo mais curto, pode justificar essa maior exigência em termos de solo.

Com relação às necessidades de nutrientes do milho doce tem-se, apesar de ser uma cultura em franca expansão, poucas informações disponíveis, observando-se uma mera transposição dos resultados experimentais obtidos para o milho comum.

Dentre os micronutrientes, o zinco é o que apresenta maiores respostas à produção de grãos na cultura do milho em solos brasileiros (RITCHEY *et al.*, 1986; COUTINHO *et al.*, 1992; BÜLL, 1993), seja pelos baixos teores existentes no solo (LOPES, 1984), associados ou não à prática da calagem (LINDSAY, 1972), a adubação fosfatada (BAHIA e BRAGA, 1974; SOUZA *et al.* 1985), ou aos teores de matéria orgânica do solo.

Nesse contexto, FREITAS *et al.* (1972) obtiveram respostas acentuadas à aplicação de zinco em solo sob vegetação de cerrado, usando o milho doce como planta indicadora.

Procurando fornecer subsídios à adubação com zinco, instalou-se um experimento em casa de vegetação, com os objetivos de verificar os efeitos da adição desse cátion na produção de matéria seca de milho doce, relacionando-a com as concentrações de Zn no solo e na planta. Avaliou-se ainda, a eficiência das soluções extratoras DTPA, Duplo Ácido (DA), Mehlich-3 (M-3) e HCl, em estimar a quantidade de zinco disponível no solo para as plantas de milho doce.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado sob condições de casa de vegetação, empregando-se vasos com 4,2 kg de terra. O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho Distrófico textura média coletado na camada superficial (0-20 cm), no município de Jaboticabal, SP. A caracterização química do solo, realizada segundo RAIJ *et al.* (1987), apresentou os seguintes resultados: pH (CaCl₂) 5,5; M.O. = 19 g dm⁻³; P (resina) = 24 mg dm⁻³; K=1 mmol_c dm⁻³; Ca= 30 mmol_c dm⁻³; Mg=9 mmol_c dm⁻³; H+ Al= 20 mmol_c dm⁻³, V= 67% e Zn (DTPA)=0,32 mg kg⁻¹.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições e os tratamentos constituíram-se de seis doses de zinco (0- 1,2- 2,4- 3,6- 4,8 e 6,0 mg kg⁻¹ de Zn) aplicadas ao solo na forma de ZnSO₄.

Todos os vasos receberam 200 mg kg⁻¹ de N

(nitrato de amônio p.a.), 200 mg kg⁻¹ de P (fosfato monoamônio p.a.), 200 mg kg⁻¹ de K (sulfato de potássio p.a.) e 0,25 mg kg⁻¹ de B (bórax p.a.). O nitrogênio foi parcelado, sendo aplicado na semeadura 50 mg kg⁻¹ de N e o restante quinze dias após a emergência das plantas. Os demais nutrientes foram adicionados previamente ao volume total do solo.

Como planta teste, foi semeado o milho doce (*Zea mays* L.), variedade super-doce, deixando-se após o desbaste quatro plantas por vaso. Foram feitos dois cultivos sucessivos, com cortes efetuados aos 30 dias após a emergência. Após o primeiro cultivo, o solo foi seco ao ar e as raízes removidas. O fósforo, potássio, boro e zinco foram aplicados apenas no primeiro cultivo e o nitrogênio foi reaplicado, na mesma dose, no segundo cultivo.

Durante todo o período experimental, regas diárias foram efetuadas com água destilada, procurando-se manter o solo com 70% de água disponível.

Após cada cultivo, determinou-se a produção de matéria seca da parte aérea do milho doce e as concentrações de zinco na planta, conforme BATAGLIA *et al.* (1983). As determinações de zinco no solo foram feitas por quatro soluções extratoras:

a) DTPA: extração de 15 g de solo com 30 ml de solução extratora DTPA pH 7,3, sob agitação (120 rpm), durante duas horas (LINDSAY e NORVELL, 1978);

b) Duplo Ácido: extração de 7,5 g de solo com 30 ml de solução extratora HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹, sob agitação (190 rpm), durante 15 minutos (WEAR e EVANS, 1968);

c) Mehlich-3: extração de 2,5 g de solo com 25 ml de solução extratora CH₃COOH 0,2 mol L⁻¹ + NH₄NO₃ 0,25 mol L⁻¹ + NH₄F 0,015 mol L⁻¹ + HNO₃ 0,013 mol L⁻¹ + EDTA 0,001 mol L⁻¹, por agitação (180 rpm), durante cinco minutos (MEHLICH, 1984). A solução extratora, assim como os extratos obtidos por esse método, foram armazenados em recipientes de plástico;

d) HCl 0,1 mol L⁻¹: extração de 4 g de solo com 40 ml de solução extratora HCl 0,1 mol L⁻¹ sob agitação (190 rpm), durante trinta minutos (WEAR e SOMMER, 1947).

Em todos os métodos, após a agitação, as suspensões foram passadas por papel de filtro Whatman n° 42, para a obtenção dos extratos. Os teores de Zn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

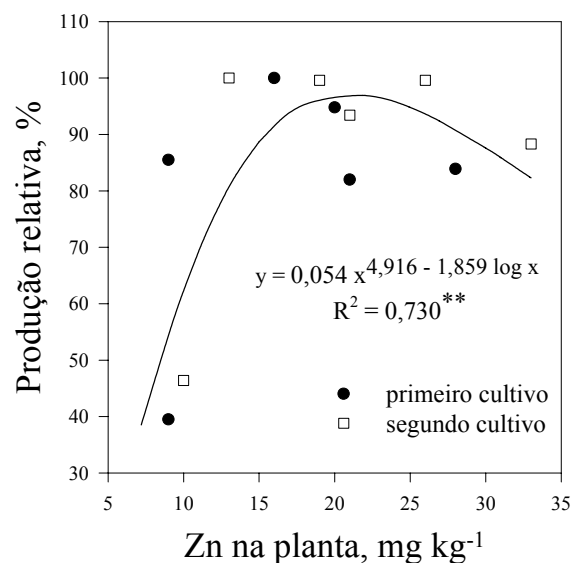
A aplicação de zinco promoveu incrementos na produção de matéria seca, teores de zinco na parte aérea, zinco absorvido e acumulado na parte aérea do milho doce e sobre as concentrações do micronutriente no solo (Tabela 1). Observa-se que produções de matéria seca bastante próximas ao máximo foram obtidas já com a dose de 1,2 mg kg⁻¹ de Zn, apesar das quantidades do micronutriente na planta aumentarem em função das doses (Tabela 1), podendo-se inferir que as plantas de milho doce apresentaram “absorção de luxo”. Observações semelhantes constam nos trabalhos de DECARO *et al.* (1983) e COUTINHO *et al.* (1992). Não foram verificados, porém, sintomas de toxicidade nas plantas, apesar da diminuição na produção de matéria seca do milho

doce com o emprego da maior dose de zinco (segundo cultivo).

As plantas que não receberam adubação com zinco apresentaram sintomas característicos de deficiência no estágio inicial da cultura (15 dias após a emergência). Tais sintomas foram, de modo geral, clorose internerval em faixas e internódios curtos, o que caracteriza a deficiência de zinco em plantas de milho segundo MALAVOLTA e DANTAS (1980). A concentração de Zn nas plantas com sintomas de carência esteve ao redor de 9-10 mg kg⁻¹ (Tabela 1).

O surgimento de plantas deficientes era esperado, uma vez que o teor inicial de Zn (DTPA) no solo (0,32 mg kg⁻¹) estava abaixo do nível crítico relatado por outros autores para o milho comum. RITCHEY *et al.* (1986), determinaram como nível crítico 0,7 ppm de Zn (extraído com DTPA) e GALRÃO (1996), de 0,6 mg kg⁻¹ (DTPA).

A concentração de zinco nas plantas que apresentaram produção relativa de matéria seca de 90% esteve ao redor de 15 mg kg⁻¹ (Figura 1). Em trabalhos com milho comum conduzidos em condições de campo, GALRÃO (1995) obteve como nível crítico de Zn na folha a concentração de 18,5 mg kg⁻¹ e RITCHEY *et al.* (1996), de 17,5 mg kg⁻¹.



função dos teores de Zn na planta.

Tabela 1 - Produção de matéria seca, concentração de Zn na parte aérea, teor de Zn acumulado e teores de Zn no solo, extraído por quatro extratores, após a aplicação do micronutriente (média de quatro repetições).

Doses	Matéria seca	Zn na parte aérea	Zn acum.	DTPA	HCl	Duplo Ácido	Mehlich-3
---mg kg ⁻¹ --	----g/vaso-----	----mg kg ⁻¹ -----	----µg/vaso---	-----mg kg ⁻¹ -----			
Primeiro cultivo							
0	12,31	9	110,8	0,35	0,65	0,55	0,71
1,2	26,62	9	239,6	0,95	1,57	1,39	1,51
2,4	31,15	16	490,6	1,25	2,49	2,30	2,39
3,6	29,53	20	583,2	1,70	3,42	2,88	3,06
4,8	25,50	21	541,9	2,48	4,38	4,10	4,37
6,0	26,07	28	723,4	3,12	5,32	5,00	5,17
Teste F	37,45**	169,49**	124,22**	77,61**	101,91**	57,41**	97,62**
CV(%)	8,7	6,6	9,1	10,1	9,9	12,3	9,7
Segundo cultivo							
0	12,08	10	120,8	0,30	0,60	0,49	0,66
1,2	26,02	13	338,3	0,90	1,52	1,31	1,46
2,4	25,94	19	492,9	1,40	2,40	2,05	2,30
3,6	24,29	21	510,1	1,84	3,11	3,00	3,26
4,8	25,91	26	673,7	2,33	4,09	3,85	4,12
6,0	22,97	33	758,0	3,00	5,12	4,90	5,00
Teste F	93,99**	90,41**	98,01**	307,44**	99,64**	194,03**	203,41**
CV(%)	4,89	9,1	8,6	7,9	9,6	8,6	8,9

** significativo a 1% de probabilidade.

As quantidades de Zn do solo extraídas com o Duplo Ácido, Mehlich-3 e HCl foram maiores que as extraídas com DTPA (Tabela 1). Comparando-se o pH das soluções DA, M-3, HCl e DTPA (1,5; 2,7; 1,4 e 7,3 respectivamente) pode-se inferir que a acidez dos três primeiros extratores propiciou a solubilização de compostos de Zn não complexados pelo DTPA. A maior capacidade de extração das soluções ácidas, em relação às complexantes, também foi relatada por RITCHEY *et al.* (1986), BATAGLIA e RAIJ (1989) e GALRÃO (1995).

Tabela 2 - Regressão linear entre o Zn extraído pelos extratores (Y) e as doses de Zn aplicadas (X).

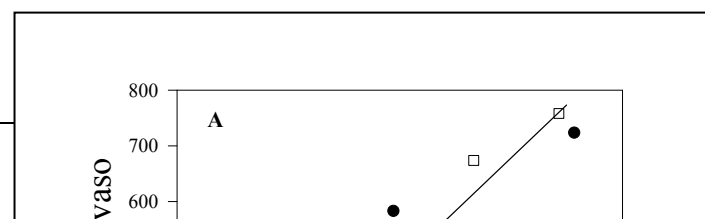
Extratores	Equação	R ²
Primeiro Cultivo		
DTPA	Y= 0,288 + 0,450X	0,98***
Duplo Ácido	Y= 0,492 + 0,737X	0,99***
Mehlich-3	Y= 0,615 + 0,751X	0,99***
HCl	Y= 0,635 + 0,778X	0,99***
Segundo cultivo		
DTPA	Y= 0,326 + 0,434X	0,99***
Duplo Ácido	Y= 0,413 + 0,729X	0,99***
Mehlich-3	Y= 0,611 + 0,729X	0,99***
HCl	Y= 0,91 + 0,739X	0,99***

***: significativo a 0,1%.

Além de extraírem maiores quantidades, as soluções ácidas também recuperaram maiores proporções do zinco aplicado. Os valores do coeficiente angular das equações de

regressão entre o zinco aplicado e o extraído permitem estimar que entre 70 e 77% do micronutriente aplicado foi recuperado pelas soluções Duplo Ácido, Mehlich-3 e HCl e apenas 43 e 45% pelo DTPA, respectivamente para os dois cultivos (Tabela 2).

Na avaliação dos extratores, procurou-se relacionar o teor de Zn no solo com as quantidades do micronutriente absorvido e acumulado na parte aérea. Para os quatro extratores foram obtidas equações de regressão com elevados coeficientes de determinação, como pode ser verificado na Figura 2, indicando que as soluções estudadas prestaram-se bem à avaliação da disponibilidade de Zn para a planta. Resultados similares foram relatados por BUZZETTI (1992) que verificou a mesma eficiência na extração de zinco do solo pelos extratores DTPA, Mehlich-1 e HCl em nove solos. BATAGLIA e RAIJ (1994) utilizando DTPA, Mehlich-1 (1:4), HCl 0,01 mol L⁻¹ e EDTA verificaram que os extratores apresentaram elevados coeficientes de correlação, tendo o DTPA, apresentado coeficiente de correlação ligeiramente superior aos demais.



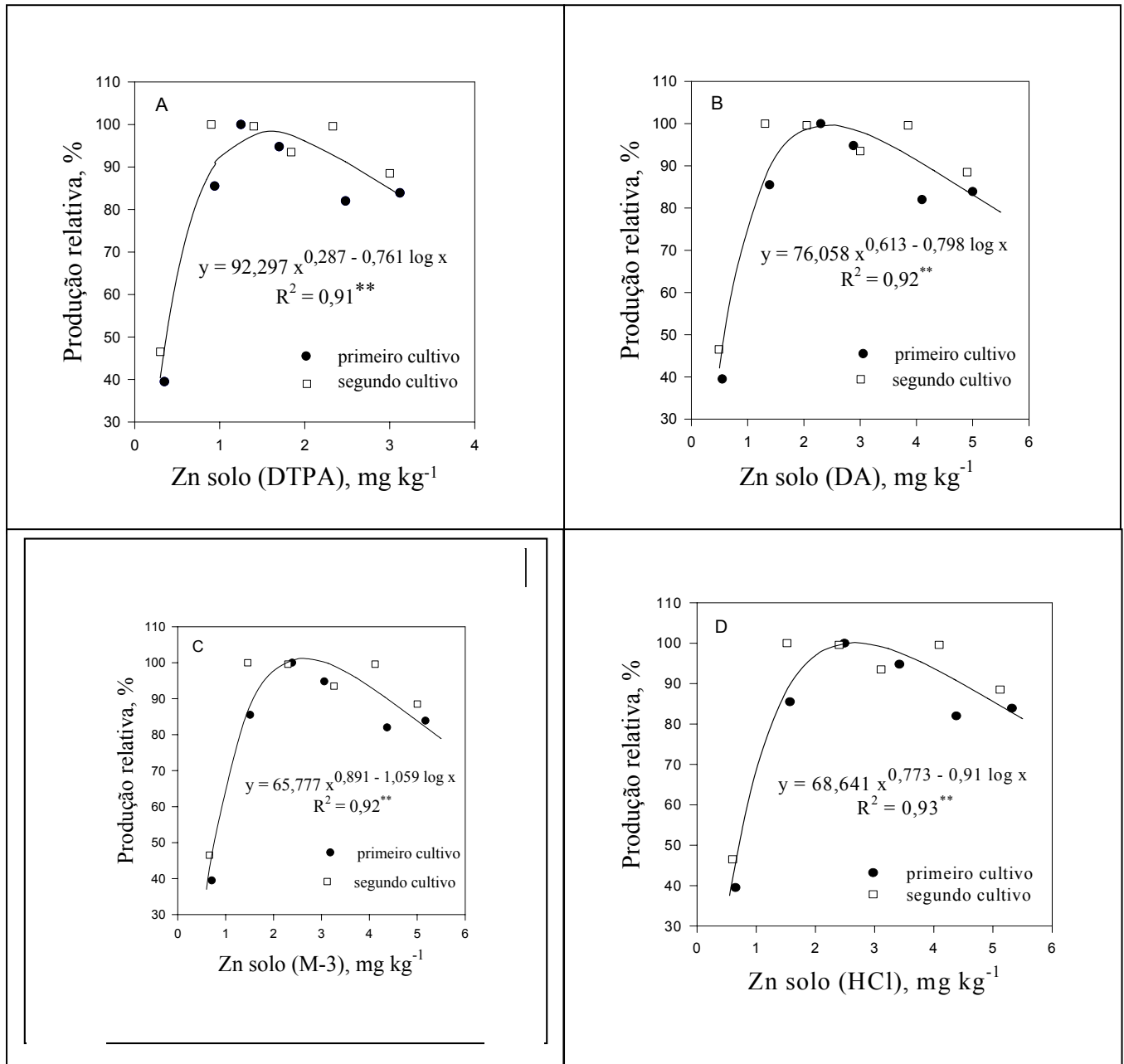


Figura 3. Produção de matéria seca de milho doce em função do zinco no solo, extraídos por DTPA (A), Duplo Ácido (B), Mehlich-3 (C) e HCl (D).

Procurando-se estimar o nível crítico de Zn no solo, relacionou-se os teores do micronutriente extraídos pelos quatro extratores com a produção relativa de matéria seca (Figura 3). Uma produção relativa de 90% esteve associada às seguintes concentrações de Zn no solo: 0,92 mg kg⁻¹ (DTPA), 1,4 mg kg⁻¹ (DA), 1,6 mg kg⁻¹ (M-3) e 1,6 mg kg⁻¹ (HCl). Em um Latossolo Vermelho textura argilosa, GALRÃO (1996) determinou como níveis críticos de Zn no solo os valores de 0,6 mg dm⁻³ (DTPA), 0,8 mg dm⁻³ (M-3), 0,9 mg dm⁻³ (M-1) e 1,0 mg dm⁻³ (HCl).

CONCLUSÕES

1. As plantas de milho doce responderam positivamente à aplicação de zinco.
2. A produção relativa de 90% esteve associada a concentração de zinco na planta ao redor de 15 mg kg⁻¹.
3. Os extratores estudados foram eficientes na predição de zinco disponível às plantas de milho doce.
4. Uma produção de matéria seca correspondente a 90% esteve associada com os teores de Zn no solo de 0,92 (DTPA), 1,4 (DA), 1,6 (M-3) e 1,6 (HCl) mg kg⁻¹ de Zn.

LITERATURA CITADA

- BAHIA, F.G.T.C. & BRAGA, J.M. Influência da adubação fosfatada e calagem sobre a absorção de zinco em dois solos de Minas Gerais. **R. Ceres**, v.21, p.167-192, 1974.
- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H. (ed.). **Cultura do milho** - Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, POTAFOS, 1993. p.63-145.
- BATAGLIA, O.C., FURLANI, A.M.C., TEIXEIRA, J.P.F., FURLANI, P.R., GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)
- BATAGLIA, O.C., RAIJ, B. van Eficiência de extratores de micronutrientes na análise de solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v.13, n.2, p.205-12, 1989.
- BATAGLIA, O.C., RAIJ, B. van Soluções extratoras na avaliação da fitodisponibilidade do zinco em solos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v.18, p.457-61, 1994.
- BUZETTI, S. Estudo de eficiência de extratores químicos de zinco, no solo, para o milho. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Campinas, v.16, p.3672, 1992.
- COUTINHO, E.L.M., CARNIER, P.E., MAGALHÃES, J.P.L., BANZATTO, D.A. Effects of liming-zinc interaction on the grain yield of corn and zinc contents in soil and plant. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 10, 1987, Maracaibo. **Resumenes...** p.60-1.
- COUTINHO, E.L.M., VELINE, E.D., LEMUS ERASMO, E.A., FLOREZ RONCACIO, V.J., MARTINS, D. Resposta do milho pipoca à adubação com zinco em condições de casa de vegetação. **Ciência Agronômica**, v.7, p.31-6, 1992.
- DECARO, S.T., VITTI, G.C., FORNASIERI FILHO, D., MELO, W.J. Efeito de doses e fontes de zinco na cultura do milho. **Rev. Agric.**, Piracicaba, v.58, p.25-36, 1983.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de Olericultura**: Cultura e Comercialização de Hortaliças. 2ª ed., São Paulo, Ed. Ceres, v.1, 1981. 338p.
- FREITAS, L.M.M.; TANAKA, T.; LOBATO, E.; SOARES, W.V.; FRANÇA, G.E. Experimentos de adubação de milho doce e soja em solos de campo cerrado. **Pesq. agropec. bras.** v.7, p.57-63, 1972.
- GALRÃO, E.Z. Métodos de aplicação de zinco e avaliação de sua disponibilidade para o milho num latossolo vermelho-escuro, argiloso, fase cerrado. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Campinas, v.20, p.283-9, 1996.
- GALRÃO, E.Z. Níveis críticos de zinco para o milho cultivado em latossolo vermelho-amarelo, fase cerrado. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Campinas, v.19, p.255-60, 1995.
- LINDSAY, W.L. Zinc in soils and plant nutrition. **Adv. Agron.**, v.24, p.147-186, 1972.
- LINDSAY, W.L., NORVELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.42, p.421-8, 1978.
- LOPES, A.S. **Solos sob "Cerrado"**: Características, Propriedades e Manejo. 2ª ed., Piracicaba, POTAFOS, 1984. 162p.
- MALAVOLTA, E. & DANTAS, J.P. Nutrição e adubação do milho. In: PATERNIANI, E. (Coord.). **Melhoramento e Produção do Milho no Brasil**. 2ª ed., Piracicaba, Fundação Cargill, 1980. p.429-479.
- MEHLICH, A. Mehlich 3 soil test extractant: a modification of Mehlich 2 extractant. **Com. Soil Sci. Plant Anal**, v.15, n.12, p.1409-16, 1984.
- RAIJ, B. van, QUAGGIO, J.A., CANTARELA, H., FERREIRA, M.E., LOPES, A.S., BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.
- 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. **Pesq. agropec. Bras.**, v.21, n.3, p.21-25, 1986.
- SOUZA, E.C.A., SANTIAGO, G., OLIVEIRA, L.C.L., COUTINHO, E.L.M., LIMA, L.A. Resposta do milho pipoca à adubação com fósforo e zinco. **Científica**, São Paulo, v.13, p. 39-49, 1985.
- TOSELLO, G.A. Milhos Especiais e seu valor nutritivo. In: PATERNIANI, E. (Coord.). **Melhoramento e Produção de Milho no Brasil**. 2ª ed., Piracicaba, Fundação Cargill, 1980. p.310-338.
- WEAR, J.I., EVANS, C.E. Relationship of zinc uptake by corn and sorghum to soil zinc measured by three extractants. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, v.32, p.543-6, 1968.
- WEAR, J.I., SOMMER, A.L. Acid-extractable zinc of soils in relation to the occurrence of zinc deficiency symptoms of corn: A method of analysis. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, v.12, p.143-4, 1947.

