



Acta Scientiarum. Agronomy

ISSN: 1679-9275

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

Gonçalves Jr., Affonso Celso; Lemos Prestes, Ângela; Robson Trautmann, Ricardo; Leseur dos Santos, Alexandre; Andreotti, Marcelo

Avaliação de extratores e fitodisponibilidade de zinco para cultura do milho em Latossolo Vermelho eutroférrico

Acta Scientiarum. Agronomy, vol. 28, núm. 1, enero-marzo, 2006, pp. 1-6

Universidade Estadual de Maringá

Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303026568011>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Avaliação de extractores e fitodisponibilidade de zinco para cultura do milho em Latossolo Vermelho eutroférico

Affonso Celso Gonçalves Jr.*, Ângela Lemos Prestes, Ricardo Robson Trautmann, Alexandre Leseur dos Santos e Marcelo Andreotti

*Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Rua Pernambuco, 1777, 85960-000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: affonso133@hotmail.com*

RESUMO. A produtividade agrícola pode ser limitada pela deficiência de micronutrientes. Este estudo objetivou avaliar e testar extractores químicos (Mehlich-1 e DTPA) na extração de zinco em Latossolo Vermelho eutroférico e determinar os teores deste metal no tecido vegetal de milho cultivado neste solo. O experimento foi conduzido em blocos casualizados com 4 repetições. Os tratamentos foram realizados em esquema fatorial 3x3, sendo 3 formas de adubação NPK, sem adubação (testemunha), dose recomendada, duas vezes a dose recomendada de adubação e três doses de zinco, 0,0; 5,0 e 10,0 mg dm⁻³. Em teores elevados de Zn (solos argilosos), o DTPA foi mais eficiente, mas em menores teores o Mehlich-1 mostrou maior capacidade de extração. Em comparação com o DTPA, o extrator Mehlich-1 apresentou melhor correlação entre as quantidades extraídas do solo e conteúdo foliar de Zn. A fitodisponibilidade de zinco foi proporcional aos teores presentes no solo.

Palavras-chave: milho, zinco, extractores.

ABSTRACT. Evaluation of extractors and phyto-availability of zinc in corn crop in eutrophic latosol. The agricultural productivity may be limited by the micronutrients deficiency. This study aimed at evaluating and testing chemical extractors (Mehlich-1 and DTPA) for zinc extraction in corn crop in eutrophic latosol and determine the contents of this metal in the corn cultivated in this soil. The experiment was performed in randomized blocks, with 4 replications. The treatments were distributed in a factorial design 3x3, being 3 ways of manure activity as follows: no manure activity; recommended doses, twice the recommended doses and three doses of zinc: 0,0; 5,0 and 10,0 mg dm⁻³. In high contents of Zn (loamy soils) DTPA was efficient, whereas in smaller contents Mehlich-1 showed a more efficient extraction capacity. Compared to DTPA, the extractor Mehlich-1 presented a better correlation between the soil and foliar extracted amounts of Zn. The phyto-availability of zinc was proportional to the contents in the soil.

Key words: corn, zinc, extractors.

Introdução

O aumento da produtividade de grãos associada à prática do uso de micronutrientes tem se intensificado nos últimos anos. O agricultor brasileiro, para ser competitivo no mercado internacional, necessita aumentar a produtividade com consequente redução de custos (Bataglia e Raij, 1989).

Na recomendação da adubação com micronutrientes, a avaliação da disponibilidade dos micronutrientes no solo exige métodos de extração que apresentem boa correlação com a extração pelas plantas. A extração do zinco disponível no solo constitui um problema complexo, que ainda persiste

(Abreu, 1998).

As pesquisas sobre a disponibilidade de nutrientes, particularmente os micronutrientes em solos, têm apresentado resultados contraditórios. Isto se deve, em grande parte, às numerosas inter-relações entre as características do solo e a porção do nutriente tida com “disponível”. Tais resultados indicam a necessidade de maior refinamento das interpretações que melhor expressem a disponibilidade de micronutrientes e a resposta das plantas (Oliveira *et al.*, 1999).

Apesar de muitos laboratórios do Estado do Paraná realizarem determinações de micronutrientes, em atendimento a uma demanda crescente, a falta de

definição sobre o melhor método ou a padronização da metodologia pode prejudicar a confiabilidade da análise do solo.

Um bom extrator, conforme McLaughlin *et al.* (2000), deverá: (a) ser relativamente simples e de baixo custo; (b) ser calibrado sobre condições de campo em diferentes tipos de solos; (c) considerar o maior número de fatores do ambiente que reconhecidamente influenciam as concentrações dos metais nas culturas; (d) ser preditivo, ou seja, além de avaliar a disponibilidade atual dos metais, ele deverá prever a disponibilidade ao longo do desenvolvimento da cultura. Determinações dos metais no solo antes do plantio da cultura devem ser correlacionadas com as concentrações foliares. Selecionar um extrator que atenda a todos esses critérios é o ideal, mas nem sempre possível.

A extração do zinco disponível no solo constitui um problema ainda não totalmente solucionado e que merece ajustes. Podem ser utilizados com o propósito de extraer Zn do solo, ácidos diluídos, complexantes orgânicos, como EDTA e ditizona e soluções salinas, como acetato de magnésio (Abreu, 1998).

Diversos trabalhos citados por Galrão (1995) relatam a busca de extratores confiáveis para diversas culturas, defrontando-se com a influência do próprio extrator no pH do solo. Assim, extratores ácidos, como Mehlich-1, podem extraer mais zinco do solo, podendo extraer níveis superiores aos disponíveis para as plantas. Já os extratores complexantes, como o DTPA, extraem menos zinco do solo, apontando para a maior eficácia do primeiro em solos mais ácidos e do segundo para solos mais alcalinos.

A Comissão Estadual de Laboratórios de Análises Agronômicas do Paraná (Cela – PR) tem demonstrado grande preocupação neste sentido, o que fez com que o Grupo de Estudos em Solos e Meio Ambiente (Gesoma) da Unioeste, Estado do Paraná iniciasse trabalhos científicos nesta área.

Além dos extratores mencionados, vários outros sais já foram testados. Os valores mais altos do coeficiente de correlação entre a concentração de Zn em folhas de amendoim e o teor de Zn no solo foram obtidos pelo uso dos sais diluídos, como KCl, CaCl₂ e NH₄Cl, CaSO₄ e MgCl₂ (Davies e Parker, 1995). Quando se incluiu o pH como variável independente na equação de regressão para predizer a concentração de Zn nas folhas, houve considerável aumento nos valores de R². Estes autores observaram que as concentrações de Zn em *Silene vulgaris* (Moench) Gärcke L. e em tomate foram significativamente correlacionadas com os teores de Zn em todos os solos, extraídos por diversos sais neutros.

De acordo com Abreu e Raij (1996), que estudaram o efeito da reação do solo no teor de zinco extraído pelas soluções de DTPA e Mehlich-1, o extrator DTPA mostrou melhores correlações entre os teores de Zn na planta e no solo que foram obtidos com DTPA, independentemente da disponibilidade de Zn, decorrente da reação do solo.

Segundo Accioly (1996), os altos coeficientes de correlação entre Zn no solo extraído por três soluções extratoras e o teor de Zn na matéria seca do milho mostraram estreita relação entre teores no solo e na planta, comprovando a eficiência dos extratores para avaliar a fitodisponibilidade de Zn.

Os micronutrientes são utilizados pelas plantas em pequenas quantidades. Sua deficiência, no entanto, pode acarretar grandes perdas na produtividade. Os solos brasileiros são pobres em micronutrientes, principalmente zinco. Nas regiões de cerrado e de fronteiras agrícolas, a grande produtividade em soja e milho se deve à utilização de micronutrientes (Malavolta, 1981).

No que diz respeito à recomendação de zinco para a cultura do milho, verifica-se que tal recomendação é muito variável, e alguns boletins técnicos quando a fazem é como adubação de segurança. O teor de zinco nas plantas varia bastante, dependendo das espécies e de fatores do solo. Normalmente, os teores adequados situam-se na faixa de 20 a 50 mg dm⁻³, sendo freqüentes sintomas de deficiência quando estes ficam abaixo de 20 mg dm⁻³. É clássica na literatura a associação entre deficiência de zinco e níveis de fósforo no substrato, principalmente em solos ricos em óxido de ferro e alumínio, devido à adsorção do zinco (Buzzetti, 1991).

O zinco está relacionado com enzimas responsáveis pelo crescimento da planta, pois o milho armazena todos os seus compostos no caule e folha desde a germinação até a fase reprodutiva, quando então os compostos serão translocados para os grãos (Hendrickson *et al.*, 1992).

O zinco participa da formação de auxinas, que são hormônios que regulam o desenvolvimento vegetativo. Em caso de deficiência, haverá redução do tamanho das brotações novas e dos entrenós e também haverá redução dos números de botões florais e frutos. Sua deficiência juntamente com a de boro são as mais generalizadas na agricultura brasileira atual (Korndörfer, 1999).

O zinco participa da síntese do aminoácido triptofano, precursor do AIA (Ácido Indol Acético), um hormônio do crescimento. No caso da cultura do milho, os sintomas apresentados ainda podem ser: região de crescimento esbranquiçada, folhas com

estrias brancas e tons roxos (Ferreira e Cruz, 1991).

Furlani e Furlani (1996), estudando a resposta de cultivares de milho a zinco em solução nutritiva, observaram reduções na produção de massa seca, na altura das plantas e nos teores e conteúdos de zinco, para o nível inferior do micronutriente na solução nutritiva. Além disso, a variação na altura das plantas (sintoma característico da deficiência de zinco) revelou alta correlação ($r = 0,86$) com a variação no conteúdo de zinco da parte aérea.

Em solos do Estado de São Paulo, Cunha *et al.* (1994) concluíram que o pH e a CTC foram as propriedades que melhor explicaram a adsorção máxima de zinco. Matos *et al.* (1996), em um latossolo vermelho-amarelo do Estado de Minas Gerais, verificaram que a calagem aumentou os percentuais de zinco adsorvido à fração orgânica, via aumento da CTC e, especialmente, à fração residual, via precipitação.

Nascimento *et al.* (1996) avaliaram o fracionamento, dessorção e extração química de zinco em latossolos sem calagem e observaram que todos os extractores correlacionam-se significativamente com a fração Zn trocável, enquanto, nos solos com calagem, essa correlação foi significativa com o Zn na fração orgânica.

De acordo com Korndörfer (1999), que testou formas de adição de zinco a um formulado NPK e seu efeito sobre a produção de milho, os resultados mostraram que o zinco agregado ao adubo NPK não teve efeito sobre a produção de grãos de milho, nem tampouco sobre a produção de matéria seca, independentemente da dose ou da fonte empregada. Entretanto, os teores de Zn na folha do milho aumentaram significativamente com as doses de Zn aplicada.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de testar dois extractores químicos, Mehlich-1 ($HCl\ 0,05\ mol\ L^{-1}$ + $H_2SO_4\ 0,05\ mol\ L^{-1}$) e DTPA (Dietileno triamino pentaacético), na extração de zinco disponível em latossolo vermelho eutroférreico de textura argilosa adubado, e verificar os teores de zinco no tecido vegetal de milho cultivado neste solo, com diferentes doses de zinco sob diferentes tratamentos de NPK.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no mês de setembro de 2002, na cidade de Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná, na Fazenda Experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa da Unioeste (Universidade Estadual do Oeste do Paraná), em delineamento experimental de blocos casualizados e esquema fatorial 3×3 , com 4 repetições, em uma área

de solo Latossolo Vermelho eutroférreico com textura argilosa (60% argila).

O cultivar de milho empregado foi Agroeste, híbrido simples 1544 de ciclo precoce. Utilizou-se como parcela útil as 2 linhas centrais (3 m de cada linha), das 4 semeadas em espaçamento de 0,90 m, descartando-se 1,5 m das extremidades como bordadura. A população média foi de 6,5 plantas por metro.

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 3×3 , constituídos de 3 formas de adubação NPK: sem adubação (testemunha); uma vez a dose recomendada de adubação determinada com base na análise química do solo ($30 - 100 - 50\ kg\ ha^{-1}$) e o dobro da dose recomendada ($60 - 200 - 100\ kg\ ha^{-1}$); as doses de zinco utilizadas foram: 0,0; 5,0 e $10,0\ mg\ dm^{-3}$. Os adubos foram aplicados no momento da semeadura.

Com 45 dias após a emergência, foi aplicada a adubação nitrogenada de cobertura ($90\ kg\ de\ N\ ha^{-1}$). As fontes de N, P, K e Zn na base foram uréia, fosfato bicálcico, nitrato de potássio e sulfato de zinco. Utilizou-se o sistema de cultivo convencional, pois o preparo do solo foi feito com 1 subsolagem e 2 gradagens, além de capinas manuais, para controle das plantas daninhas.

Realizaram-se análises químicas do solo antes da semeadura, a qual apresentou os seguintes resultados: pH em $CaCl_2\ 0,01\ mol\ L^{-1}$ de 5,08, fósforo = $4,7\ mg\ dm^{-3}$, potássio = $0,15\ cmol_c\ dm^{-3}$, zinco = $2,80\ mg\ dm^{-3}$ e saturação por bases = 62,11%. Empregou-se nas análises a metodologia descrita em Iapar (1992).

A amostragem do material vegetal para análise química foi realizada na segunda quinzena de novembro de 2002, coletando-se 10 folhas por parcela (folha oposta e abaixo da espiga principal), num total de 36 amostras, que foram secas, em estufa com circulação forçada de ar a $65^{\circ}C$ por 48h, pesadas, moídas e armazenadas.

Simultaneamente à amostragem de tecido vegetal, foram coletadas amostras de solo sendo 3 subamostras na linha de semeadura e 3 subamostras na entrelinha; as amostras da linha foram misturadas formando uma amostra composta e o mesmo se realizou com as amostras da entrelinha, perfazendo um total de 72 amostras. Estas foram secas (48h a $65^{\circ}C$) e peneiradas (peneira de 2 mm).

Para a extração de zinco nas amostras de solo, utilizou-se os extractores Mehlich-1 e DTPA. As extrações e determinações dos teores de N, P e K foliares foram realizadas segundo metodologia descrita em Iapar (1992). Para extração do Zn foliar, utilizou-se a digestão nitro-peróxido e técnicas de espectrometria de absorção atômica modalidade

chama para quantificação do teor de Zn extraído.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

A análise de variância demonstrou efeito da interação entre as doses de Zn e adubação PK (Tabela 1). Pelo desdobramento da interação, verificou-se que apenas na dose de 10 mg dm⁻³ de Zn, com o incremento do adubo fosfatado e potássico, resultou em menores teores de Zn foliar.

É clássica na literatura referências à deficiência de zinco causada por altos níveis de P no substrato, principalmente em solos ricos em óxido de Fe e Al, devido à adsorção do Zn. Malavolta (1981) cita que a deficiência de Zn induzida pelo P é conhecida há muito tempo e que a aplicação de adubos fosfatados pode intensificá-la limitando a produção.

Com o incremento das doses de Zn no solo, independentemente da adubação com P e K, houve acréscimos significativos de Zn foliar concordando com os resultados obtidos por Korndörfer (1999) que também verificou que os teores de Zn na folha do milho aumentaram significativamente com as doses de Zn aplicada.

De acordo com Buzetti (1991), o teor de Zn nas plantas varia bastante, dependendo das espécies e de fatores do solo. Normalmente, os teores encontram-se na faixa de 20 a 50 mg dm⁻³, sendo mais freqüente que sintomas de deficiência ocorram quando as plantas apresentam teores menores do que 20 mg dm⁻³.

Neste estudo (Tabela 1), para os teores de zinco no tecido foliar obtidos encontram-se na faixa considerada adequada as plantas de milho, até mesmo no tratamento testemunha, indicando que o teor original do solo já apresentava índices adequados.

Tabela 1. Teores médios de Zn (mg dm⁻³) no tecido foliar, em função de doses de zinco e adubação N - P₂O₅ - K₂O, aplicados via solo.

Zn aplicado (mg dm ⁻³)	N - P ₂ O ₅ - K ₂ O (kg ha ⁻¹)		
	0 - 0 - 0	30 - 100 - 50	60 - 200 - 100
0	24,5 a B	21,5 a B	22,8 a B
5	26,5 a B	25,5 a A	24,2 a AB
10	35,3 a A	24,8 b A	25,3 b A
DMS			2,2371
CV (%)			8,58

Letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com relação ao Zn extraído por Mehlich-1 e

DTPA (Tabela 2), os maiores valores médios para os teores de Zn extraídos do solo foram obtidos no tratamento com 10 mg dm⁻³ para os dois extratores testados.

Tabela 2. Teores médios de Zn (mg dm⁻³) na linha de semeadura extraídos por Mehlich-1 e DTPA, em função das doses do micronutriente aplicado no sulco de semeadura.

Extratores	Mehlich-1	DTPA
Doses (mg dm ⁻³)	mg dm ⁻³	
10	39,67 A	48,72 A
5	16,58 B	22,17 B
0 (Testemunha)	4,00 B	2,87 B
DMS	13,96	18,12
CV (%)	68,21	72,32

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para o tratamento testemunha, pode se verificar que o Mehlich-1 extraiu maior quantidade de Zn que o DTPA (Tabelas 2). Segundo Galrão (1995), extratores ácidos, como Mehlich-1, podem extrair mais Zn do solo, podendo superestimar a disponibilidade para as plantas. Já os extratores complexantes, como o DTPA, extraem menos Zn do solo, apontando para a maior eficácia do primeiro em solos mais ácidos e do segundo para solos mais alcalinos. Além disso, as soluções concentradas de ácidos fortes têm sido evitadas porque geralmente extraem metais não-lábeis da fase sólida. As soluções diluídas de ácidos fortes removem os metais da solução do solo, dos sítios de troca e parte daqueles complexados ou adsorvidos (Lindsay e Norvell, 1978).

De acordo com Abreu e Raij (1996), que estudaram o efeito da reação do solo no Zn extraído pelas soluções de DTPA e Mehlich-1, o extrator DTPA apresentou melhores resultados com valores altos e positivos de coeficiente de correlação entre os teores de Zn na planta e no solo. Os autores concluíram que a mudança na disponibilidade de Zn, decorrente da reação do solo, foi mais bem avaliada pela solução de DTPA.

Considerando isoladamente o efeito das doses de Zn, independentemente das adubações com P e K (Tabela 3), observou-se que a aplicação do Zn resultou sempre em aumentos nos teores foliares de Zn, diferindo significativamente do tratamento sem Zn.

A análise de variância, em função das doses de Zn, demonstrou que a dose de 10 mg dm⁻³ não apresentou diferença significativa com relação ao tratamento 5 mg dm⁻³, sendo estes tratamentos as maiores concentrações de Zn no tecido foliar (Tabela 3). Como já foi citado, Korndörfer (1999) também

verificou que os teores de Zn na folha do milho aumentaram significativamente com as doses de Zn aplicada.

Tabela 3. Teores médios de Zn foliar (fitodisponibilidade) em função da adubação.

Doses de Zn mg dm ⁻³	Médias de Zn µg g ⁻¹
Zn 2 (10,0)	28,4 A
Zn 1 (5,0)	25,4 AB
Zn 0 (0,0)	22,9 B
DMS	26,14
CV (%)	14,29

Letras diferentes nas colunas diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os dois extractores testados apresentaram correlação significativa entre Zn extraído do solo com o Zn acumulado na parte aérea da planta, com valor maior de R^2 para o Mehlich-1 (Figuras 1 e 2).

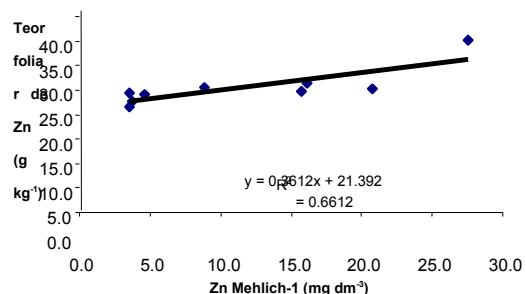


Figura 1. Correlação entre os teores de Zn extraídos pelo método Mehlich-1 e os teores foliares de Zn em plantas de milho.

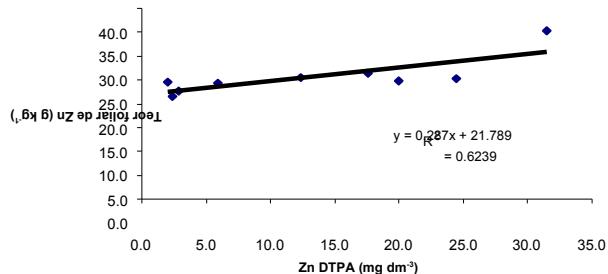


Figura 2. Correlação entre os teores de Zn extraídos pelo método DTPA e os teores foliares de Zn em plantas de milho.

Os valores médios para Zn do solo extraídos pelo DTPA e Mehlich-1 (Figura 3) apresentaram coeficiente de correlação altamente significativos (valor de R^2 próximo de 1). Portanto, ambos os extractores podem ser utilizados na determinação dos teores de Zn em solos argilosos.

Entretanto, pode-se observar para as maiores doses que o DTPA extraiu as maiores quantidades de

Zn.

O extrator Mehlich-1 apresentou melhor correlação entre os teores de Zn do solo e os teores foliares de Zn (Figura 1).

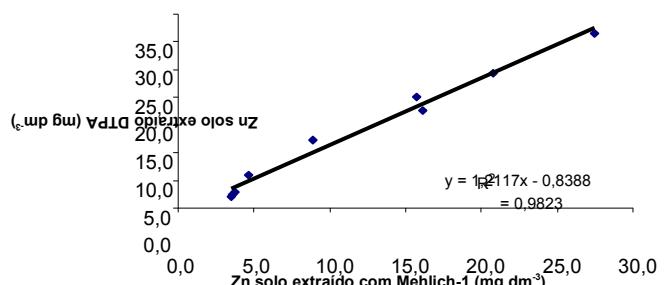


Figura 3. Correlação entre os teores de Zn do solo extraídos por Mehlich-1 e DTPA.

Conclusão

Para teores elevados de Zn, em solos argilosos, o extrator DTPA foi mais eficiente, enquanto que, em solos com baixos teores, a eficiência é maior para o Mehlich-1.

A melhor correlação entre os teores de Zn no solo e na planta foi observada para o extrator Mehlich-1.

Referências

- ABREU, C.A. et al. Validation of annual and total cumulative loading limits stipulated by USEPA for Zn on oxidol. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16. 1998. Montpellier. Summaries... Montpellier: International Society of Soil Science/French Soil Science Society, 1998. 5p. 1 CD-ROM. (Simpósio 25, Trabalho 2207).
- ABREU, C.A.; RAIJ, B. Van. Efeito da reação do solo no zinco extraído pelas soluções de DTPA e Mehlich-1. *Bragantia*, Campinas, v. 55, 357-363, 1996.
- ACCIOLY, A. M. de A. Pó de forno elétrico de siderurgia como fonte de micronutrientes e seu efeito no solo e na planta. 1996. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.
- BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B.V. Eficiência de extractores de micronutrientes na análise do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 13, p. 205-212, 1989.
- BUZZETTI, S. Estudo da eficiência de extractores químicos de zinco, no solo, para milho. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 16, p. 367-372, 1991.
- CUNHA, R.C.A. et al. Retenção de zinco em solos paulistas. *Bragantia*, Campinas, v. 53, p. 291-301, 1994.
- DAVIS, J.G.; PARKER, M.B. Zinc toxicity symptom development and partitioning of biomass and zinc in plants. *J. Plant. Nutr.*, Bethesda, v. 16, p. 2353-2369, 1995.
- FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. *Micronutrientes na Agricultura*. São Paulo: Nagy, 1991.

- FURLANI, A.C.G.; FURLANI, P.R. Resposta de cultivares de milho a zinco em solução nutritiva. *Bragantia*, Campinas, v. 55, p. 365-369, 1996. Capturado on line e disponível em: <http://www.iac.br>.
- GALRÃO, E.Z. Níveis críticos de zinco para o milho cultivado em latossolo vermelho-amarelo, fase cerrado. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 19, p. 255-259, 1995.
- IAPAR. *Manual de análise química de solo e controle de qualidade*. Londrina: Iapar, 1992. 40p. Circular 76.
- HENDRICKSEN, R.E. et al. Effect of superphosphate application on macronutrient and micronutrient concentrations in grazed stylo-native grass pasture in tropical Australia. *Aust. J. Agric. Res.*, Collingwood, v. 43, p. 1725-1738, 1992.
- KORNDÖRFER, G.H. et al. Formas de adição de zinco a um formulado NPK e seu efeito sobre a produção de milho. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 52, n. 3, 1999.
- LINDSAY, W.L.; NORVELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 42, p. 421-428, 1978.
- MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola: adubos e adubação*. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.
- MATOS, A.T. et al. Mobilidade e formas de retenção de metais pesados em Latossolo Vermelho-Amarelo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 20, p. 379-386, 1996.
- McLAUGHLIN, M.J. et al. Soil Testing for heavy metals. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, Monticello, v. 31, p. 1661-1700, 2000.
- NASCIMENTO, C.W.A. et al. Fracionamento, dessorção e extração química de zinco em latossolos. *Bragantia*, Campinas, v. 55, 1996.
- OLIVEIRA, M.F.G. et al. Relação entre o zinco “disponível”, por diferentes extratores, e as frações de zinco em amostras de solos. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 23, p. 827-836, 1999.

Received on March 29, 2005.

Accepted on December 12, 2005.