

Extratores para a quantificação do zinco e do cobre em solos cultivados com soja

Maria Anita Gonçalves da Silva^{1*}, Antonio Saraiva Muniz¹, José de Deus Viana da Mata¹ e Antonio Cristiano Vieira Cegana²

¹Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

²Engenheiro Agrônomo, Rua Itamar Orlando Soares 115 apto 31, 77020-270, Maringá, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: magsilva@uem.br

RESUMO. Em função da crescente demanda nas análises de micronutrientes no Paraná, estudou-se a eficiência de extratores ácido (Mehlich 1), complexante (DTPA) combinados ácido-complexante (Mehlich 3), para a determinação do Zn e Cu de diferentes solos representativos do Paraná. O extrator Mehlich 1 foi usado na relação 1:5 e 1:10; o Mehlich 3 na relação 1:10 e o DTPA na relação 1:2. As metodologias analíticas incluíram a filtração imediata, a filtração após decantação de 16 horas e a pipetagem após a decantação de 16 horas. Os resultados foram avaliados através da correlação entre a concentração dos nutrientes no solo e na planta de soja. Na avaliação conjunta dos solos, foi observada maior eficiência na extração do Zn pelo Mehlich 3; porém, todos os extratores foram eficientes, quando os solos foram separados de acordo com a textura, sendo os maiores coeficientes de correlação encontrados nos solos mais argilosos. A extração do Cu foi mais eficiente, na análise conjunta dos solos, quando usado Mehlich 1 e Mehlich 3. Nos solos mais arenosos (teor de argila < 470 g kg⁻¹) os extratores foram igualmente eficientes para o cobre, enquanto que nos solos mais argilosos (teor de argila > 470 g kg⁻¹) as correlações não foram significativas. Para o Zn e o Cu as metodologias de extração equivaleram-se, independente da proporção solo/extrator, do tempo de espera para a filtração e da prática da filtração ou da pipetagem. Os maiores teores dos nutrientes foram encontrados quando usada a metodologia com decantação de 16 horas para Mehlich 1 e Mehlich 3.

Palavras-chave: extratores, micronutrientes solos paranaenses.

ABSTRACT. Extractors for zinc and copper quantification in soils cultivated with soybean. The growing demand of micronutrients analysis, was evaluated the efficiency of acid extractor was evaluated (Mehlich 1), complexante (DTPA) and of the acid combination and complexante (Mehlich 3), for the determination of Zn and Cu of different representative soils of Paraná. The extractors Mehlich 1 was used in the relationship 1:5 and 1:10; Mehlich 3 in the relationship 1:10 and DTPA in the relationship 1:2. The analytic methodologies included the immediate filtrate or the filtrate after decantate of 16 hours; it was still evaluated the filtrate need, comparatively to solution pipetate. The results were appraised through the correlation among the concentration of the nutrients in the soil and in the soy plant. In the evaluation of all the soils, larger efficiency was observed in the extraction of Zn by Mehlich 3; even so in agreement with the texture, Zn was extracted better by all extractors. The extraction of the Cu went more efficient for all the soils when used Mehlich 1 and Mehlich 3. In soil with smaller clay than 470 g kg⁻¹ the Cu was extracted better by all extractors. The extraction methodologies were equal him, independent of the proportion soil/extractor, of the time of filtrate and of the use of the filtrate or pipetated. The largest texts were found when used the methodology with decantação of 16 hours for Mehlich 1 and Mehlich 3.

Key words: extractors, micronutrients, paranaenses soils.

Introdução

A produtividade das culturas é função de alguns fatores intrínsecos ao solo, de suas características genéticas e das condições externas ambientais, como clima, as quais quando adequadas, propiciam à planta a sua capacidade máxima de crescimento ou o seu máximo potencial produtivo. A disponibilidade dos

nutrientes depende de características do solo e da eficiência de absorção da planta. Alguns fatores interferem na sustentabilidade do sistema, como por exemplo as características químicas do solo, representadas pelo complexo coloidal, relacionado à retenção e troca de nutrientes.

O Cu e o Zn têm sua solubilidade afetada pelo pH e pela calagem; valores de pH acima de 6,0 e podem

induzir à deficiência dos nutrientes, pois ocorre a precipitação como fosfato de zinco e hidróxido de Cu (McBride *et al.*, 1997). Em solos argilosos são fortemente retidos, principalmente pela ligação específica com grupos OH octaedral em argilas silicatadas, nas faces quebradas, em aberturas e em defeitos na estrutura cristalina, agravando ainda mais as deficiências (Ellis e Knezek 1972; Ellis *et al.*, 1983). Os processos de adsorção de Zn a constituintes do solo, principalmente na ferrihidrita são um dos principais mecanismos de controle da dinâmica do nutriente no solo. Características que refletem o fator capacidade de Zn no solo, como óxidos de ferro e alumínio, teor de argila e conteúdo de matéria orgânica fazem com que a disponibilidade desse nutriente varie no solo de forma inversa a esses constituintes (Couto *et al.*, 1992; Camargo *et al.*, 2001).

Deficiência e excesso de micronutrientes têm sido diagnosticados a campo e através das análises de solo e de tecido vegetal. O Mehlich 1 é uma opção de extrator nos laboratórios, porque pode-se aproveitar o mesmo extrato utilizado na análise de fósforo e potássio, para determinar também os micronutrientes. Porém, de acordo com Bataglia e Raij (1994), essa utilização apresenta o problema da relação solo-solução (1:10), que é pouco eficiente para extrair baixos teores de micronutrientes, principalmente o cobre.

As soluções extratoras Mehlich 1 e DTPA são as mais utilizadas nos laboratórios de análise de solo do Brasil, embora o DTPA tenha sido desenvolvido para solos mais alcalinos (Lindsay e Norvell, 1978), que não os solos brasileiros, cuja principal característica é a acidez. No Paraná, Ortiz *et al.* (2002) demonstraram a mesma eficiência de extração, em Latossolo arenoso, para Zn, Cu e Mn, usando o Mehlich 1 (1:10), com filtragem após decantação de 16 horas e o DTPA, obtendo coeficientes de correlação de 0,93, 0,75 e 0,88, respectivamente.

Porém, existe atualmente uma tendência mundial de uso de soluções multinutrientes, que extraem diversos elementos simultaneamente, independente do tipo de solo, destacando-se a solução Mehlich 3.

De acordo com Sims (1989) a capacidade preditiva do Mehlich 3 pode ser comparada aos métodos que normalmente são usados na extração do P e dos micronutrientes do solo. Além de evitar o uso de soluções separadas para a extração dos nutrientes, permite determinações analíticas rápidas e precisas de vários elementos. O Mehlich 3 e o DTPA revelaram maior sensibilidade às características do solo, relacionadas com o fator capacidade (poder tampão) na determinação do Zn em frações no solo como Zn trocável, ligado à matéria orgânica, óxidos de manganês, óxidos de ferro amorfo e cristalino (Oliveira *et al.*, 1999).

A preocupação com a qualidade analítica

viabilizou pesquisas sobre a extração de Zn (Bataglia e Raij, 1989; Paula *et al.*, 1991; Buzetti, 1992; Bataglia e Raij, 1994; Abreu *et al.*, 1997; Cruz *et al.*, 1997) e na extração de Cu (Kamasho e Singh, 1982; Makarin e Cox, 1983; Galrão, 1988; Abreu *et al.*, 1996a; Vasconcelos, 1996; Abreu *et al.*, 2001).

A definição e a calibração de métodos de extração e de determinação, para micronutrientes nos solos é de fundamental importância, para que as suas análises ocupem lugar de destaque nos programas de controle de qualidade nos laboratórios.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, PR, no período compreendido entre Outubro de 2001 a Setembro de 2002.

Foram estudados 18 solos, coletados em locais distintos do Estado do Paraná, na camada de 0-20 cm, apresentando diferentes características físicas e químicas. Cada solo constituiu-se de um tratamento com quatro repetições, totalizando 72 parcelas.

Os micronutrientes foram quantificados após o cultivo da soja, utilizando-se o Mehlich 1 (relação 1:5 e 1:10, com 5 cm³ de solo para 25 ml de extrator e 5 cm³ de solo com 50 ml de extrator) e o Mehlich 3 (relação 1:10), ambos em duas metodologias ou seja, com filtragem logo após a agitação e com filtragem após decantação de 16 hs. A extração com DTPA TEA à pH 7,3 (relação 1:2) foi feita através de filtragem realizada logo após a agitação, de acordo com especificação a seguir (Tabela 1).

A soja desenvolveu-se até 40 dias, quando foi cortada, para a avaliação do crescimento (matéria seca) e para a análise do teor dos nutrientes na planta inteira. A digestão nitroperclórica seguiu metodologia de Malavolta *et al.* (1997). As determinações foram feitas por espectroscopia de absorção atômica.

Tabela 1. Metodologias de extração e determinação de zinco e cobre nos solos usando Mehlich 1 DTPA e Mehlich 3

Extratores	Relação solo-extrator	metodologia de extração
Mehlich 1	1:10	agitação 5'a 180 rpm, com filtragem imediata
Mehlich 1(*)	1:10	agitação 5'a 220 rpm, com filtragem após decantação por 16 h
Mehlich 1	1:5	agitação 5'a 180 rpm, com filtragem imediata
Mehlich 1	1:5	agitação 5'a 220 rpm, com filtragem após decantação por 16 h
Mehlich 3	1:10	agitação 5'a 180 rpm, com filtragem imediata
Mehlich 3	1:10	agitação 5'a 220 rpm, com filtragem após decantação por 16 hs
DTPA	1:2	agitação 2h a 220 rpm, com filtragem imediata

*metodologia padrão usada pelos laboratórios de análise de solo do Estado do Paraná.

As correlações entre teor de nutriente no solo e teor na soja foram determinadas através do programa

estatístico SAS.

Resultados e discussão

Quando os solos foram avaliados em conjunto, todas os extratores e metodologias de extração foram eficientes para extrair o Zn dos solos do Paraná (Figura 1), destacando-se o Mehlich 3 cujos coeficientes de correlação foram os mais altos (Figura 2), contrariamente ao encontrado na literatura, na qual foi constatada superioridade dos extratores complexantes na extração do Zn, entre eles o DTPA (Muraoka (1983), o qual avaliou o DTPA e o EDTA, comparativamente ao HCl 0,1 N e H₂SO₄ 0,05 N; Lantmann e Meurer (1982), referiram-se a melhores resultados de extração para EDTA dissódico, comparado ao HCl 0,1 N e Mehlich 1. Da mesma forma Bataglia e Raij (1994) encontraram superioridade do DTPA para Zn, relativamente a HCl 0,1 N e Mehlich 1. Abreu e Raij (1996) concluíram que a mudança na disponibilidade de Zn, decorrente da correção do solo foi melhor avaliada pela solução de DTPA, comparativamente ao Mehlich 1.

Quando os solos foram separados de acordo com o teor de argila (Tabela 2), pôde-se observar que nos solos mais arenosos, com teores de argila entre 140 a 470 g kg⁻¹ e nos solos mais argilosos, com teor de argila entre 470 a 660 g kg⁻¹, todos os extratores foram eficientes na extração do Zn, com os maiores coeficientes de correlação para os solos argilosos, de forma diferente ao exposto por Singh e Sekhon (1991) e por Abreu *et al* (1996, 1997), os quais atribuem ao DTPA a melhor eficiência na extração do Zn. Almeida (1993) demonstrou a mesma eficácia do DTPA e do Mehlich 1 na extração do Zn, antes e após a aplicação de calcário, em solos de diferentes texturas.

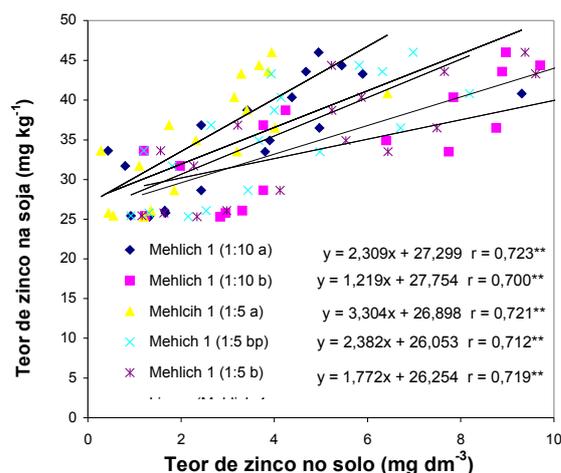


Figura 1. Correlação entre teor de Zn na soja e teor de Zn nos solos extraídos com Mehlich1 (1:10 a), com filtragem imediata; Mehlich1 (1:10 b), com filtragem após decantação de 16 horas; Mehlich1 (1:5 a), com filtragem imediata; Mehlich1 (1:5 bp), com pipetagem após decantação de 16 horas; Mehlich1 (1:5 b), com

filtragem após decantação de 16 horas.

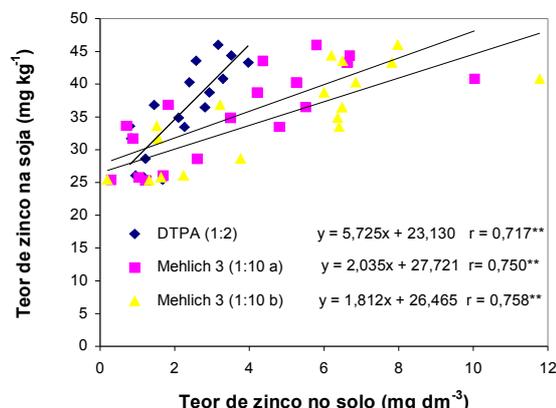


Figura 2. Correlação entre teor de Zn na soja e teor de zinco nos solos extraídos com DTPA (1:2); com Mehlich3 (1:10 a), com filtragem imediata; Mehlich 3 (1:10 b), com filtragem após decantação de 16 horas.

Na análise conjunta dos solos ficou evidente que o extrator ácido (Mehlich 1) e o combinado ácido-complexante (Mehlich 3) foram mais eficientes para o Cu (Figuras 3 e 4), discordando de Vasconcelos (1996) que encontrou maior correlação entre o Cu, nos solos paranaenses e o Cu absorvido pela soja, quando usou o extrator DTPA. Da mesma forma, nos solos com menos de 470 g kg⁻¹ de argila (Tabela 2), o cobre na soja foi melhor correlacionado pelo Mehlich 1 e Mehlich 3, concordando em parte com Galvão (1988) que considerou o Mehlich 3 e o DTPA mais eficientes na extração do Cu em solos de várzea, plantados com trigo. Cruz e Ferreira (1990) empregaram extratores ácidos, sais e agentes complexantes, entre eles o DTPA, em solos de diferentes texturas e concluíram que os coeficientes de correlação entre eles foram significativos e semelhantes. Por outro lado, Lindsay e Norvell (1978) propuseram o uso do DTPA para extrair micronutrientes catiônicos e colocaram a avaliação do cobre como a maior incerteza do método. De forma semelhante, Abreu *et al.* (1996) colocam o DTPA e o Mehlich 3 como os melhores extratores para Cu em 31 solos, usando o trigo como planta teste. Berrow e Reaves (1985) relatam que o DTPA foi bastante eficiente para o Cu em 725 solos da Escócia.

Tabela 2. Coeficientes de correlação entre teores de Zn e Cu nos solos e teores na soja, de acordo com as metodologias adotadas e os extratores Mehlich 1, DTPA e Mehlich 3, com filtragem imediata (a), pipetagem após decantação de 16 horas (pb) e filtragem após decantação de 16 horas (b)

Metodologia de extração	argila < 470 g kg ⁻¹ n=8 ⁽¹⁾		argila > 470 g kg ⁻¹ n=10 ⁽²⁾	
	Zn	Cu	Zn	Cu
Mehlich 1 (1:10) a	0,68**	0,68 **	0,88 **	ns
Mehlich 1 (1:10) b	0,67**	0,69 **	0,88 **	ns
Mehlich 1 (1:5) a	0,67 **	0,67 **	0,88 **	ns

Mehlich 1 (1:5) bp	0,62**	0,65 **	0,83**	ns
Mehlich 1 (1:5) b	0,65**	0,65 **	0,79 **	ns
DTPA TEA	0,71 **	0,51**	0,81 **	ns
Mehlich 3 (1:10) a	0,67 **	0,66 **	0,86 **	ns
Mehlich 3 (1:10) b	0,71 **	0,68 **	0,83 **	ns

n= número de solos analisados;

(1) Argissolo Vermelho distrófico (PVd), Iguatemi e Iguatemi; Gleysolo háplico (GXbd), Maringá; Latossolo Vermelho distrófico (LVd), Maringá, Maringá, Iguatemi, Mauá da Serra e Ponta Grossa; (2) Nitossolo Vermelho eutroférrico (Nvef), Ibiaporã e Maringá; Nitossolo Vermelho distrófico (Nvdf) Maringá; Chermossolo Argilúvico férrico (MTf), Ibiaporã e Maringá; Vertissolo Hidromórfico órtico (Vgo), Maringá; Latossolo Vermelho eutroférrico (LVef), Ibiaporã; Latossolo Vermelho distrófico (LVdf), Maringá, Maringá, Campo Mourão.

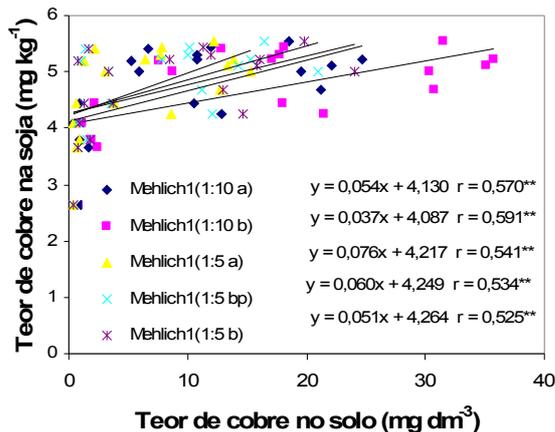


Figura 3. Teor de cobre nos solos extraídos com Mehlich1 (1:10 a), com filtragem imediata; Mehlich1 (1:10 b), com filtragem após decantação de 16 horas; Mehlich1 (1:5 a), com filtragem imediata; Mehlich1 (1:5 bp), com pipetagem após decantação de 16 horas; Mehlich1 (1:5 b), com filtragem após decantação de 16 horas.

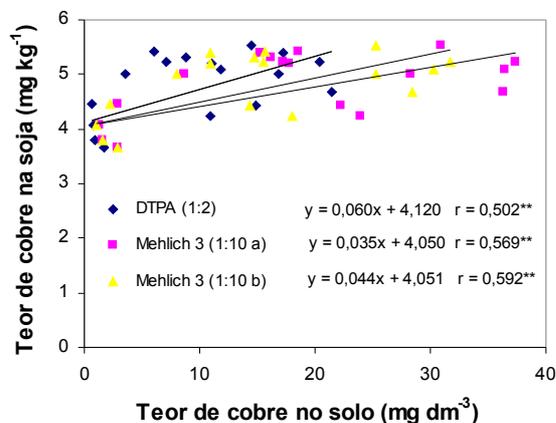


Figura 4. Teor de zinco nos solos extraídos com DTPA (1:2); com Mehlich3 (1:10) a, com filtragem imediata; Mehlich 3 (1:10) b, com filtragem após decantação de 16 horas.

Para o Zn e o Cu foram observadas semelhanças entre as metodologias analíticas, independente da filtragem ser feita imediata ou após a decantação de 16 horas; da mesma forma a semelhança ocorreu quando a solução foi filtrada ou pipetada (Tabela 2). Também os resultados equivaleram-se, independente da relação entre solo e extrator ser 1:10 ou 1:5, para Mehlich 1. Galrão e Souza (1985) atribuem ao DTPA e ao Mehlich 3 (1:10), com filtragem imediata, a alta

eficiência para expressar o Cu em solo orgânico, com 19% de MO, cultivado com trigo, conferindo baixa capacidade de extração do Mehlich 1 (1:5), com filtragem imediata, normalmente usado em laboratório de rotina.

Os teores de Zn (mg dm^{-3}) estiveram entre um mínimo de 0,16 e um máximo de 17,68, com uma média geral de $4,03 \text{ mg dm}^{-3}$ (Tabela 3), enquanto que o Cu variou entre um mínimo de 0,32 a um máximo de 38,45, com uma média geral de $11,28 \text{ mg dm}^{-3}$, concordando com os teores de Cu nos solos paranaenses encontrados por Vasconcelos (1996), quando a extração se deu através do Mehlich 1, com filtragem imediata e através do DTPA. Os teores de Zn e Cu foram maiores, principalmente quando ocorreu decantação de 16 horas, em concordância a Ortiz *et al.* (2003) que encontraram altos teores de Zn e Cu em solos paranaenses, para Mehlich 1 (1:10), com filtragem após decantação, comparativamente a filtragem imediata da solução. O menor teor de Zn e de Cu corresponderam respectivamente ao DTPA e ao Mehlich 1 (1:5), independente da metodologia (Tabela 3). O maior teor de Zn e de Cu estiveram associados ao Mehlich 1 e ao Mehlich 3, com decantação de 16 horas, de forma semelhante ao referido por Ortiz *et al.* (2002) no qual o DTPA extraiu menores teores de Zn e Cu, comparativamente ao Mehlich 1.

Tabela 3. Teores mínimos e máximos (mg kg^{-1}) de Zn e Cu nos solos, extraídos pelos extratores Mehlich 1, DTPA e Mehlich 3, com filtragem imediata (a) e filtragem após decantação de 16 horas (b) e com pipetagem após decantação de 16 horas (bp).

Metodologias	Zinco		Cobre			
	mínimo	máximo	médio	mínimo	máximo	médio
Mehlich 1 (1:10) a ⁽¹⁾	0,32	9,56	3,47	0,34	25,13	10,32
Mehlich 1 (1:10) b	0,91	17,68	6,19	1,09	36,14	16,34
Mehlich 1 (1:5) a ⁽²⁾	0,19	6,59	2,54	0,32	15,47	6,21
Mehlich 1 (1:5) bp	0,87	8,22	3,93	0,38	21,19	7,36
Mehlich 1 (1:5) b	1,06	12,48	5,18	0,34	24,52	8,33
DTPA TEA ⁽³⁾	0,58	7,73	2,35	0,64	22,18	9,43
Mehlich 3 (1:10) a ⁽⁴⁾	0,28	10,14	3,75	1,23	32,85	14,43
Mehlich 3 (1:10) b	0,16	12,02	4,86	1,00	38,45	18,80

Mehlich (1978); ⁽²⁾ Nelson *et al.* (1953); ⁽³⁾ Lindsay e Norvell (1978); ⁽⁴⁾ Mehlich (1984).

Conclusão

- o teor de argila influenciou na eficiência dos extratores de Zn e Cu;
- o Mehlich 3 foi mais eficiente na extração do Zn, enquanto que o Mehlich 1 e o Mehlich 3 foram mais eficientes na extração do Cu;
- as metodologias analíticas equivaleram-se, independente da proporção solo/extrator, do tempo de espera para a filtragem e do uso da filtragem ou pipetagem;
- os maiores teores ocorreram após decantação de 16 horas, independente do extrator; o DTPA extraiu menos Zn e o Mehlich 1 (1:5) menos Cu.

Referências

- 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, p. 357-363, 1996.
- ABREU, C.A. *et al.* Efficiency of multnutrient extractants for the determination of available copper in soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, New York, v. 27, p. 763-771, 1996.
- ABREU, C.A. *et al.* The effect of the DTPA extraction conditions on the determination of micronutrients in Brazilian soils. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, New York, v. 28, p. 1-11, 1997.
- ABREU, C.A. *et al.* Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: zinco e cobre. In: FERREIRA, M.E. *et al.* *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos, 2001, 600 p.
- ALMEIDA, R.M. *Eficiência de extratores para avaliação de zinco disponível do solo para soja (Glycine max (L.) Merrill)*. 1993. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 1993.
- BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise de solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.13, p.205-212, 1989.
- BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van. Soluções extratoras na avaliação da fitodisponibilidade do zinco em solos. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 18, p. 457-461, 1994.
- BERROW, M.L.; REAVES, G.A. Extractable copper concentration in Scottish soils. *J. Soil Sci*, Oxford, v. 36, p. 31-43, 1985.
- BUZETTI, S. Estudo da eficiência de extratores químicos de zinco, no solo, para o milho. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 16, p. 367-372, 1992.
- COUTO, C. *et al.* Níveis críticos de zinco no solo e na planta para o crescimento de milho em amostras de solos com diferentes valores do fator capacidade. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 16, p. 79-87, 1992.
- CAMARGO, O. A. *et al.* Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M.E. *et al.* *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos, 2001, p.89-117.
- CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E. Seleção de métodos para a avaliação do cobre disponível nos solos. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 25, p. 647-659, 1990.
- CRUZ, M.C.P. *et al.* Efeito de parâmetros analíticos sobre a precisão de métodos de extração de zinco do solo. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 32, p. 85-94, 1997.
- ELLIS, B.G.; KNEZEK, B. D. Adsorption reactions of micronutrientes in soils. In: MORTVEDT, J. J. *et al.* (Ed.). *Micronutrientes in Agriculture*. Wisconsin, Soil Science Society of America, 1972. p.59-78.
- ELLIS, B.G. *et al.* The movement of micronutrientes in soil. In: NELSON, D.W. (Ed.). *Chemical mobility and reativity in soil system*. *Soil Sci Soc. Am.*, Madison, v. 47, p.109-122, 1983.
- GALRÃO, E.Z. Resposta do trigo à aplicação de cobre em um solo orgânico de várzea. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 12, p. 275-279, 1988.
- GALRÃO, E.S.; SOUZA, D.M.G. Resposta do trigo à aplicação de cobre em um solo orgânico. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, 9:149-143, 1985.
- KAMASHO, J.A.; SINGH, R.S. Available copper and zinc status of some Tanzanian volcanic ash soils: A case study. *Pedologie*, Ghent, v. 32, p. 209-224, 1982.
- LINDSAY, W.L.; NORVELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 42:421-427, 1978.
- LANTMANN, A. F.; MEURER, E. J. Estudo da eficiência de extratores para avaliação do zinco disponível do solo para o milho. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 6, p. 131-135, 1982.
- MAKARIN, A.K.; COX, F. R. Evaluation of the need for copper with several soil extractants. *Agron. J.*, Madison, v. 75, p. 492-493, 1983.
- MALAVOLTA, E. *et al.* *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos, 1997.
- McBRIDE, M.B. *et al.* Solubility control of Cu, Zn, Cd and in contaminated soils. *Europa J. Soil Sci*, Baltimore, v. 48 p. 379-386, 1997a.
- Mc BRIDE, M.B. *et al.* Mobility and solubility of toxic metals and nutrients in soil fifteen years after sudge application. *Soil Sci.*, Baltimore, v.162, p. 487-500, 1997b.
- MEHLICH, A. New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, New York, v. 9, p. 477-492, 1978.
- MEHLICH, A. Mehlich3 soil test extractant: a modification of Mehlich2 extractant. *Comm. Soil Sci. Plant Analysis*, New York, v. 15, p. 1409-1416, 1984.
- MURAOKA, T. *et al.* Avaliação da disponibilidade de zinco e de manganês do solo para o feijoeiro. I. Zinco. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 7, p. 167-175, 1983.
- NELSON, W.L. *et al.* The development, evaluation and use of soil tests for phosphorus availability. In: PIERRE, W.H.; NORMAN, A.G. (Ed.). *Soil and fertilizer phosphorus*. New York: Academic Press, 4:153-188, 1953.
- 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.
- ORTIZ, F.R. *et al.* Extratores para a avaliação da disponibilidade de zinco, cobre e manganês em solo arenoso. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS. FERTBIO. Resumo expandido... Rio de Janeiro, RJ, 2002. CD.
- ORTIZ, F.R. *et al.* Comparação de metodologias para obtenção de extratos para a determinação de micronutrientes em amostras de solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS. FERTBIO. Resumo expandido... Ribeirão Preto, SP, 2003. CD.
- PAULA, M.B. *et al.* Curva de resposta e avaliação de extratores para zinco disponível em solos hidromórficos e aluviais sob arroz inundado. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 15, p. 49-55, 1991.
- RAIJ, B. *Fertilidade do Solo*. Campinas: Editora Agronomica Ceres – Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1991.
- SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa, p.105-141, 1999.
- SIMS, J.T. A comparison of MehlichI and MehlichIII Maringá, v. 25, n. 1, p. 000-000, 2003

extractants of predictors of manganese, copper and zinc availability in four Delaware soils. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, New York, v. 16, p. 1039-1052, 1985.

SIMS, J.T. Comparationsof Mehlich I and MehlichIII extractants for P, K, Ca, Mg, Mn, Cu and Zn in Atlantic Coastal Plain Soils. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, New York, v. 20, p. 1707-1726, 1989.

SINGH, M.; SEKHON, G.S. DTPA extractable micronutrient cations in twent soil series of India. *J. Indian*

Soc. Soil Sci., New Delhi, v. 39, p. 129-133, 1991.

VASCONCELOS, H.L. *Avaliação da fitodisponibilidade do cobre em alguns solos do Paraná*, 1996. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós graduação em Química Aplicada, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1996.

Received on September 23, 2003.

Accepted on August 02, 2004.