

## EXTRAÇÃO E DETERMINAÇÃO DO TEOR SOLÚVEL DE ZINCO DO SOLO \*

A. O. JACINTHO \*\*

R. A. CATANI \*\*

A. PIZZINATTO \*\*\*

Foram estudadas diversas soluções extratoras e várias técnicas para extração do zinco solúvel do solo.

Foram utilizadas cinco amostras de solos do Estado de São Paulo e as determinações foram feitas empregando-se o método baseado na espectrofotometria de chama de absorção atômica.

Para extração do zinco solúvel foram empregadas as seguintes soluções: HCl 0,05 e 0,10N; CH<sub>3</sub>COOH 0,10N; EDTA dissódico a 1%; MgCl<sub>2</sub> 0,10 e 0,50N; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 e 0,10N. As extrações com as soluções de HCl, CH<sub>3</sub>COOH, EDTA dissódico e MgCl<sub>2</sub>, foram conduzidas por agitação de 2,5 e 5,0 g de solo com 50 ml de solução, durante 10, 15 e 30 minutos.

Com as soluções de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, as extrações foram feitas apenas a partir de 5,0 g de solo para 50 ml de solução, conservando-se as demais condições.

Os dados obtidos revelaram que de um modo geral as soluções de EDTA a 1%, de HCl 0,05 e 0,10N, e de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 e 0,10N, foram mais eficientes na extração do zinco do que as soluções de MgCl<sub>2</sub> 0,10 e 0,50N e de CH<sub>3</sub>COOH 0,10N.

O tempo de agitação para extração do zinco durante 15 minutos forneceu resultados mais elevados (significativos ao nível de 5% de probabilidade) do que os obtidos com 10 minutos. No entanto a agitação durante 30 minutos apresentou resultados que não diferiram dos conseguidos com 15 minutos.

A proporção de 2,5:50 (pêso da terra em gramas para volume em ml de solução extratora) apresentou resultados mais elevados, e significativos ao nível de 5%, do que os obtidos com a proporção de 5:50.

\* Entregue para publicação em 23-12-1971.

\*\* Departamento de Química da E.S.A. "Luiz de Queiroz" U.S.P.

\*\*\* Bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de S. Paulo.

\*\*\*\* Agradecimentos ao Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ pela análise estatística dos dados.

## INTRODUÇÃO

A determinação do zinco do solo, quando extraído por diversas soluções, tem sido executada por muitos autores, através de diversas técnicas.

BROW, KRANTZ & MARTIN (1962; 1964), utilizaram os teores de zinco extraídos de diversos solos, com solução de acetato de amônio contendo ditizona para correlacionar com as respostas às aplicações de zinco e com os sintomas de deficiência em várias plantas.

MARTENS & CHESTERS (1967) concluíram que a absorção do zinco do solo pelas plantas poderia ser estabelecida de uma forma mais adequada, através de uma equação de regressão múltipla na qual figurariam diversas variáveis independentes, além do teor de zinco extraído com solução 0,1 N de HCl.

MARTENS (1968) concluiu que o zinco extraído com solução 2 N de  $MgCl_2$  apresenta melhor correlação com zinco absorvido pelas plantas, para solos de características variáveis, confirmando os dados obtidos por STEWART & BERGER (1965).

O zinco pode ocorrer no solo adsorvido aos colóides, além de em outras formas, podendo ser extraído por diversas soluções e diferentes técnicas (CHAPMAN, 1966; STEWART & BERGER, 1965; VIETS, JR. & BOAWN, 1965; JACKSON, 1958).

Ainda que o teor de zinco extraído com solução de acetato de amônio e o solúvel em água, tenham sido considerados disponíveis às plantas, na realidade pouco se sabe sobre a disponibilidade do referido elemento quando extraído com as mencionadas soluções e outras e em condições variáveis de extração (VIETS JR. & BOAWN 1965; SORENSEN, DELSLIGLE & KNUNDSSEN, 1971; BROWN, QUINCK & EDDINGSS 1971).

Quanto ao teor total, o zinco do solo pode variar, segundo CHAPMAN (1966), de 10 a 30 ppm, enquanto HODGSON (1963), apresentou dados médios oscilando entre 40 e 58 ppm.

Como para as condições do Estado de São Paulo, poucos são os dados referentes ao zinco do solo, principalmente devido às dificuldades analíticas, considerou-se oportuno um estudo sobre a solubilidade do referido elemento em diferentes soluções extratoras. As dificuldades analíticas foram superadas pelo emprego da espectrofotometria de absorção atômica.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de contribuir para o estabelecimento de métodos e técnicas convenientes, de extração e determinação do teor solúvel de zinco do solo em diversas soluções extratoras.

## MATERIAL E MÉTODOS

O material constituiu-se de 5 amostras (horizonte Ap) dos solos adiante discriminados:

Amostras n.º	Solo
1	Latosólico roxo 1
2	Latosólico roxo 2
3	Podzólico de Lins e Marília, Var. Lins
4	Podzólico Vermelho Amarelo — orto.
5	Latosólico Vermelho Amarelo fase arenosa

As determinações do zinco foram executadas pelo método baseado na espectrofotometria de chama de absorção atômica, por sua simplicidade e rapidez. Empregou-se o Espectrofotômetro de Absorção Atômica Perkim Elmer, modelo 303.

### Reativos

**Solução estoque n.º 1 de zinco (1.000 ppm).** Dissolveram-se 250 mg de zinco metálico em 5 ml de ácido clorídrico  $\pm$  6 N (destilado), transferiu-se para balão volumétrico de 250 ml e completou-se o volume com água desmineralizada.

**Solução estoque n.º 2 de zinco (10 ppm).** Preparada através de diluição da solução estoque.

**Soluções de HCl 0,05 e 0,10 N.** Preparadas a partir da diluição do ácido concentrado destilado e, posteriormente, aferidas.

**Soluções de CH<sub>3</sub> COOH 1,00 e 0,10 N.** Preparadas a partir do ácido acético glacial, p.a. Baker, através de diluição e, em seguida, aferidas.

**Solução de EDTA dissódico a 1%.** Dissolveram-se 10g do sal contendo 2 moléculas de água de cristalização (titriplex III — Merck) em água desmineralizada e completou-se o volume a 1 litro.

**Solução de MgCl<sub>2</sub> 2,0 N.** Dissolveram-se 203,33 g do sal contendo 6 moléculas de água de cristalização, p.a. Baker, em água desmineralizada e completou-se o volume a 1 litro.

**Soluções de MgCl<sub>2</sub> 0,10 e 0,50 N.** Preparadas através de diluição da solução de MgCl<sub>2</sub> 2,0 N.

**Solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 e 0,10 N.** Preparadas através de diluição de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado p.a. Baker e, posteriormente, aferidas.

As soluções foram conservadas em frascos plásticos.

### **Estabelecimento das equações de regressão para a determinação de zinco nas diversas soluções extratoras**

Procedimento: Foram preparadas soluções padrões contendo 0,2 — 0,4 — 0,6 — 0,8 e 1,0 ppm, a partir da solução estoque n.º 2 de zinco (10 ppm), em cada uma das soluções extratoras.

Posteriormente foram feitas as leituras (5 repetições para cada padrão) no espectrofotômetro de absorção atômica e com os resultados foram estabelecidas as seguintes equações de regressão:

$$X = (A + 1,29) 0,030, \text{ para a solução de HCl } 0,05N \quad (1)$$

$$X = (A + 0,79) 0,031, \text{ para a solução de HCl } 0,10N \quad (2)$$

$$X = (A + 1,03) 0,031, \text{ para a solução de CH}_3\text{ COOH } 0,10N \quad (3)$$

$$X = (A + 0,56) 0,031, \text{ para a solução de EDTA dissódico a } 1\% \quad (4)$$

$$X = (A + 0,55) 0,035, \text{ para a solução de MgCl}_2 \text{ } 0,10N \quad (5)$$

$$X = (A + 0,46) 0,038, \text{ para a solução de MgCl}_2 \text{ } 0,50N \quad (6)$$

$$X = (A + 0,53) 0,033, \text{ para a solução de H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,05N \quad (7)$$

$$X = (A + 0,54) 0,034, \text{ para a solução de H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,10N \quad (8)$$

Nas equações 1 a 8, A representa a absorbância multiplicada por 100; e X microgramas de zinco (Zn) por ml ou ppm de Zn na solução.

### **Preparo das amostras de solos**

As amostras, devidamente coletadas para análise de micronutrientes, foram secas ao ar, peneiradas através de peneira de plástico de malha fina e, em seguida, moídas em gral de ágata.

### **Preparo dos extratos**

Transferiram-se 2,5 e ou 5,0 g de solo para frasco de plástico de 500 ml e adicionaram-se 50 ml de solução extratora. Colocou-se em agitação durante 10 ou 15 ou 30 minutos, filtrou-se através de papel de filtro Whatman n.º 1, refiltrando-se a primeira porção, obtendo-se assim o extrato.

### **Precisão e exatidão do método**

A precisão do método baseado na fotometria de absorção atômica foi avaliada através da determinação do zinco adicionado em cinco concentrações diferentes na forma de soluções padrões aos diversos extratores. O cálculo do valor médio do coeficiente de variação forneceu uma indicação da precisão do método.

A exatidão do método foi avaliada, através de um ensaio de recuperação, apenas para extração com solução de HCl 0,10 N na proporção de 5 g de solo para 50 ml de solução HCl.

### Determinação do zinco nos diversos extratos

Os extratos preparados foram levados diretamente para o aparelho Perkim Elmer 303 tendo sido feitas 3 a 5 leituras em cada extrato. Simultaneamente foram executadas determinações de, pelo menos dois padrões, nas respectivas soluções extratoras.

### RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos são apresentados nos quadros n.º 1 a 8.

#### Precisão e exatidão do método

Os dados obtidos referentes a avaliação da precisão do método, fundamentado na espectrofotometria de absorção atômica acham-se reunidos no quadro 1.

QUADRO 1 — Valores dos coeficientes de variação médios, obtidos para cinco concentrações de zinco adicionado na forma de solução padrão, com as diferentes soluções extratoras.

Soluções Extratoras	Coeficiente de variação (médio)
	%
MgCl <sub>2</sub> 0,10 N	0,86
MgCl <sub>2</sub> 0,50 N	0,55
CH <sub>3</sub> COOH 0,10 N	1,23
EDTA. Na a 1%	0,73
HCl 0,05 N	4,47
HCl 0,10 N	5,72
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 N	0,75
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,10 N	0,42

Os valores obtidos para o coeficiente de variação evidenciam que o método apresenta precisão satisfatória.

A exatidão do método, conforme foi esclarecido, foi apreciada através de ensaio de recuperação realizado em extratos de alguns solos, quando se empregou como extrator a solução de HCl 0,10 N e com o tempo de extração de 15 minutos na proporção de 5,0 g de solo para 50 ml de solução. Foram utilizados 5 ml dos extratos dos solos n.os 2, 3 e 4. Os resultados constam do quadro 2.

QUADRO 2 — Resultados do ensaio de recuperação feito com 5 ml de extratos com solos 2, 3 e 4, obtidos na proporção de 5 g de solo para 50 ml de HCl 0,10 N e com o tempo de agitação de 15 minutos.

Solo n.º	micrograma de zinco				Recupera- ção (%)
	No extrato	Adicionado	Calculado	Encontrado	
2	0,25	0,40	0,65	0,67	103
3	0,15	0,40	0,55	0,57	103
4	0,12	0,40	0,52	0,54	104

Os dados do quadro 2 permitem concluir que a exatidão do método, avaliada pelo ensaio de recuperação e nas condições descritas, é satisfatória.

### Extração e determinação do zinco

Observando-se os dados do quadro 3, verifica-se que as soluções de EDTA e HCl apresentaram praticamente a mesma capacidade de extração de zinco nas amostras estudadas. As soluções de  $MgCl_2$  e  $CH_3COOH$  extraíram menores quantidades de zinco, revelando-se o  $MgCl_2$  como o extrator menos eficiente.

QUADRO 3 — Teores de zinco solúvel (em ppm) nos diferentes solos. Extrações executadas na proporção de 2,5 g de solo para 50 ml de várias soluções extratoras com 10 minutos de agitação.

Amostras de solo N.º	Soluções extratoras					
	$MgCl_2$		$CH_3COOH$	EDTA. 2 Na	HCl	
	0,10 N	0,50 N	0,10 N	1%	0,05 N	0,10 N
	ppm Zn		ppm Zn	ppm Zn	ppm Zn	
1	1,1	1,6	2,1	5,0	5,2	5,4
2	0,9	1,7	2,5	4,6	4,5	4,6
3	0,9	1,2	1,7	2,8	3,3	3,2
4	0,9	1,2	1,7	2,3	2,4	2,4
5	1,2	1,2	1,7	1,6	2,0	2,0

QUADRO 4 — Teores de zinco solúvel (em ppm) nos diferentes solos. Extrações executadas na proporção de 2,5 g de solo para 50 ml de várias soluções extratoras com 15 minutos de agitação.

Amostras de solo N.º	Soluções extratoras					
	MgCl <sub>2</sub>		CH <sub>3</sub> COOH	EDTA. 2 Na	HCl	
	0,10 N	0,50 N	0,10 N	1%	0,05 N	0,10 N
	ppm Zn		ppm Zn	ppm Zn	ppm Zn	
1	1,2	1,4	2,4	6,3	5,7	5,6
2	0,9	1,7	2,6	5,8	5,3	5,1
3	0,9	1,4	1,8	3,2	3,4	3,7
4	1,1	1,1	1,8	2,7	2,8	2,4
5	1,2	1,2	1,8	1,8	2,2	2,1

As soluções de HCl 0,05 e 0,10 N forneceram resultados praticamente iguais entre si, porém não diferindo estatisticamente dos obtidos com solução a 1% de EDTA.

Teores bem menores foram solubilizados pelas soluções de MgCl<sub>2</sub> e CH<sub>3</sub>COOH, embora o CH<sub>3</sub>COOH tenha se mostrado um pouco mais eficiente.

QUADRO 5 — Teores de zinco solúvel (em ppm) nos diferentes solos. Extrações executadas na proporção de 2,5 g de solo para 50 ml de várias soluções extratoras, com 30 minutos de agitação.

Amostras de solo N.º	Soluções extratoras					
	MgCl <sub>2</sub>		CH <sub>3</sub> COOH	EDTA. 2 Na	HCl	
	0,10 N	0,50 N	0,10 N	1%	0,05 N	0,10 N
	ppm Zn		ppm Zn	ppm Zn	ppm Zn	
1	1,0	1,3	2,7	5,0	6,0	5,8
2	0,9	1,2	3,0	4,4	5,7	5,2
3	1,8	1,5	1,8	2,5	3,8	3,5
4	1,1	1,3	1,8	2,1	2,8	2,9
5	1,2	1,4	1,6	1,4	2,3	2,4

Os dados do quadro 5 permitem observar que os teores mais elevados foram obtidos com as soluções de HCl e de EDTA.

Os teores mais baixos foram extraídos, pelas soluções de  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,10 N,  $\text{MgCl}_2$  0,50 N e  $\text{MgCl}_2$  0,10 N, confirmando os dados dos quadros 3 e 4.

QUADRO 6 — Teores de zinco solúvel (em ppm) nos diferentes solos. Extrações executadas na proporção de 5,0 g de solo para 50 ml de várias soluções extratoras com 10 minutos de agitação.

Amostras de solo N.º	Soluções extratoras							
	$\text{MgCl}_2$		$\text{CH}_3\text{COOH}$	EDTA. 2 Na	HCl		$\text{H}_2\text{SO}_4$	
	0,10 N	0,50 N	0,10 N	1%	0,05 N	0,10 N	0,05 N	0,10 N
	ppm Zn		ppm Zn		ppm Zn		ppm Zn	
1	0,5	0,7	1,2	4,3	4,5	5,3	4,7	4,7
2	0,5	0,9	1,4	3,9	4,4	4,7	4,2	4,4
3	0,5	1,4	0,9	2,4	2,6	2,9	2,9	2,6
4	0,5	1,0	0,9	1,8	2,1	2,3	2,0	1,7
5	1,0	1,1	1,0	1,3	1,6	1,7	1,5	1,5

QUADRO 7 — Teores de zinco solúvel (em ppm) nos diferentes solos. Extrações executadas na proporção de 5,0 g de solo para 50 ml de várias soluções extratoras, com 30 minutos de agitação.

Amostras de solo N.º	Soluções extratoras							
	$\text{MgCl}_2$		$\text{CH}_3\text{COOH}$	EDTA. 2 Na	HCl		$\text{H}_2\text{SO}_4$	
	0,10 N	0,50 N	0,10 N	1%	0,05 N	0,10 N	0,05 N	0,10 N
	ppm Zn		ppm Zn		ppm Zn		ppm Zn	
1	0,6	0,8	1,2	5,0	4,8	5,5	4,7	4,9
2	0,5	0,6	1,6	4,7	4,5	5,1	4,5	4,4
3	0,5	0,8	1,0	2,9	2,9	2,8	2,9	2,7
4	0,5	0,7	1,0	1,9	1,9	2,1	2,1	1,8
5	0,9	0,9	1,1	1,5	1,5	1,7	1,6	1,6

Numa análise conjunta dos dados dos quadros 2, 3 e 4 vê-se que de um modo geral, os teores de zinco aumentaram significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, quando o tempo de extração passou de 10 para 15 minutos. No entanto a diferença não foi significativa, ao nível de 5% de probabilidade, entre 15 e 30 minutos de extração.

Analisando-se os dados do quadro 6, verifica-se com 10 minutos de extração, na proporção de 5,0 g de solo para 50 ml de solução, as quantidades de zinco extraídas pelas soluções de HCl (0,10 N e 0,05 N), de EDTA a 1% e de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,05 e 0,10 N) foram maiores do que as extraídas pelas demais soluções.

Os dados do quadro 7 mostram novamente a maior capacidade de extração das soluções de HCl, de EDTA a 1% e de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, relativa a das soluções de MgCl<sub>2</sub> e de CH<sub>3</sub>COOH.

QUADRO 8 — Teores de zinco solúvel (em ppm) nos diferentes solos. Extrações executadas na proporção de 5,0 g de solo para 50 ml de várias soluções extratoras com 15 minutos de agitação.

Amostras de solo N.º	Soluções extratoras							
	MgCl <sub>2</sub>		CH <sub>3</sub> COOH	EDTA. 2 Na	HCl		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
	0,10 N	0,50 N	0,10 N	1%	0,05 N	0,10 N	0,05 N	0,010 N
	ppm Zn		ppm Zn		ppm Zn		ppm Zn	
1	0,5	0,8	1,3	4,3	5,4	6,0	4,9	4,7
2	0,3	0,7	1,7	4,0	4,9	5,4	4,7	4,5
3	0,4	1,0	1,2	2,1	3,0	3,1	2,8	2,8
4	0,3	0,8	1,2	1,6	3,0	2,5	2,0	1,8
5	0,5	1,1	1,3	1,1	2,6	1,8	1,6	1,8

Os valores apresentados no quadro 8 confirmam os mencionados nos quadros 6 e 7 quanto à capacidade de extração das diversas soluções extratoras.

Numa análise conjunta dos quadros 6, 7 e 8 vê-se que as maiores quantidades de zinco foram sempre extraídas com as soluções de HCl, EDTA e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ocorrendo o inverso com as soluções de CH<sub>3</sub>COOH e MgCl<sub>2</sub>.

A influência do tempo de extração (dados dos quadros 6, 7 e 8) foi similar à já mencionada (dados dos quadros 3, 4 e 5) isto é, quan-

do a proporção de peso (em gramas) de terra para volume (em ml) de solução foi de 2,5: 50. Assim, quando o tempo de extração passou de 10 para 15 minutos, as diferenças de um modo geral foram significativas ao nível de 5%. Entretanto, quando as extrações foram executadas durante 30 minutos, as diferenças em relação ao tempo de 15 minutos, as diferenças em relação ao tempo de 15 minutos, não foram significativas ao nível de 5%, de um modo geral.

Comparando agora, o conjunto de dados dos quadros 6, 7 e 8 com os dos quadros 3, 4 e 5 pode-se concluir que as diferenças nas extrações promovidas entre as proporções 2,5: 50 e 5: 50, de peso de terra (em gramas) para volume (em ml) de solução extratora, foram significativas ao nível de 5% de probabilidade. Isso significa que as extrações na proporção de 2,5: 50 foram maiores do que as conduzidas na proporção de 5: 50.

### CONCLUSÕES

a) O método baseado na fotometria de absorção atômica de determinação do zinco extraído do solo com diversas soluções, apresentou precisão satisfatória; e a exatidão, avaliada através de ensaio de recuperação, quando foi empregada solução de HCl 0,10 N como extrator de zinco, foi também satisfatória.

b) A extração do zinco de cinco amostras de solos com soluções de HCl 0,05 e 0,1 N, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 e 0,10 N a 1%, ácido acético 0,10 N e MgCl<sub>2</sub> 0,10 e 0,50 N, mostrou que as soluções de ácidos inorgânicos e a da EDTA são mais eficientes que as demais.

c) A proporção de 2,5 g de solo para 50 ml de solução extratora permitem uma extração mais elevada de zinco do que a de 5,0 g de solo e 50 ml de solução extratora.

d) O tempo de extração de 15 minutos forneceu dados mais elevados do que o de 10 minutos; no entanto o tempo de 30 minutos forneceu resultados iguais aos obtidos com 15 minutos, isto é, as diferenças não foram significativas ao nível de 5% de probabilidade.

### SUMMARY

#### EXTRACTABLE ZINC IN SOILS

Eight extractants (0.10 and 0.50 N MgCl<sub>2</sub>; 0.10 N CH<sub>3</sub>COOH; 1% Na<sub>2</sub>EDTA; 0.05 and 0.10 N HCl; and 0.05 and 0.10 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) were tested in five soil samples using two solution: soil ratio (50 ml: 2.50 grams and 50 ml: 5.0 grams) and three length of extraction periods (10, 15 and 30 minutes) for the extraction of zinc. The zinc concentration of the extractants was determined by atomic absorption photometry.

The data obtained showed that 1% Na<sub>2</sub>EDTA, 0.05 and 0.10 N HCl and 0.05 and 0.10 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solutions extract more zinc than MgCl<sub>2</sub> and CH<sub>3</sub>COOH solutions.

The solution-soil ratio showed significant effects on the zinc extraction. The length of extraction period showed also significant effects only when the 15 minutes was compared to the 10 minutes period of extraction.

#### LITERATURA CITADA

- BROWN, A. L., B. A. KRANTZ, & P. E. MARTIN 1962 — Plant uptake and fate of soil-applied zinc. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Vol. 26(2):167-170.
- BROWN, A. L., B. A. KRANTZ, & P. E. MARTIN, 1964 — The residual effect of zinc applied to soils. *Soil Sci. Amer. Proc.* Vol. 28(2):236-238.
- BROWN, A. L., J. QUINCK & J. L. EDDINGS, 1971a. A comparison of analytical methods. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35:105-107.
- CHAPMAN, H. D., 1966 — Zinc. *Em*: "Diagnostic Criteria for Plants and Soils". Editado por H. D. Chapman. University of California. Division of Agricultural Sciences. pp. 494-499.
- HODGSON, J. F., 1963 — Chemistry of the Micronutrient Elements in Soil. *Em* "Advances in Agronomy". Editado por A. G. Norman. Academic Press Inc. 15:119-159.
- JACKSON, M. L., 1958 — Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs. N. J. 498 pp.
- MARTENS, D. C., 1968 — Plant availability of extractable boron, copper, and zinc as related to selected soil properties. *Soil Sci.* 106(1):23-28.
- MARTENS, D. C. & G. CHESTERS, 1967 — Comparison of chemical tests for estimation of the availability of soil zinc. *J. Sci. Fd. Agric.* Vol. 18, may.
- SORENSEN, R. C., D. D. DELSLIGLE & KNUDSEN, 1971 — Extraction of Zn, Fe, and Mn from soil with 0.1 N hydrochloric and as affected by soil properties solution soil ratio and length of extraction period. *Soil Sci.* 111:352-359.
- STEWART, J. A. & K. C., BERGER, 1965 — Estimation of available soil zinc using magnesium chloride as extractant. *Soil Sci.* 100:244-250.
- VIETS, JR., F. G. & L. C. BOAWN, 1965 — Zinc. *Em*: Methods of Soil Analysis. Part. 2. Copyright by the American Society of Agronomy, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, U.S.A. (1090-1101).

