

ZINCO EM ALGUNS SOLOS DE PIRACICABA *Avaliação por testes químicos*

M.O. Camponez do Brasil Sobrinho (1)
O. Freire (1)
R.I. Silveira (1)

INTRODUÇÃO

O zinco é o micronutriente vegetal cujos sintomas de deficiência são mais comumente observados em todas as partes do Mundo. Isto é devido à pequena quantidade com que este elemento ocorre na litosfera.

O conteúdo de zinco no solo é, em média, mais baixo do que o das rochas, ocorrendo em minerais, adsorvido ou na forma de complexos orgânicos solúveis e insolúveis. Do zinco que ocorre no solo, apenas, uma pequena parte se encontra em estado disponível.

Muitos fatores influem sobre a disponibilidade do zinco do solo às plantas. Entre estes fatores, pode-se citar: conteúdo de zinco no solo, reação do solo e conteúdo de matéria orgânica.

O primeiro sintoma de deficiência de zinco nas plantas é, geralmente, uma clorose internerval. Folhas de tamanho anormal ou formando rosetas ou cachos de pequenas folhas, também, podem ser indícios de deficiência deste micronutriente.

(1) Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz», USP, Piracicaba.

As espécies vegetais diferem muito quanto à sua capacidade de obter zinco do solo. Uma são mais sensíveis e outras, menos sensíveis à baixa quantidade de zinco disponível.

Os testes de solo, através da análise química, são de grande utilidade para determinar se um solo é ou não deficiente em zinco para uma determinada cultura; entretanto, a natureza do solo e a solução extratora são fatores que influem para que um teste possa ser considerado um bom critério para avaliar os níveis críticos de zinco no solo.

A finalidade deste trabalho é realizar o levantamento da ocorrência do zinco nos principais solos do Município de Piracicaba para a obtenção de dados básicos que possibilitem a execução de ensaios em casa-de-vegetação e no campo que permitam a correlação deste elemento no solo com a sua disponibilização às principais culturas da região.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa referente ao zinco no solo é vasta; entretanto, no Brasil, apesar de já ter sido constatada a deficiência deste micronutriente, em vários locais, os trabalhos sobre o assunto são relativamente poucos.

O zinco no solo

SWAINE, em 1955, apresentou extenso estudo do zinco nos solos do Mundo, afirmando que este elemento entra na constituição de vários minerais e em outros, aparece como impureza. Em consequência da intemperização, passa para formas solúveis e posteriormente, precipita-se sob várias formas, tais como: carbonatos, silicatos e fosfatos.

Enquanto a litosfera apresenta, em média, 80 ppm de zinco, os solos apresentam uma média de 40 ppm deste elemento. Do zinco que ocorre no solo, apenas 0,1 a 0,5 ppm está em forma disponível aos vegetais.

MITCHEL (1965) registrou a ocorrência de zinco em rochas básicas em níveis variáveis de 100 a 200 ppm e em níveis de 50 ppm em rochas ácidas.

HODGSON (1963), baseado em dados de vários autores, afirmou que o zinco ocorre na quantidade de 130 ppm em rochas básicas, na quantidade de 60 ppm em rochas ácidas, 80

ppm em rochas sedimentares e em quantidades muito variáveis em solos.

WIKLANDER (1958) concluiu que solos derivados de rochas básicas e calcárias são, geralmente, ricos em zinco; enquanto que os derivados de arenitos são mais pobres.

NAIR & MEHTA, em 1959, publicaram resultados da determinação de zinco total e de zinco disponível em solos da Índia. Os valores encontrados de zinco total variaram de 20 a 90 ppm e os de zinco disponível variaram de 0,50 a 6,05 ppm. A relação entre zinco total e zinco disponível variou de 1,4 a 7,3.

WEAR (1956) pesquisou o efeito da adição de CaCO_3 , Na_2CO_3 e CaSO_4 ao solo sobre a disponibilidade do zinco. Este autor concluiu que o pH é um fator de grande importância para a disponibilidade deste elemento. A medida que o pH se eleva, a quantidade de zinco disponível decresce.

A aplicação de CaSO_4 não modificou a quantidade de zinco disponível.

HODGSON (1963) concluiu que o efeito do pH é evidente sobre a quantidade de zinco extraída por solventes químicos; entretanto, sua influência sobre a quantidade de zinco absorvido pela planta é relativamente pequena.

NAIR & MEHTA (1959) estudaram a correlação entre zinco disponível e vários fatores, tais como: matéria orgânica, pH, zinco total, quantidade de argila e CaCO_3 . Estes autores concluíram que a correlação com matéria orgânica era positiva; com pH era negativa; com zinco total era positiva e as correlações com argila e CaCO_3 não foram significativas.

Análise química do zinco do solo

A análise química para a determinação do conteúdo de zinco pode ser feita por vários métodos, dentre os quais: os métodos colorimétricos, polarográficos e espectrográficos.

Tratando-se do caso específico de solos, há interesse de se determinar o teor de zinco total e o de zinco disponível às plantas.

Extração do zinco total do solo

Os métodos de extração baseiam na fusão de uma amostra de solo de forma que se obtenha uma solução, onde o zinco total do solo possa ser determinado por um método químico adequado.

HOLMES (1945) aconselhava que a amostra de solo fosse digerida com ácido perclórico.

MENZEL & JACKSON (1961) e JACINTO (1966) propuseram que o zinco total fosse determinado numa solução obtida pela fusão de uma amostra de solo tratada com H_2SO_4 , HNO_3 e HF.

Extração de zinco disponível do solo

Muitos autores têm proposto métodos para a extração de zinco disponível. Para a validade das predições, o método deve, no entanto, ter sido calibrado com a capacidade de absorção das plantas, tanto em casa-de-vegetação quanto no campo.

HIBBARD (1940-a, 1940-b) propôs a utilização de uma solução de KCl 0,5M para a extração do zinco disponível.

SHAW e DEAN (1952) propuseram a utilização de uma solução extratora constituída por uma mistura de acetato de amônio e ditizona dissolvida em tetracloreto de carbono. A extração se processa em duas fases: na primeira, o zinco disponível passa para a forma orgânica e na segunda, é removido por uma solução de HCl diluído.

TUCKER & KURTZ (1955) compararam o efeito de várias soluções extradoras com o do método microbiológico, tendo concluído que o ácido acético, o HCl 0,1N, o EDTA e a ditizona são eficientes.

SAINZ & BORNEMISZA (1961) e JACKSON (1964) indicaram o método de SHAW & DEAN para a extração do zinco disponível do solo.

Em 1965, VIETS & BOAWN concluíram que só dois métodos estavam suficientemente calibrados em relação à capacidade das plantas de absorver zinco do solo, tanto em condições de casa-de-vegetação quanto em condições de campo. Esses métodos eram o do acetato de amônio-ditizona e o do HCl 0,1N.

TRIERWEILER & LINDSAY (1969) usaram EDTA, tamponada a pH 8,6 com $(NH_4)_2 CO_3$ 1M, concluindo que era muito mais eficiente que o método do HCl 0,1N e o método da ditizona. Esta opinião foi compartilhada por muitos outros autores (BROWN & KRANTZ, 1960; BROWN *et alii*, 1962; BROWN *et alii*, 1970).

Em 1971, BROWN *et alii* compararam 92 solos usando 4 diferentes testes para o zinco disponível. Estes autores concluíram que o método do DTPA era o que permitia melhor predição de deficiência de zinco.

DOLAR & KEENEY (1971) concluíram, no entanto, que o método do DTPA era menos eficiente do que o do HCl 0,1N.

LAVER (1971) e MARTENS *et alii* (1966) concluíram que o zinco extraído por HCl 0,1N e ditizona não corresponde ao zinco extraído pelas plantas.

WEARS & EVANS (1968) e MASSEY (1957) obtiveram, da comparação de métodos de extração de zinco, resultados que permitem concluir que para solos ácidos parece não haver diferença nos resultados obtidos com o método do HCl 0,1N e o método da ditizona. Quando, no entanto, os solos contêm CaCO_3 , os métodos do EDTA, DTPA e ditizona são melhores.

MATERIAL E MÉTODO

Material

O material que constitui o objeto deste trabalho compreende as amostras dos horizontes de perfis de solo representativos de dezesseis séries do Município de Piracicaba (RANZANI, FREIRE & KINJO, 1966). As séries estudadas foram as seguintes: Ribeirão Claro, Tanquinho, Cruz Alta, Sertãozinho, Luiz de Queiroz, Serrote, Pau d'Alho, Ibitiruna, Godinhos, Artemis, Bairrinho, Monte Olimpo, Paredão Vermelho, Anhumas, Iracema e Guamium.

As características químicas dos horizontes dos perfis representativos de cada série estão apresentadas no quadro I.

Método

Coleta e preparo das amostras

Após o reconhecimento e a demarcação dos horizontes de cada perfil, foram coletadas amostras compostas que no laboratório, foram postas para secar ao ar e posteriormente, foram passadas em tamis de crivos de 2 mm de diâmetro.

Extração do zinco total

Utilizou-se o método de MENZEL & JACKSON (1951), com a modificação sugerida por JACINTO (1966).

Amostras de 0,5 de TFSE trituradas em almofariz foram colocadas em cadinhos de platina para serem digeridas em presença de H_2SO_4 , HNO_3 e HF. Quando a amostra adquiriu consistência xaroposa e coloração pardo-amarelada, 10 ml de H_2SO_4 2N foram adicionados para a solubilização de sais a quente.

QUADRO I - Características químicas dos perfis representativos das séries estudadas.

N.º	Solo (Série)	Profundidade de Horizonte (cm)	pH	C%	Mat. Org. %	N total	e. mg/100 g TFSE				
							PO ₄ ⁺⁺⁺ sol. em H ₂ SO ₄ 0,05 N	K ⁺ trocá- vel	Ca ⁺⁺ trocá- vel	Mg ⁺⁺ trocá- vel	
1	Ribeirão Claro	Ap-0-50	4,80	1,11	1,90	0,140	0,201	0,11	0,66	0,16	
2	"	01-50-100	4,90	0,75	1,29	0,100	0,021	0,05	0,66	0,08	
3	"	C ₂ -100-150	4,70	0,69	1,18	0,084	0,031	0,05	—	0,10	
4	Tanquinho	Ap-0-20	5,90	1,20	2,06	0,210	0,054	0,16	4,53	1,74	
5	"	B ₂₁ -20-45	5,90	0,90	1,54	0,178	0,018	0,07	4,00	1,32	
6	"	B ₂₂ -45-75	5,90	0,48	0,82	0,100	0,081	0,07	4,00	1,07	
7	"	B ₂₃ -75-110	6,10	0,30	0,51	0,084	0,081	0,08	4,80	0,99	
8	"	B _{3C} -110-175	5,00	0,30	0,51	0,070	0,014	0,06	2,00	0,43	
9	"	C-175+	5,30	0,15	0,25	0,070	0,093	0,06	2,40	0,91	
10	Cruz Alta	Ap-0-15	5,10	0,45	0,77	0,084	0,042	0,13	2,40	0,24	
11	"	A _{3B1} -15-40	5,10	0,30	0,51	0,070	0,031	0,12	2,40	0,33	
12	"	C ₁ -40-90	5,10	0,30	0,51	0,084	0,018	0,10	2,40	0,16	
13	"	C ₂ -90-110	5,10	0,30	0,51	0,084	0,014	0,07	2,40	0,16	
14	"	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
15	Sertãozinho	Ap-0-30	5,60	0,45	0,77	0,100	0,031	0,10	2,66	0,36	
16	"	C ₁ -30-60	5,80	0,30	0,51	0,084	0,026	0,05	2,40	0,43	

QUADRO I - Cont.

17	"	C2-60-120	5,50	0,30	—	0,084	0,026	0,04	2,40	0,33
18	• Monte Alegre	Ap-0-35	6,30	1,80	3,09	0,210	0,646	0,49	9,33	1,99
19	"	B21-35-55	6,30	0,60	1,03	0,154	0,081	0,45	4,53	1,12
20	"	B22-55-110	6,40	0,45	0,77	0,108	0,081	0,25	3,33	0,44
21	"	B3C-110-175	6,50	0,30	0,51	0,084	0,067	0,08	4,00	0,49
22	"	C-175-300	6,70	0,30	0,51	0,084	0,054	0,10	1,73	0,56
23	"	C R 300+	6,50	0,30	0,51	0,070	0,093	0,17	2,00	—
24	Serrote	Ap-0-25	5,30	0,36	0,61	0,112	0,081	0,14	1,06	0,33
25	"	B21-25-35	5,70	0,39	0,67	0,084	0,031	0,06	2,93	0,44
26	"	B22-35-80	5,70	0,18	0,30	0,070	0,026	0,05	2,53	0,86
27	"	B3-80-100	5,90	0,18	0,30	0,140	0,018	0,06	2,13	0,86
28	"	C-110+	5,10	0,15	0,25	0,070	0,018	0,30	0,66	0,41
29	Pau D'Alho	Ap-0-15	6,20	1,26	2,16	0,210	0,018	0,70	9,33	2,07
30	"	B21-12-35	6,60	1,05	1,80	0,196	0,110	0,60	9,06	2,07
31	"	B22-35-75	6,70	0,75	1,29	0,107	0,107	0,55	8,00	0,83
32	"	B3-75-105	6,70	0,60	1,03	0,126	0,081	0,32	5,20	1,74
33	"	B3C-105-140	6,70	0,60	1,03	0,112	0,107	0,45	5,86	1,66
34	"	C-140	6,50	0,72	1,23	0,112	0,093	0,80	5,73	1,99
35	Ibitiruna	Ap-0-20	5,80	0,84	1,44	0,140	0,067	0,25	2,26	0,74
36	"	A2-20-40	6,00	0,30	0,51	0,098	0,031	0,16	1,33	0,38
37	"	B2-40-80	5,10	0,39	0,67	0,070	0,018	0,16	1,33	1,16
38	"	B3-C-80-110	5,00	0,30	0,51	0,084	0,018	0,16	0,66	1,22
39	"	C-110-140	5,00	0,30	0,51	0,084	0,018	0,21	0,66	1,41
40	Godinhos	Ap-0-30	5,40	1,08	1,85	0,210	0,215	0,21	5,46	1,90

QUADRO I - Cont.

41	"	C (D) -30-65	5,40	1,02	1,75	0,140	0,067	0,13	2,66	2,07
42	Artemis	Ap-0-40	5,90	0,54	0,92	0,140	0,110	0,12	1,60	0,86
43	"	A2-40-85	5,60	0,18	0,30	0,098	0,042	0,05	1,73	0,16
44	"	B1-85-105	5,00	0,18	0,30	0,084	0,031	0,06	1,33	0,21
45	"	B21-105-135	5,00	0,18	0,30	0,070	0,018	0,05	0,93	0,29
46	"	B22-135-185	4,90	0,18	0,30	0,126	0,026	0,04	0,93	0,33
47	"	C -200	5,10	0,15	0,25	0,168	0,031	0,06	0,80	0,39
48	Bairrinho	Ap-0-25	6,20	1,10	1,80	0,154	0,101	0,22	7,73	1,99
49	"	A3-25-50	6,10	1,40	2,32	0,140	0,081	0,12	7,06	1,74
50	"	B2-50-100	6,00	0,54	0,87	0,126	0,169	0,10	5,86	1,74
51	"	B3-100-150	6,00	0,38	0,61	0,112	0,227	0,10	5,33	1,57
52	"	C - 150	6,10	0,40	0,67	0,126	0,215	0,13	5,33	2,40
53	Monte Olimpo	Ap-0-30	4,70	2,90	5,03	0,210	0,125	0,18	0,50	0,49
54	"	Cg-30	5,00	0,40	0,67	0,098	0,054	0,17	2,66	0,69
55	Paredão Vermelho	Ap-0-20	5,20	0,54	1,08	0,070	0,063	0,06	0,48	0,32
56	"	A3-20-50	5,20	0,36	0,62	0,070	0,031	0,04	0,56	0,16
57	"	B1-50-82	4,90	0,21	0,36	0,070	0,026	0,03	0,40	0,24
58	"	B2-82-132	5,00	0,12	0,21	0,070	0,017	0,02	0,40	0,40
59	"	B3-132-184	5,00	0,18	0,31	0,070	0,017	0,02	0,40	0,24
60	"	C - 184+	4,90	0,15	0,26	0,070	0,017	0,02	0,32	0,24
61	Anhumas	Ap	5,8	0,93	1,60	0,140	0,062	0,31	5,60	1,36
62	"	B/C	5,4	0,36	0,62	0,126	0,031	0,10	4,72	1,04
63	"	C/R	5,0	0,24	0,41	0,084	0,031	0,10	3,68	1,52

QUADRO I - Cont.

64	Iracema	Ap	5,2	1,32	2,27	0,140	0,296	0,05	2,80	0,56
65	"	A12	5,3	1,20	2,06	0,112	0,062	0,02	2,00	0,24
66	"	A/3	5,2	0,90	1,55	0,112	0,081	0,02	1,04	1,04
67	"	B1	5,5	0,48	0,82	0,070	0,067	0,02	0,16	0,40
68	"	B2	6,2	0,24	0,41	0,140	0,012	0,03	4,80	0,40
69	Guamium	Ap-0-10	5,2	1,62	2,79	0,140	0,036	0,25	2,00	0,40
70	"	B1-10-20	5,0	1,50	2,58	0,140	0,026	0,09	1,84	0,80
71	"	B2-20-70	5,3	0,90	1,55	0,098	0,017	0,04	1,28	0,24
72	"	B3-70-120	5,3	0,48	0,82	0,098	0,012	0,02	0,88	0,16
73	"	C1-120-170	5,3	0,42	0,72	0,084	0,017	0,03	0,80	0,16
74	"	C3-170-220	5,5	0,36	0,62	0,098	0,012	0,04	0,80	0,80

Após a filtragem, o resíduo foi lavado com água quente. O filtrado foi evaporado a seco e retomado com 50 ml de HCl 0,02N. Este extrato foi utilizado para a determinação do zinco total.

Extração do zinco disponível

O método utilizado foi o proposto por SHAW & DEAN (1952), descrito por SAIZ DEL RIO & BORNEMISZA (1961) e JACKSON (1964), que sugere que se passe 25 ml de acetato de amônio 1N e 25 ml de uma solução de ditizona a 0,01% em CCl_4 para um funil de separação. Junta-se a amostra de 2,5 g TFSE e submete-se a agitação por 1h. Em seguida, centrifuga-se a suspensão durante 10 min.

Toma-se uma alíquota de 10 ml da solução e põe-se para evaporar a ditizona. Juntam-se algumas gotas de HF e põe-se para evaporar a seco, retomando-se com HCl 0,02N até completar 50 ml. Este extrato foi utilizado para a determinação do zinco disponível.

Determinação do zinco

Tanto o zinco total quanto o zinco disponível foram determinados colorimetricamente, utilizando-se um filtro de 553 m μ .

Os resultados foram calculados comparando-se as leituras referentes aos extratos das amostras com leituras referentes a uma coleção de padrões para diferentes concentrações de zinco.

Todos os reagentes utilizados foram, previamente, purificados para zinco.

Toma-se do extrato, uma alíquota contendo de 5 a 20 μg de Zn, passando-se para um funil de separação de 125 ml. Adiciona-se um volume de 50 ml de citrato de amônio 0,4 com pH 8,5 e 3 ml de dietil carbonato de sódio a 0,2%. Ajusta-se o pH entre 8,5 e 8,8, com NH_4OH ou HCl. Em seguida, adicionam-se 10 ml de ditizona em CCl_4 a 0,01 e põe-se para agitar durante 5 minutos. Transfere-se a solução para outro funil de separação e junta-se um volume de 25 ml de NH_4OH 0,01N. Põe-se para agitar por 3 min, pipetam-se 5 ml da solução e passa-se para um balão volumétrico de 25 ml de capacidade, completando-se o volume com CCl_4 .

A transmissão de luz desta solução fornece os dados para o cálculo da quantidade de zinco.

Critérios

O critério para avaliação do zinco nos solos estudados foi a quantidade total e a quantidade disponível deste elemento.

Procedeu-se à estimativa da relação entre zinco disponível e zinco total e ao estudo de correlação entre zinco disponível e pH do solo, zinco disponível e conteúdo de matéria orgânica e zinco disponível e relação Zn disponível/Zn total, de acordo com os esquemas usuais, preconizados por PIMENTEL GOMES (1963), STEEL & TORRIE (1960) e GRANER (1952).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes a zinco total, zinco disponível e as correlações estudadas são apresentados a seguir.

Zinco total nos solos estudados

O quadro II contém os resultados, referentes ao conteúdo total de zinco nos horizontes das dezesseis séries estudadas, expressos em ppm ou mg/kg de TFSE.

Observa-se que há grande variação nos resultados obtidos; entretanto, essas diferenças são muito mais acentuadas entre perfis do que entre horizontes de um mesmo perfil. Algumas exceções, no entanto, foram observadas nos perfis representativos das Séries Paredão Vermelho, Iracema e Guamium.

Os perfis foram classificados em dois grupos; um deles contendo os perfis cujos valores de zinco total dos horizontes está compreendido entre 100 e 260 ppm e o outro, os perfis cujos valores são inferiores a 100 ppm.

No primeiro grupo estão os perfis das Séries Tanquinho, Luiz de Queiroz, Pau d'Alho, Iracema, Guamium e Paredão Vermelho. No segundo grupo estão os perfis das Séries Sertãozinho, Serrote, Ibitiruna, Lajeadozinho, Artemis, Bairrinho, Monte Olimpo e Anhumas.

Todos os perfis do primeiro grupo são latossolos originados de rochas eruptivas básicas ou cujo material de origem apresenta, pelo menos, contribuições dessas rochas. Os perfis do segundo grupo são podzólicos, regossolos e litossolos originados de arenitos que, algumas vezes, sofreram vários ciclos de erosão.

Essas observações concordam perfeitamente com as afirmações de MITCHELL (1965), SWAINE (1955), HODGSON (1963) e WILKLANDER (1958).

Zinco disponível nos solos estudados

O quadro II contém também os resultados referentes ao conteúdo de zinco disponível nos horizontes dos perfis das dezesseis séries estudadas, expressos em ppm ou mg/kg de TFSE.

Observando-se estes dados, nota-se uma distribuição do zinco disponível semelhante à do zinco total.

Em quase todos os perfis, há um decréscimo do zinco disponível com a profundidade. Esse fato é devido, provavelmente, ao teor mais elevado de matéria orgânica nos horizontes superficiais. Alguns perfis constituem exceção a essa regra, uma vez que apresentam quantidades de zinco disponível maior nos horizontes mais profundos.

Classificando-se os perfis estudados em três grupos, de acordo com o conteúdo de zinco disponível dos horizontes superficiais, obtém-se a seguinte distribuição:

Grupo I ($> 2,0$ ppm):

Séries Luiz de Queiroz e Pau d'Alho;

Grupo II (1,0 a 20 ppm):

Séries Tanquinho, Ibitiruna, Lageadinho, Anhumas e Guamium;

Grupo III ($< 1,0$ ppm):

Séries Ribeirão Claro, Cruz Alta, Sertãozinho, Serrote, Artemis, Bairrinho, Monte Olimpo e Paredão Vermelho.

Relação entre zinco disponível e pH do solo

O estudo da correlação mostrou que o zinco disponível está correlacionado com o pH do solo. O valor de $r = 0,23$ demonstra significância ao nível de 5%, quando o grau de liberdade é de 72 (GRANER, 1952).

Este resultado concorda com as afirmações de JACKSON (1964) e de WEAR (1956).

Considerando-se os valores de zinco disponível, apenas dos horizontes superficiais, a correlação com o pH foi significativa ao nível de 1% de probabilidade, uma vez que o valor de r foi de 0,56, considerando-se 32 graus de liberdade.

A equação correspondente é a seguinte:

$y = 0,23x - 0,34$; onde: $y =$ ppm de zinco disponível;

$x =$ pH do solo.

QUADRO II - Zinco disponível e total e relação Zn disponível: Zn total dos solos do município de Piracicaba.

Amostra n.º	Série de solo	Horizonte	Zinco (Zn) p.p.m.		Rela- ção Sol./ total
			Solú- vel	Total	
1	Ribeirão Claro	Ap (0-50)	0,54	76	0,0050
2	Ribeirão Claro	C ₁ (50-100)	0,60	74	0,0080
3	Ribeirão Claro	C ₂ (100-150)	0,59	54	0,0100
4	Tanquinho	Ap (0-20)	1,52	190	0,0080
5	Tanquinho	B ₂₁ (20-45)	0,72	190	0,0038
6	Tanquinho	B ₂₂ (45-75)	0,80	240	0,0034
7	Tanquinho	B ₂₃ (75-110)	0,52	168	0,0007
8	Tanquinho	B _{3C} (110-175)	0,72	150	0,0048
9	Tanquinho	C (175+)	0,96	160	0,0060
10	Cruz Alta	Ap (0-15)	0,80	40	0,0200
11	Cruz Alta	A _{3B} 1 (15-40)	0,80	32	0,0250
12	Cruz Alta	C ₁ (40-90)	0,32	34	0,0094
13	Cruz Alta	C ₂ (90-110)	0,36	44	0,0082
14	---	---	---	---	---
15	Sertãozinho	Ap (0-30)	0,80	46	0,0174
16	Sertãozinho	C ₁ (30-60)	0,36	34	0,0106
17	Sertãozinho	C ₂ (60-120)	0,20	32	0,0062
18	Luiz de Queiroz	Ap (0-35)	2,50	208	0,0120
19	Luiz de Queiroz	B ₂₁ (35-55)	0,72	240	0,0030
20	Luiz de Queiroz	B ₂₂ (55-110)	0,52	216	0,0025
21	Luiz de Queiroz	B _{3C} (110-175)	0,24	170	0,0014
22	Luiz de Queiroz	C (175-300)	0,30	208	0,0014
23	Luiz de Queiroz	C/R (300+)	0,36	240	0,0015
24	Serrote	Ap (0-25)	0,72	20	0,0360
25	Serrote	B ₂₁ (25-35)	1,36	20	0,0680
26	Serrote	B ₂₂ (35-80)	0,24	14	0,0171
27	Serrote	B ₃ (80-110)	0,20	16	0,0125
28	Serrote	C (110+)	0,48	10	0,0480
29	Pau D'Alho	Ap (0-15)	2,08	250	0,0083
30	Pau D'Alho	B ₂₁ (12-35)	2,48	252	0,0098
31	Pau D'Alho	B ₂₂ (35-75)	2,08	228	0,0091
32	Pau D'Alho	B ₃ (75-105)	1,72	224	0,0077
33	Pau D'Alho	B _{3C} (105-140)	1,36	250	0,0054
34	Pau D'Alho	C (140+)	1,36	254	0,0053

Quadro II - Cont.

35	Ibitiruna	Ap (0-20)	1,36	34	0,0400
36	Ibitiruna	A ₂ (20-40)	0,40	44	0,0091
37	Ibitiruna	B ₂ (40-80)	0,60	34	0,0177
38	Ibitiruna	B ₃ C (80-110)	0,72	66	0,0109
39	Ibitiruna	C(110-140)	0,76	72	0,0105
40	Godinhos	Ap (0-30)	1,20	76	0,0158
41	Godinhos	C (O) (30-65)	0,48	54	0,0089
42	Artemis	Ap (0-40)	0,72	26	0,0276
43	Artemis	A ₂ (40-85)	1,36	36	0,0376
44	Artemis	B ₁ (85-105)	1,00	22	0,0450
45	Artemis	B ₂₁ (105-135)	1,08	22	0,0490
46	Artemis	B ₂₂ (135-185)	0,80	12	0,0666
47	Artemis	C (200+)	0,88	12	0,0733
48	Bairrinho	Ap (0-25)	0,36	76	0,0047
49	Bairrinho	A ₃ (25-50)	0,36	72	0,0050
50	Bairrinho	B ₂ (50-100)	0,24	84	0,0029
51	Bairrinho	B ₃ (100-150)	0,30	62	0,0048
52	Bairrinho	C (150+)	0,30	88	0,0034
53	Monte Olimpo	Ap (0-30)	0,60	68	0,0071
54	Monte Olimpo	Cg (30-60)	0,48	72	0,0083
55	Par. Vermelho	Ap (0-20)	0,60	160	0,0021
56	Par. Vermelho	A ₃ (20-50)	0,48	124	0,0038
57	Par. Vermelho	B ₁ (50-82)	0,24	120	0,0020
58	Par. Vermelho	B ₂ (80-132)	0,28	84	0,0033
59	Par. Vermelho	B ₃ (132-184)	0,36	136	0,0027
60	Par. Vermelho	C (184+)	0,40	64	0,0062
61	Anhumas	Ap (0-50)	1,20	100	0,0120
62	Anhumas	B/C (50-70)	0,32	84	0,0038
63	Anhumas	C/R (70-85)	0,36	88	0,0041
64	Iracema	Ap (0-20)	0,80	190	0,0047
65	Iracema	A ₁₂ (20-55)	0,80	240	0,0033
66	Iracema	A ₃ (55-115)	0,60	200	0,0030
67	Iracema	B ₁ (115-225)	0,48	150	0,0032
68	Iracema	B ₂ (225-295+)	0,56	155	0,0036
69	Guamium	Ap (0-10)	1,08	300	0,0036
70	Guamium	B ₁ (10-20)	0,32	230	0,0014
71	Guamium	B ₂ (20-70)	0,24	136	0,0018
72	Guamium	B ₃ (70-120)	0,40	184	0,0021
73	Guamium	C ₁ (120-170)	0,24	74	0,0032
74	Guamium	C ₂ (170-220)	0,32	180	0,0017

Relação de zinco disponível e matéria orgânica do solo

O cálculo de correlação para estudar o efeito da matéria orgânica sobre o zinco disponível mostrou um valor de $r = 0,26$, que considerando-se 72 graus de liberdade, demonstra significância ao nível de 5%.

A equação correspondente é a seguinte:

$$y = 0,176x + 0,24; \text{ onde: } y = \text{ppm de zinco disponível};$$

$$x = \text{arc.sen } \sqrt{C\%}$$

Este resultado concorda com os de NAIR & MEHTA (1959).

Relação entre zinco disponível e zinco total

É interessante observar as diferenças que ocorrem no comportamento dos perfis das séries estudadas quanto ao conteúdo de zinco total e sua capacidade de apresentar zinco disponível. Os perfis de algumas séries contêm apreciável quantidade de zinco total e são capazes de fornecer, apenas, pequenas quantidades de zinco disponível; enquanto que, perfis de outras séries comportam-se de maneira inversa.

Pode-se observar, ainda que há uma tendência da relação Zn disponível/Zn total diminuir com a profundidade do solo. Os perfis das séries Artemis e Paredão Vermelho constituem, no entanto uma exceção.

Os perfis das séries Artemis, Ibitiruna e Serrote, embora contendo quantidades relativamente baixas de zinco total, apresentam altos índices de fornecimento de zinco disponível. O inverso pode ser observado, no entanto, nos perfis das Séries Pau D'Alho e Luiz de Queiroz.

O estudo da correlação entre zinco disponível e a relação Zn disponível/Zn total mostrou um valor de $r = 0,50$, significativo ao nível de 1%.

A equação correspondente é a seguinte:

$$y = 0,084 x 0,276, \text{ onde: } y = \text{ppm de zinco disponível};$$

$$x = \text{arc.sen } \sqrt{\text{Zn disponível/Zn total.}}$$

Isto significa que, quanto maior for a relação entre as duas formas de zinco, maior é a capacidade de fornecimento deste elemento.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

a. os perfis representativos de dezesseis séries de solos do Município de Piracicaba apresentam ampla variação no conteúdo de zinco total;

b. as Séries Luiz de Queiroz, Paul D'Alho, Tanquinho, Iracema, Guamium e Paredão Vermelho apresentam teores maiores do que 100 ppm;

c. as Séries Ribeirão Claro, Cruz Alta, Sertãozinho, Serrote, Ibitiruna, Godinhos, Artemis, Bairrinho, Monte Olimpo e Anhumas apresentam teores menores do que 100 ppm;

d. o zinco total varia pouco de um horizonte para outro em um mesmo perfil;

e. os perfis representativos das dezesseis séries estudadas apresentam ampla variação no conteúdo de zinco disponível;

f. as Séries Luiz de Queiroz e Pau D'Alho apresentam teores maiores do que 2,0 ppm de zinco disponível;

g. as Séries Ribeirão Claro, Cruz Alta, Sertãozinho, Serrote, Artemis, Monte Olimpo, Paredão Vermelho e Iracema apresentam de 1,0 a 0,5 ppm de zinco disponível;

h. a Série Bairrinho apresenta conteúdo de zinco disponível menor do que 0,5 ppm;

i. nem sempre se observou a diminuição do zinco disponível com a profundidade.

j. observou-se correlação entre a quantidade de zinco disponível e pH do solo, zinco disponível e Matéria Orgânica e zinco disponível e relação Zn disponível/Zn total.

RESUMO

Este trabalho foi realizado com a finalidade de se obter um levantamento do conteúdo de zinco total e disponível de alguns perfis representativos das principais séries de solos do Município de Piracicaba.

Para a obtenção do zinco total empregou-se o método da fusão alcalina de MENZEL & JACKSON (1951) e JACINTO (1966).

Para a obtenção do zinco disponível utilizou-se uma solução extratora constituída de acetato de amônio e ditizona, segundo SHAW & DEAN (1952).

Os resultados indicaram que os perfis das séries de solo estudados apresentam grande variação no conteúdo de zinco total disponível. Os perfis Latosólicos apresentam valores, geralmente, mais elevados do que os de outra natureza.

O zinco total varia pouco entre os horizontes de um mesmo perfil; enquanto que o zinco disponível tende a diminuir com o aumento da profundidade, embora existam excessões.

Procedeu-se, também ao estudo de correlação entre zinco disponível e pH do solo; tendo, o coeficiente de correlação, sido significativo, principalmente quando foram considerados, apenas os horizontes superficiais. Neste caso, a equação representativa foi a seguinte:

$$y = 0,23x - 0,34; \text{ onde: } y = \text{ppm de Zn disponível}; \\ x = \text{pH do solo.}$$

O estudo de correlação entre zinco disponível e conteúdo de matéria orgânica demonstrou significância ao nível de 5%. A equação correspondente é a seguinte:

$$y = 0,176x + 0,024; \text{ onde: } y = \text{ppm de Zn disponível}; \\ x = \text{arc.sen } \sqrt{C\%}$$

O estudo da correlação entre zinco disponível e a relação Zn disponível/Zn total demonstrou significância, o que quer dizer que, quanto maior a relação entre as duas formas de zinco, maior é a capacidade de fornecimento deste elemento.

Esta correlação é representada pela seguinte equação:
 $y = 0,084x + 0,276; \text{ onde: } y = \text{ppm de Zn disponível}$
 $x = \text{arc.sen Zn disponível/Zn total.}$

SUMMARY

This paper deals with a survey on total and available zinc content of some soil profiles representing sixteen soil series of the Piracicaba Municipality, State of São Paulo, Brazil.

Soil samples were selected from horizons of all the profiles.

Total zinc content was extracted by alkaline fusion, according to MENZEL & JACKSON (1951) and JACKSON (1966).

Available zinc was extracted by ammonium acetate and ditizone method, according to SHAW & DEAN (1952).

The determination of both total and available zinc content was carried out by the ditizone method.

The results showed the total and available zinc content ranging widely from soil to soil.

In general, the total zinc is quite uniform throughout soil profiles and the available zinc accumulates at the surface.

Significant correlation was observed between available zinc and soil pH. This relation can be expressed mathematically in the following form:

$$y = 0,23x - 0,34;$$

where y is ppm of the available zinc and x is the soil pH.

The correlation between available zinc and organic matter is also significant. This relation can be expressed as follows:

$$y = 0,176x + 0,024;$$

where y is ppm of available zinc and x is $\text{arc. sen } \sqrt{C\%}$.

Significant correlation was also observed between available zinc and available Zn/total Zn ratio. This relation can be expressed in the following mathematical form:

$$y = 0,084x + 0,276$$

where y is ppm of available zinc and x is $\text{arc. sen } \sqrt{\text{available Zn/total zinc}}$.

BIBLIOGRAFIA

- BROWN, A.L. & B.A. KRANTS, 1960. *Calif. Agr.* 14(6): 8-9.
- BROWN, A.L., B.A. KRANTS & P.E. MARTIN, 1962. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 26: 167-170.
- BROWN, A.L., B.A. KRANTS & J.L. EDDINGS, 1970. *Soil Sci.* 110: 415-420.
- BROWN, A.L., J. QUICK & J.L. EDDINGS, 1971. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35: 105-107.
- DOLAR, S.G. & D.R. KEENEY, 1971. *J. Sci. Food Agr.* 22: 273-278.
- GRANER, E.A., 1952. *Como aprender estatística*, Bibl. Agronômica Melhoramentos, n.º 13. São Paulo.
- HIBBARD, P.L., 1940b. A soil zinc survey in California. *Soil Sci.* 49: 63-42.
- HODGSON, J.F., 1963. Chemistry of the micronutrient elements in soils. *Adv. in Agronomy* 15: 119-154.
- HOLMES, R.S., 1945. Ca and Zn contents soils of the United States. *Soil Sci.* 56: 356-370.
- LAUER, D.A., 1971. Ph.D. Thesis. Colorado State University, Fort Collins, Univ. Microfilms, Ann Arbor, Michigan (Diss Abstr.).
- MARTENS, D.C., G. CHESTERS & L.A. PETERSON, 1966. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 30: 67-69.
- MASSEY, H.F., 1957. *Soil Sci.* 83: 123-129.

- MENZEL, R.G. & M.L. JACKSON, 1951. Determination of copper and zinc in soils or plants. **Analytical Chemistry** 23: 12-1861-1863.
- MITCHELL, R.L., 1964. Trace elements in soils. In Chemistry of Soil, 2nd ed., ACS monograph n.º 160, edited by F.E. BEAR, Reinhold Publ. Co., New York.
- NAIR, G.G.K. & B. MEHTA, 1959. Status of zinc in soils of Western India. **Soil, Sci.** 87(3): 155-160.
- PIMENTEL GOMES, F., 1963. **Curso de Estatística Experimental**, 2.a ed., Instituto de Genética, E.S.A. «Luiz de Queiroz», Piracicaba.
- SAINZ, J.F.S. & E.S. BORNEMISZA, 1961. Análisis Químico de Suelos. Métodos de laboratorio para diagnosis de fertilidad. Departamento de Energia Nuclear, Instituto de Ciências Agrícolas de 1a OEA, Turrialba, C. Rica.
- SHAW, E. & L.A. DEAN, 1952. Use of dithizone as an extractant to estimate Zn nutrient states of soil. **Soil Sci.** 73: 341-347.
- STEEL, R.G.D. & J.H. TORRIE, 1960. **Principles and procedures of Statistics**, McGraw Hill Book Company.
- SWAINE, D.J., 1955. The trace element content of soils. Comn. Agric. Bur. Furn. Royal, Buk., England.
- TRIERWEILER, J.F. & W.L. LINDSAY, 1969. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 33: 49-54.
- TUCKER, T.C. & L.T. KURTZ, 1955. A comparison of several chemical methods with bio-assay procedure for extracting Zn from soils. **Soil Sci. Am. Proc.** 19: 477-481.
- VIETS, F.G.J., L.C. BOAWN & C.L. CRAWFORD, 1954. Zn content and deficient soil. **Soil Sci.** 78: 305-364.
- WEAR, J.I., 1956. Effect of soil pH and calcium on uptake of zinc by plants. **Soil Sci.** 81: 311-315.
- WEAR, J.I. & C.E. EVANS, 1968. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 32: 543-546.
- WIKLANDLER, L., 1958. The Soil - In Handbuck Der Pflanzenphysiologie, vol. IV, Die Minerallische Ernährung der Planze, Spranger Verlag, Berlin.