

INFLUÊNCIA DO TEMPO DE CONTATO E QUANTIDADE DE Zn^{2+} SOBRE A FIXAÇÃO DESSE CÁTION PELO SOLO*

RONALDO I. SILVEIRA**
FRANCISCO DE A.F. DE MELLO**

RESUMO

Foram estudados os efeitos do tempo de contato e das quantidades de Zn aplicadas sobre a fixação desse cátion por 6 solos do Município de Piracicaba, usando o ^{65}Zn como elemento traçador.

As principais conclusões obtidas foram:

- a – em todos os solos as quantidades de Zn fixadas diminuíram do 10º para o 20º dias de incubação;
- b – as quantidades de Zn fixadas cresceram à medida que as quantidades aplicadas foram aumentadas.

INTRODUÇÃO

A fixação de nutrientes de plantas pelo solo é um fenômeno de grande importância, se considerado sob o ponto de vista agrônomico.

No caso específico do zinco, muitos trabalhos já foram publicados acerca dos fatores que exercem influência sobre a fixação, exceto dois, que não têm merecido a atenção devida: o tempo de contato solo-zinco e a quantidade do metal. O estudo dos efeitos desses fatores é a finalidade deste trabalho.

REVISÃO DE LITERATURA

Como foi referido anteriormente muitos trabalhos, alguns até exaustivos, foram dedicados ao estudo dos fatores que afetam a fixação do zinco pelo solo. Recentemente, os autores da pesquisa ora relatada e colaboradores (SILVEIRA et al., 1975a; SILVEIRA et al., 1975b; SILVEIRA et al., 1975c) tiveram oportunidade de efetuar revisões bibliográficas sobre o assunto, mas nada encontraram que se referisse à influência do tempo de contato e das relações quantitativas solo-zinco.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de 6 solos do Município de Piracicaba, classificados por RANZANI et al. (1966), cujas características físicas e químicas se encontram nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

* Entregue para publicação em 6/10/1975.

** Departamento de Solos da E.S.A. "Luiz de Queiroz".

TABELA 1 – Características físicas dos solos utilizados (método da pipeta).

Solo	Argila%	Limo%	Areia%
Ibitiruna	7,10	15,95	76,95
Paredão Vermelho	3,73	2,87	93,40
Ribeirão Claro	4,53	1,34	94,13
Luiz de Queiroz	25,22	37,58	37,20
Bairrinho	35,48	39,17	25,35
Godinhos	21,70	40,08	38,22

TABELA 2 – Características químicas dos solos utilizados no ensaio.

Solos	pH	Mat. org. %	e.mg PO ₄ ³⁻ em 10 g TFSA	Teor trocável, e.mg/100 g TFSA					
				K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	CTC	I%
Ibitiruna	6,2	1,29	0,04	0,43	2,16	0,80	1,49	4,88	69,47
Paredão Vermelho	6,5	0,50	0,05	0,13	0,56	0,23	0,93	1,85	49,73
Ribeirão Claro	5,9	0,74	0,05	0,13	0,17	0,14	2,28	3,22	32,30
Luiz de Queiroz	6,3	3,08	0,05	0,16	6,61	0,56	3,75	11,08	66,16
Bairrinho	6,2	1,95	0,05	0,33	8,40	1,70	3,84	13,27	78,60
Godinhos	6,0	2,94	0,07	0,32	7,90	1,79	4,86	14,87	67,32

Porções de 10 g de cada terra receberam 4 ml de soluções contendo quantidades crescentes de Zn inerte (100, 200, 400, 800 e 1600 µg), como sulfato, e 0,70 µc de ⁶⁵Zn. Após 10 e 20 dias de incubação efetuou-se a extração do Zn solúvel utilizando-se 20 ml de uma solução 0,01 M em EDTA e 1 M em (NH₄)₂CO₃ ajustada a pH 8,6, de acordo com a técnica empregada por TRIEWELLER & LINDSAY (1969).

Alíquotas de 5 ml dos extratos foram transferidos para tubos de ensaio a fim de se proceder à determinação das atividades do ⁶⁵Zn nelas contido, em contador por cintilação sólida. Na mesma ocasião determinou-se a atividade do ⁶⁵Zn contido em 5 ml de uma solução que serviu como padrão.

A partir das contagens efetuadas sobre o padrão e extratos foram calculadas as quantidades de Zn extraídas. As diferenças entre as quantidades aplicadas e as extraídas foram consideradas como fixadas, de acordo com o conceito formulado por KARDCS (1955).

O ensaio foi efetuado com 3 repetições de cada tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quantidades de Zn fixadas após 10 e 20 dias de incubação estão contidas na Tabela 3.

TABELA 3 – Quantidade de Zn fixadas, em $\mu\text{g}/10\text{ g}$ de TFSA, médias de 3 repetições.

Solos	Quantidade de Zn aplicada, $\mu\text{g}/10\text{ g}$ de T.F.S.A.				
	100	200	400	800	1600
	10 dias				
Ibitiruna	16,17	34,80	57,24	130,88	176,16
Paredão Vermelho	16,05	31,44	55,36	95,92	161,44
Ribeirão Claro	18,16	31,44	62,88	113,20	205,12
Luiz de Queiroz	22,71	47,70	92,36	179,12	326,24
Bairrinho	32,93	60,68	113,76	232,40	377,12
Godinhos	37,50	71,20	133,72	252,88	470,08
	20 dias				
Ibitiruna	11,97	22,62	40,76	105,84	134,08
Paredão Vermelho	15,70	34,34	50,68	81,92	140,96
Ribeirão Claro	17,63	30,60	62,92	110,32	177,12
Luiz de Queiroz	23,01	40,66	88,32	171,12	296,32
Bairrinho	30,61	55,98	104,24	218,64	387,20
Godinhos	37,28	71,18	136,96	256,24	464,80

A análise de variância dos resultados obtidos é apresentada na Tabela 4.

TABELA 4 – Análise de variância dos resultados obtidos.

Causas de variação	G.L.	Q.M.	F
Doses	4	396.340,13	378,21 **
Solo	5	36.184,26	82,24 **
Época	1	5.594,16	5,43 *
Solo x Dose	20	15.692,28	14,97 **
Época x Dose	4	995,74	0,95 n.s.
Solo x Época	5	412,37	0,39 n.s.
Solo x Dose x Época	20	425,08	0,41 n.s.
Resíduo	120	1.047,93	—

Como se pode observar na Tabela 4, o teste F revelou que os efeitos de Doses e Solos foram altamente significativos (nível de 1%), enquanto que o efeito de Época o foi ao nível de 5%. A interação Solos x Dose foi também significativa ao nível de 1%. As demais interações não apresentaram significância.

Estudo da interação Solo x Dose

Devido ao fato de a interação Solo x Dose ter sido significativa, efetuou-se o desdobramento da mesma, estando os resultados obtidos apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 – Resultados do desdobramento da interação Solo x Doses, os valores representando médias das quantidades fixadas, em $\mu\text{g}/10\text{ g}$ de TFSA.

Dose $\mu\text{g}/10\text{ g}$ T.F.S.A.	Solo					
	Ibitiruna	Paredão Vermelho	Ribeirão Claro	Luiz de Queiroz	Bairrinho	Godinhos
100	14,07	15,87	17,90	22,73	31,75	37,15
200	28,71	32,89	31,03	44,21	58,33	71,20
400	54,41	53,02	62,90	90,34	108,93	134,67
800	117,68	88,49	111,75	175,34	225,53	292,27
1600	160,88	151,17	191,39	221,97	381,87	467,41

O teste de Tukey forneceu as seguintes diferenças mínimas significativas para se estudar as variações de Solos dentro da Dose:

d.m.s. a 5%. 51,18

d.m.s. a 1%. 62,25

A primeira coisa que se nota é que os solos Ibitiruna, Paredão Vermelho e Ribeirão Claro se comportaram semelhantemente em relação às 5 doses de Zn aplicadas. Também é notável que todos os solos se comportaram de modo idêntico quando tratados com as duas doses mais baixas desse elemento. Até a dose de $400\ \mu\text{g}/10\text{ g}$ de terra não houve diferenças significativas entre os solos Ibitiruna, Paredão Vermelho, Ribeirão Claro e Luiz de Queiroz.

Com referência aos solos Luiz de Queiroz, Bairrinho e Godinhos os resultados podem ser resumidos do seguinte modo:

- a – como já foi mencionado, não houve diferença, no que tange às quantidades de Zn fixadas, entre as duas primeiras doses;
- b – na dose de $400\ \mu\text{g}/10\text{ g}$ de terra também não houve diferença significativa;
- c – no tratamento correspondente a $800\ \mu\text{g}/10\text{ g}$ de terra somente o Godinhos superou os demais ao nível de 1%;
- d – no tratamento em que se empregou $1600\ \mu\text{g}/10\text{ g}$ de terra o Godinhos superou os outros dois ao nível de 1% enquanto que o Bairrinho superou o Luiz de Queiroz ao mesmo nível de probabilidade.

No que concerne ao estudo de Doses dentro do Solo, as diferenças mínimas significativas dadas pelo teste de Tukey são as seguintes:

d.m.s. a 5%. 54,18

d.m.s. a 1%. 64,36

Pode-se, em resumo, verificar que nos solos Ibitiruna, Paredão Vermelho e Ribeirão Claro as diferenças significativas começa a aparecer a partir da dose de 800 μg de Zn/10 g de terra e nos solos Luiz de Queiroz, Bairrinho e Godinhos elas começam a aparecer a partir da dose de 400 μg de Zn/10 g de terra.

Estudo do efeito de Época

Como se pode observar na Tabela 4, houve um efeito significativo de Época, ao nível de 5%. Embora as interações Época x Dose e Solo x Época não tenham sido significativas procedeu-se ao estudo dos efeitos de Época dentro de Dose e de Época dentro de Solo.

Efeitos das Épocas dentro da Dose

Os resultados dos efeitos de Época dentro da Dose acham-se apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 – Médias das Doses dentro das Épocas (10 e 20 dias), em micrograma por 10 g de TFSA.

Dose de Zn $\mu\text{g}/10\text{ g de T.F.S.A.}$	Época	
	10 dias	20 dias
100	23,79	22,70
200	46,26	42,57
400	87,20	80,39
800	179,62	157,33
1600	290,56	267,67

As diferenças mínimas significativas encontradas, pelo teste de Tukey, foram:

d.m.s. a 5%. 29,91

d.m.s. a 1%. 35,94

As comparações efetuadas entre os dados referentes aos 10 e 20 dias revelam que não houve diferença significativa dentro de uma mesma Dose.

Efeitos das Épocas dentro do Solo

Na Tabela 7 estão contidos os dados relativos aos efeitos de Época dentro de cada Solo.

TABELA 7 – Médias dos Solos dentro da Época (10 e 20 dias), em micrograma por 10 g de terra.

Solo	Época	
	10 dias	20 dias
Ibitiruna	86,67	63,63
Paredão Vermelho	70,79	65,79
Ribeirão Claro	86,16	79,83
Luiz de Queiroz	137,86	123,90
Bairrinho	163,34	159,22
Godinhos	208,05	193,02

A seguir são apresentadas as diferenças mínimas significativas aos níveis de 5% e 1% obtidas pelo teste de Tukey.

d.m.s. a 5%.34,27
d.m.s. a 1%.40,70

Observa-se que, de acordo com o teste de Tukey, não houve diferenças significativas no que reespeita à fixação de Zn entre 10 e 20 dias, para um mesmo solo.

Pode-se constatar, também, pelos dados da Tabela 7, que houve, em relação a todos os solos, uma tendência de redução das quantidades de Zn fixadas do décimo para o vigésimo dias. Uma justificativa para esse fato pode ser a seguinte: a matéria orgânica concorre para elevar a capacidade do solo de fixar Zn. Contudo, no presente caso, deve-se supor que do décimo ao vigésimo dias tenha ocorrido uma mineralização parcial do material orgânico, liberando parte do Zn que fora fixado pelo mesmo.

Efeitos de Solos dentro da Época

Com o auxílio dos dados expostos na Tabela 7, pode-se estudar o comportamento dos solos, de um modo geral, dentro dos 10 e 20 dias do ensaio. Para isso as diferenças mínimas significativas são as seguintes (teste de Tukey):

d.m.s. a 5%.23,40
d.m.s. a 1%.28,23

Nota-se que os solos Ibitiruna, Paredão Vermelho e Ribeirão Claro foram os que fixaram as menores quantidades de Zn, não diferindo entre si. Esse resultado pode ser atribuído ao fato desses solos apresentarem teores mais baixos de argila, limo, Ca^{+2} trocável e matéria orgânica bem como os menores valores de C.T.C. (ver Tabelas 1 e 2). A influência desses fatores é o de aumentar a fixação do Zn.

Provavelmente os pHs e os teores de PO_4^{-3} não exerceram influências dignas de nota na diferenciação da retenção do Zn pelos solos, porque a variação entre esses fatores, cada um de per si, não foi elevada entre os mesmos. O índice de saturação I não esclarece nada a esse respeito, embora tenha variado bastante entre os solos utilizados no ensaio.

Os solos Luiz de Queiroz, Bairrinho e Godinhos foram os que mais fixaram o Zn adicionado, cada um diferindo de maneira significativa dos demais. Pelos dados das Tabelas 1 e 2 parece lícito supor-se que limo, Mg e C.T.C. tenham exercido forte influência nesse particular.

Esses resultados concordam, de uma maneira geral, com o estudo feito por BRASIL SOBR^o (comunicação pessoal). Esse autor estudou o arrastamento do ^{65}Zn em coluna artificial de solos por uma quantidade de água equivalente a uma precipitação de aproximadamente 100 mm. Nos 16 solos utilizados, incluindo os 6 empregados no presente ensaio, o arrastamento variou de 1 cm (Bairrinho) a 9 cm (Ribeirão Claro), sendo maior nos arenosos.

CONCLUSÕES

As principais conclusões são as seguintes:

- a — em todos os solos as quantidades de Zn fixadas diminuíram do 10^o para o 20^o dias de incubação;
- b — as quantidades de Zn fixadas cresceram à medida que as quantidades aplicadas foram aumentadas.

SUMMARY

ZINC FIXATION BY SOIL AS INFLUENCED BY CONCENTRATION AND TIME OF CONTACT

Ten gram portions of each soil sample were treated with 4 ml of solutions containing increasing amounts of inert Zn (100, 200, 400, 800 and 1,600 μg) and 0.70 μc of radioactive ^{65}Zn . After 10 and 20 days of incubation, soluble Zn was extracted and the amount of Zn fixed was calculated by mean of the activity found in the extract and in a standard solution.

The results obtained from this experiment support the following conclusions:

- a — in all soils studied, the amount of Zn fixed decreased from the 10th to the 20th; however, the difference was not significant;
- b — the quantity of Zn fixed increased as the amount of Zn applied increased.

LITERATURA CITADA

- RANZANI, G., FREIRE, O. & KINJO, T., 1966. Carta de Solos do Município de Piracicaba. Centro de Estudos de Solos, ESALQ, Piracicaba.
- KARDOS, L.T., 1955. Em: Chemistry of the Soil. Editado por Firman E. Bear. Reinhold Publishing Corporation, New York.
- TRIERWELLER, J.F. & LINDSAY, W.L., 1969. EDTA – Ammonium carbonate soil test for zinc. Soils Sci. Soc. Am. Proc., 33:49-53.
- SILVEIRA, R.I., BRASIL SOBR^o, M.O.C., MELLO, F.A.F., ARZOLLA, S. & SARRUGE, J.R., no prelo, a. Influência das frações granulométricas sobre a fixação de zinco pelo solo. Anais da Esc. Sup. de Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- SILVEIRA, R.I., MELLO, F.A.F., ARZOLLA, S. & SARRUGE, J.R., no prelo, b. Influência do pH e dos teores de fosfato solúvel e matéria orgânica sobre a fixação de zinco pelo solo. Anais da Esc. Sup. de Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- SILVEIRA, R.I., MELLO, F.A.F., CRUZ, V.F. & MORAES, R.S., no prelo, c. Influência dos teores de cálcio e de magnésio trocáveis, da capacidade de troca de cátions e do índice de saturação em bases sobre a fração de zinco pelo solo. Anais da Esc. Sup. de Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba.