

AVALIAÇÃO DE EXTRATORES PARA DETERMINAR A DISPONIBILIDADE DE ZINCO NO SOLO E DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE CAFEIRO¹

Carlos Alberto Kenji TANIGUCHI, Bolsista do CNPq/PIBIC/IAPAR, chaves@pr.gov.br; Júlio César Dias CHAVES - Pesquisador bolsista do CBP&D-Café/IAPAR

RESUMO: As lavouras cafeeiras do Paraná estão implantadas em solos ácidos com baixos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , a calagem têm sido utilizada para amenizar esses problemas. A prática contínua da calagem tem causado a diminuição na disponibilidade de micronutrientes, como por exemplo, o zinco. Este trabalho tem como objetivos avaliar os extratores Mehlich 1, Mehlich 3, DTPA, HCl 0,1 N e Pasta de saturação para a determinação da disponibilidade do zinco no solo em três níveis de pH e o desenvolvimento de mudas de cafeeiro. Os tratamentos foram: 0; 5; 10; 20; 40; 100 mg dm^{-3} de Zn; 20 mg dm^{-3} Zn + resíduo vegetal e resíduo vegetal, em três níveis de pH: original do solo (4,0); 5,5 e 6,5. Como resíduo vegetal, foi utilizado folhas de café secas e moídas, na base de 10 toneladas de matéria seca por hectare. Após a incubação, foi plantado uma muda de cafeeiro Catuaí Vermelho em cada recipiente. Houve aumento significativo na matéria seca das plantas até a dose 20 mg Zn dm^{-3} , independente da dose de calcário aplicada. Os teores de zinco nas plantas aumentaram linearmente com as doses deste elemento, porém diminuíram com o aumento do pH. A extração do zinco no solo seguiu a seguinte ordem decrescente: Mehlich 1 > HCl 0,1N > Mehlich 3 > DTPA > Pasta de saturação. Todos os extratores avaliados apresentaram tendência à diminuição na extração com o aumento do pH, porém o Mehlich 3 e DTPA foram mais sensíveis à modificação da reação do solo. O zinco determinado na solução do solo, representou uma pequena fração do zinco extraído pelos diferentes extratores e diminuiu drasticamente com o aumento do pH.

PALAVRAS CHAVE: resíduo vegetal; Mehlich 1; Mehlich 3; DTPA; HCl 0,1N; pasta saturação; zinco

ABSTRACT: Liming has been the best way to reduce soil acidity. Nevertheless this practice can reduce zinc availab in the soil. The objectives of the present study were to evaluate the zinc extraction capacity of several solutions, such as Mehlich 1; Mehlich 3; DTPA; HCl 0,1N; and soil solution with three levels of pH: 4,0; 5,5 and 6,5. The treatments were 0, 5, 10, 20, 40, 100 mg dm^{-3} Zn, 20 mg dm^{-3} Zn + vegetal residue, and vegetal residue. Coffee leaf was used as vegetal residue. After the incubation one coffee seedling was planted in each plastic bag with 1,5 dm^3 of substract. There was significant increase in the plants dry matter until the dose of 20 mg Zn dm^{-3} , despite the lime dose applied. There was a linear relationship between Zn application and Zn concentration in the coffee leaves. Zn concentration however decreased with the increase of pH in the soil. On average, the amount of Zn removed by extractors was in the following order: Mehlich 1 > HCl 0,1N > Mehlich 3 > DTPA > Soil solution. The extractors DTPA and Mehlich 3 were more sensitives to the modification of the soil reaction. The zinc in the soil solution represented a small fraction of extracted Zn for the different extractors and decreased with the increase of the pH.

KEY WORDS: vegetal residue; Mehlich 1; Mehlich 3; DTPA; HCl 0,1N; soil solution, nutrition

INTRODUÇÃO

Um dos efeitos mais pronunciados da acidez do solo está no crescimento de raízes absorventes das plantas e disponibilidade de macro e micronutrientes. Os solos possuem em sua composição na camada arável apenas 0,01% Zn solúvel, disponível para as plantas. Em solos alcalinos, o nível de Zn^{2+} em solução é tão baixo que pouco será adsorvido pelo complexo de troca (Cervellini, 1981). Segundo Souza & Ferreira (1991), vários fatores afetam a disponibilidade deste elemento: Adsorção às argilas e óxidos de ferro e alumínio no solo; esses processos são influenciados pelo pH, teores de fosfato e matéria orgânica. O pH é o fator mais importante na regulação da solubilidade do Zn. A elevação do pH, a partir de determinado nível, provoca no solo a insolubilização de elementos como o Cu, Mn, Fe e Zn. A elevação de 1 unidade do pH faz com que a concentração de Fe^{2+} e Zn^{2+} , diminua, respectivamente, 1000 e 100 vezes, devido a formação de óxidos e hidróxidos menos solúveis. Chaves et al., (1984), estudando os efeitos das diferentes doses de calcário (0; 2,5; 5,0 e 10,0 t ha^{-1}) nas características químicas dos solos LEd e LRd e na produção e estado nutricional do

¹ Trabalho financiado pelo CONSÓRCIO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DOCAFÉ – CBP&D-Café
cafeeiro, observaram que o aumento nas doses de calcário aumentavam os teores de Ca e de Mg nas folhas, porém, diminuía a absorção de K, Zn e Mn pelas plantas. Os valores de Zn são influenciados pelos diferentes extratores, existindo controvérsias quanto a utilização de extratores ácidos ou quelantes. Bataglia & Raij (1989), utilizando 26 solos diferentes, concluíram que não houve diferenças entre os extratores ácidos HCl 0,1 M e Mehlich 1 (HCl 0,05 M + H₂SO₄ 0,0125 M) e os complexantes EDTA e DTPA. Camargo et al., (1982), avaliando o efeito do pH do solo na extração de micronutrientes em 24 amostras de solos do Estado de São Paulo, concluíram que o DTPA foi eficiente para Zn, Cu, Mn e Fe, diminuindo a extração com o aumento do pH, enquanto que com o Mehlich 1 não houve essa discriminação. Os objetivos do trabalho são os de avaliar a extração de Zn do solo por alguns extratores; a absorção do elemento via raiz e seu teor no caule/ folha do cafeeiro e sua influência sobre o crescimento da planta em diferentes níveis de pH.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um experimento com mudas de cafeeiro em casa de vegetação, utilizando-se o Latossolo Vermelho Escuro distrófico (LEd), textura arenosa. O solo foi analisado conforme metodologia de rotina utilizada no laboratório do IAPAR, apresentando as seguintes características químicas principais: pH (CaCl₂) 4,0; Al 1,04; H+Al 5,76; Ca 0,47; Mg 0,17; K 0,07; T 6,47 cmol/dm⁻³; V 10,97 %; e C 9,06 g dm⁻³. O calcário utilizado no experimento foi previamente analisado, apresentando as seguintes características: 29% CaO, 19% MgO e PRNT 75,1%. Foi utilizado como resíduo vegetal folhas de cafeeiro (FC) na razão de 10 t/ha, previamente secas e trituradas, sendo analisadas apresentando os seguintes resultados: N 29,96; P 1,26; K 26,30; Ca 11,89; Mg 2,73 g kg⁻¹; Cu 19,6; Zn 8,9; B 48,1; Mn 375,8 mg kg⁻¹. O trabalho experimental constou de dois experimentos, sendo o primeiro de incubação de amostras de 1 kg de solo com doses de calcário dolomítico para neutralizar 0, 20, 40, 60, 80, 100 e 200 % da acidez extraída (H+Al), afim de determinar a curva de pH. No segundo experimento foram incubados 72 vasos com 1,5 dm⁻³ de solo com calcário, zinco e resíduo vegetal, constituindo-se nos seguintes tratamentos: pH original (4,0), 5,5 e 6,5 combinado com Zn e resíduo vegetal nas seguintes doses: 0, 5, 10, 20, 40, 100 mg Zn dm⁻³, 20 mg dm⁻³ de Zn + folha de café e folha de café, totalizando 24 tratamentos em 3 repetições. Foi plantada uma muda de cafeeiro no estágio de “palito de fósforo” em cada vaso e irrigado periodicamente para manter a umidade próxima à capacidade de campo. Durante a condução do experimento, foram realizadas adubações de N, P, K e S, utilizando-se solução nutritiva nas respectivas quantidades de 500, 100, 300, 100 mg por unidade experimental e pulverizações foliares com solução a 0,3% para fornecer B. Ao final do experimento, foram coletadas amostras de solo dos tratamentos, secas ao ar e moídas para análise de zinco, utilizando-se os extratores: Mehlich 1 (HCl 0,05 M + H₂SO₄ 0,0125 M); Mehlich 3 (CH₃COOH 0,2 N + NH₄NO₃ 0,25 M + NH₄F 0,013 N + EDTA 0,001 M); HCl 0,1 N; DTPA (DTPA 0,005 M + TEA 0,1 M + CaCl₂.2H₂O 0,01 M, com o pH ajustado para 7,3) e Pasta de saturação. A determinação do zinco extraído foi através do ICP. As avaliações nas mudas foram feitas através da matéria seca produzida e absorção de Zn.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Extração de Zn pelas soluções

Na Tabela 1 encontram-se os resultados das extrações de zinco no solo. A utilização de doses crescentes de zinco provocou aumentos significativos na extração do elemento. Em geral, os extratores ácidos extraíram mais zinco que os extratores orgânicos, obedecendo a seguinte ordem decrescente: Mehlich 1 > HCl 0,1 N > Mehlich 3 > DTPA > Pasta de saturação. Embora ocorra uma diminuição na extração com o aumento do pH do solo, foi detectada redução significativa apenas nas doses mais elevadas de zinco. O DTPA mostrou ser o extrator mais sensível à modificação da reação do solo, diminuindo a extração com o aumento do pH, especialmente nas doses acima de 10 mg dm⁻³. O zinco determinado na solução do solo representou uma pequena fração do zinco extraído pelos extratores ácidos e orgânicos, diminuindo de forma drástica com o aumento do pH do solo e aumentando com as doses de zinco. Os coeficientes de correlação entre o zinco adicionado e extraído do solo pelas diferentes soluções, embora não apresentados, são altos para todos os extratores o que indica capacidade semelhante para a extração do zinco do solo. As correlações tendem a diminuir com o aumento do pH do solo para todos os extratores, especialmente com a pasta de saturação, mostrando que os valores de zinco na solução do solo diminuem com o aumento do pH.

Efeito do resíduo vegetal sobre a solubilidade do Zinco

A associação do resíduo vegetal (Folha de Café = FC) com 20 mg zinco dm⁻³ diminuiu a solubilidade do elemento determinado através da pasta de saturação em todos os níveis de pH avaliados (figura 1). Este fato se deve provavelmente à complexação do metal com os ácidos orgânicos (ligantes orgânicos) liberados

durante a decomposição do resíduo vegetal. O uso do resíduo vegetal no solo sem calcário (pH 4,0), promoveu um discreto aumento de zinco na solução do solo.

Tabela 1. Teores de zinco no solo extraído por diferentes extratores em função do zinco adicionado

Dose	Mehlich 1*			HCl 0,1 N*			DTPA*			Pasta*		
	pH 4,0	pH 5,5	pH 6,5	pH 4,0	pH 5,5	pH 6,5	pH 4,0	pH 5,5	pH 6,5	pH 4,0	pH 5,5	pH 6,5
	----- mg dm ⁻³ -----											
0	12,01 Ea	13,28 Ea	11,94 Ea	3,87 Ea	3,19 Ea	2,85 Ea	2,81 Ea	2,48 Da	1,83 Da	1,50 Da	0,40 Da	0,17 Aa
5	16,53 Da	14,84 Ea	14,55 Ea	8,68 DEa	5,52 DEa	5,43 Dea	6,01 Dea	3,63 Da	3,58 Da	3,71 Da	2,32 CDab	0,31 Ab
10	19,31 Da	18,48 Da	17,99 Da	10,51 Da	9,26 Da	9,04 Da	8,13 Da	5,38 Da	5,55 CDa	4,77 Da	3,06 CDab	0,50 Ab
20	31,07 Ca	26,45 Cb	26,57 Cb	19,48 Ca	15,68 Cab	14,99 Cb	13,98 Ca	10,29 Cb	9,15 Cb	12,10 Ca	5,22 Cb	0,98 Ac
40	54,38 Ba	52,09 Ba	51,93 Ba	45,77 Ba	42,99 Bab	39,54 Bb	30,73 Ba	26,99 Bb	22,68 Bc	28,61 Ba	8,83 Bb	1,26 Ac
100	104,96 Aa	96,66 Ab	94,68 Ab	99,63 Aa	89,90 Ab	81,22 Ac	68,51 Aa	56,91 Ab	46,09 Ac	71,19 Aa	12,70 Ab	2,46 Ac

* Teste de Tukey a 5 %: as comparações para cada valor de pH estão representadas por letras minúsculas na horizontal para cada extrator e para as doses de Zn aplicado, letras maiúsculas na vertical.

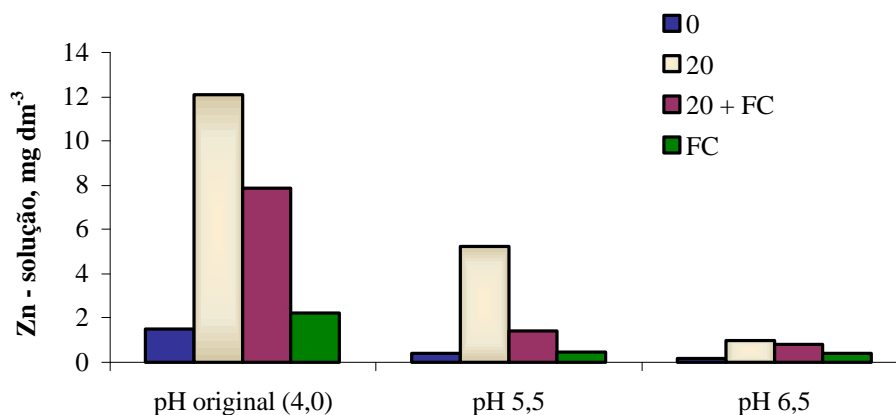


Figura 1. Efeito do resíduo vegetal sobre o teor de zinco na solução do solo em três níveis de pH

Desenvolvimento das mudas de café

A adição de calcário proporcionou pequeno aumento no desenvolvimento da planta, mostrando haver outras limitações mais fortes que o pH, Ca e Mg. A adição de quantidades crescentes de zinco provocou aumento na produção de matéria seca das mudas até a dose 20 mg dm⁻³, (Tabela 2). A partir destes valores, em todos os níveis de pH estudados, o zinco passou a ser tóxico às mudas de café, reduzindo a matéria seca e os demais parâmetros de crescimento. A associação do zinco com o calcário causou aumento no desenvolvimento das plantas somente até o pH 5,5.

Tabela 2. Desenvolvimento das mudas de café em LEd incubado com zinco

Tratamentos Zn (mg dm ⁻³)	Matéria seca (g planta ⁻¹)		
	pH original (4,0)	pH 5,5	pH 6,5
0	0,67 Cb	0,88 Ca	0,95 ABa
5	0,82 BCb	1,04 Bca	1,06 Aa
10	0,98 ABa	1,12 Ba	1,06 Aa
20	1,05 Ab	1,36 Aa	0,85 ABa
40	0,25 Db	0,62 Da	0,75 Ba
100	0,18 Dc	0,63 Da	0,43 Bb

Nutrição do cafeeiro

Os teores de zinco nas folhas e caule do cafeeiro encontram-se na Tabela 3. Os resultados mostram maior acúmulo no caule comparativamente às concentrações nas folhas. Os valores aumentam com as doses e são mais elevados no pH original (4,0) diminuindo com o aumento do pH, devido à menor disponibilidade do elemento na solução do solo com a redução da acidez. As concentrações de zinco no caule mostraram ser maiores que nas folhas. Especula-se que essa maior concentração de zinco no caule possa ser explicada pela retenção do zinco (Zn^{2+}) durante o transporte para a parte aérea, devido ao excesso de cargas negativas no xilema.

Tabela 3. Concentração de zinco nas folhas e caules do cafeeiro em função do zinco adicionado ao solo

Zn aplicado	Folhas			Caule		
	pH 4,0	pH 5,5	pH 6,5	pH 4,0	pH 5,5	pH 6,5
----- mg dm ⁻³ -----						
0	19,0	14,5	13,1	99,7	30,6	14,9
5	19,0	14,5	13,2	208,1	42,0	17,1
10	22,8	15,7	13,5	200,0	70,5	16,3
20	49,7	19,5	15,2	699,7	142,9	25,3
40	569,5	45,1	15,9	1617,0	809,8	41,3
100	642,1	257,7	17,2	2039,0	1142,0	84,7

CONCLUSÕES

Todas as soluções ácidas e orgânicas avaliadas mostraram eficiência similar na extração do Zn do solo. O aumento do pH diminuiu os teores de zinco no solo com todos os extratores utilizados. O cafeeiro apresentou maior desenvolvimento no pH 5,5 e respondeu até à dose de 20 mg dm⁻³ Zn. O resíduo vegetal diminuiu o zinco determinado na solução do solo, especialmente nos pH mais altos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BATAGLIA, O. C.; RAIJ, B. V. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise de solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 13(2) : 205 – 212, 1989.
- CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S.; DECHEN, A. R. Efeitos do pH e da incubação na extração de manganês, zinco, cobre e ferro do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 6(2) : 83 – 88, 1982.
- CERVELLINI, G. S. Micronutrientes na adubação do cafeeiro. IN: MALAVOLTA, E.; YAMADA, T.; GUIDOLIN, J. A. (coords). *Nutrição e adubação do cafeeiro*. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato : Instituto Internacional da Potassa, 1981. p.91 – 101.
- CHAVES, J. C. D.; PAVAN, M. A.; IGUE, K. Respostas do cafeeiro à calagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Rio de Janeiro, 19(5) : 573 – 582, 1984.
- SOUZA, E. C. A. de; FERREIRA, M. E. Zinco. IN: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da (editores). *Micronutrientes na agricultura*, 1988. Anais... Jaboticabal : POTAFOS/CNPq, 1991. p.219 – 242.

AVISO

ESTA PUBLICAÇÃO PODE SER ADQUIRIDA NOS
SEGUINTE ENDEREÇOS:

FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES

Edifício Sede, s/nº. - Campus Universitário da UFV
Viçosa - MG
Cep: 36571-000
Tels: (31) 3891-3204 / 3899-2485
Fax : (31) 3891-3911

EMBRAPA CAFÉ

Parque Estação Biológica - PqEB - Av. W3 Norte (Final)
Edifício Sede da Embrapa - sala 321
Brasília - DF
Cep: 70770-901
Tel: (61) 448-4378
Fax: (61) 448-4425