

NÍVEIS CRÍTICOS DE ZINCO NA PLANTA PARA O CRESCIMENTO INICIAL DE CAFÉ EM TRÊS SOLOS DE MINAS GERAIS

HARTMANN, L.K.¹; ALVAREZ, V.H.V.²; NOVAIS, R.F.²; CANTARUTTI, R.B.²; ASPIAZÚ, I.³ e RODRIGUES, D.T.⁴

-Trabalho financiado pelo CONSÓRCIO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO CAFÉ-CBP&D/Café-

¹ Aluna de Pós-graduação do Dep. de Solos, Universidade Federal de Viçosa-UFV, Av. PH Rolfs, s/n, 36571-000 Viçosa-MG, <lara@solos.ufv.br>; ² Professor do Dep. de Solos da UFV, Viçosa-MG; ³ Bolsista da FUNAPE/CBP&D-Café, Viçosa-MG;

⁴ Aluno de graduação da UFV, Viçosa, MG.

RESUMO: Amostras de três solos de Minas Gerais foram coletadas da camada superficial visando avaliar a disponibilidade de Zn no solo para café (*Coffea arabica* L.) em casa de vegetação, influenciada pela calagem e pela localização de P. As amostras de solo receberam seis doses de Zn, que variaram em função do teor de argila de cada solo. Foram estudados dois corretivos de acidez, sendo um mistura de carbonatos de Ca e Mg na proporção 4:1 mols e outro mistura de 50% de carbonatos e 50% de sais neutros de Ca e Mg, mantendo a relação molar 4:1. O P foi aplicado em três localizações: 5, 10 e 30% do volume total do vaso. Foram ajustados modelos de regressão para produção de matéria seca e teor de Zn nas folhas de café, calculando-se os níveis críticos e o coeficiente de utilização biológica no nível crítico. O conteúdo de Zn na parte aérea das plantas de café foi maior quando se utilizou a mistura de carbonatos nos solos mais argilosos. No solo menos argiloso o efeito foi contrário. O teor de Zn e a produção de matéria seca apresentaram comportamentos opostos diante da localização de P, não alterando o conteúdo de Zn da parte aérea das plantas de café.

Palavras-chave: disponibilidade de Zn, nível crítico, eficiência de utilização de Zn.

ZINC CRITICAL LEVELS IN COFFEE PLANTS FOR THE INITIAL GROWTH IN THREE SOIL OF THE STATE OF MINAS GERAIS

ABSTRACT: Samples of the state of three soils of Minas Gerais were collected from the superficial layer aiming at to evaluate the Zn availability in soils for coffee plants (*Coffea arabica*L.) under greenhouse conditions, influenced by the liming and by the location of P. The Zn was extracted by the extractors Mehlich-1, Mehlich-3 and DTPA-TEA. The soil samples received six Zn doses: 0, 5, 10, 20, 40 and 80 mg/dm³ for the clayest soils and 0, 3, 6, 12, 24 and 48 mg/dm³ for the sandiest soil. They were studied two acidity correctives, a mixture of calcium and magnesium carbonates, in the proportion 4:1 mols and

other mixture of 50% of calcium and magnesium carbonates and 50% of a mixture of neutral salts, maintaining the relationship molar 4:1. The P was applied at three locations, 5, 10 and 30% of the total of the volume of the vase. The extractive capacity varied among the extractors and the soils, result that reflects the sensibility in relation to the capacity lid of Zn. The Zn critical levels in the clayest soils were smaller than in the least clayey. The liming altered the critical levels, and there has been a larger critical level in the soil when the correction was made with carbonates mixture, in comparison with the carbonates mixture and neutral salts. The P location at 10% took at largest critical levels of Zn in the soil.

Key words: Zn disponible, critical levels, efficiency of Zn use.

INTRODUÇÃO

Sintomas de deficiência de Zn têm sido relatados em diversas áreas do mundo. No Brasil, em diversos Estados, a deficiência deste micronutriente tem sido registrada para diversas culturas, tendo-se como exemplo importante a cultura do cafeeiro. O conhecimento dos fatores que influenciam a movimentação de Zn no solo, sua disponibilidade para as plantas, o reconhecimento dos mecanismos de reação deste elemento no solo e a inter-relação com íons acompanhantes tornam-se necessários para a compreensão da dinâmica de Zn no solo e, a partir dessas informações, poder fazer recomendações de adubação cada vez mais adequadas para culturas agrônomicas. A baixa disponibilidade de Zn na expressiva parcela de solos do Brasil, o efeito negativo da calagem sobre sua disponibilidade, a controvérsia entre autores sobre a interação P x Zn e as respostas positivas das plantas à fertilização com Zn ressaltam a importância da avaliação da sua disponibilidade no solo para obtenção de elevadas produtividades das culturas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a disponibilidade de Zn para o desenvolvimento inicial da cultura do café (*Coffea arabica* L. variedade Catuaí vermelho H2077-2-5-44), influenciada pela calagem e pela localização de P no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um ensaio em casa de vegetação, que corresponde a um fatorial (3 x 2 x 3 x 6) formado de três solos (SSP – do município de São Sebastião do Paraíso, PAT – do município de Patrocínio e LAV – do município de Lavras) (Quadro 1), dois corretivos de acidez, três localizações de P e seis doses de Zn. Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos casualizados, com três

repetições. A unidade experimental correspondeu a um vaso de 5 dm³ contendo duas plantas de café por vaso. Neste ensaio, as sementes foram germinadas diretamente nos vasos, para evitar qualquer efeito de acúmulo de Zn nas mudas transplantadas. Foram estudados dois corretivos de acidez. A dose de calagem CA1 foi preparada pela mistura de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio p.a., na proporção 4:1 mols (CA1). A calagem CA2 foi preparada misturando-se 50% de CA1 e 50% de sais neutros (sulfatos, nitratos e cloretos), de cálcio e de magnésio, mantendo-se a relação molar Ca:Mg no valor de 4:1. As doses de CA1 foram calculadas com base na proposta da 5ª aproximação de recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (ALVAREZ V. e RIBEIRO, 1999). As doses de Zn variaram em função do teor de argila de cada solo, correspondendo a 0, 5, 10, 20, 40 e 80 mg/dm³ para o solo SSP e PAT e 0, 3, 6, 12, 24 e 48 mg/dm³ para o solo LAV, incorporadas no volume total de solo do vaso na forma de solução de ZnSO₄.7H₂O.

Quadro 1 - Resultados de análises químicas e físicas das amostras de solos estudados

| | pH | Al ³⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | H+Al | K | Zn ²⁺ | P | Prem | C.O. | Areia | Silte | Argila | CC |
|-----|-----|---|------------------|------------------|------|------|-------------------------------|-----|------|-------|-------------|-------|--------|-------|
| | | -----cmol _c /dm ³ ----- | | | | | -----mg/dm ³ ----- | | mg/L | dag/k | -----%----- | | | |
| | | --- | | | | | --- | | | g | | | | |
| SSP | 5,2 | 0,0 | 1,8 | 0,5 | 5,6 | 86,0 | 0,3 | 2,3 | 10,0 | 1,59 | 32 | 19 | 49 | 21,17 |
| PAT | 5,1 | 0,0 | 1,0 | 0,5 | 5,6 | 94,0 | 0,6 | 1,3 | 7,7 | 2,71 | 20 | 34 | 46 | 30,76 |
| LA | 5,2 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 2,0 | 36,0 | 0,7 | 0,7 | 22,8 | 0,19 | 69 | 6 | 25 | 10,43 |

^{1/} Extrator KCl 1 mol/L (EMBRAPA, 1997). ^{2/} Extrator Acetato de cálcio 0,5 mol/L, pH 7,0 (EMBRAPA, 1997). ^{3/} Extrator Mehlich-1 (BRAGA e DEFELIPO, 1974). ^{4/} Concentração de P da solução de equilíbrio, após agitar por uma hora o solo com CaCl₂ 0,01 mol/L, contendo 60 mg/L de P na relação 1:10 (ALVAREZ V. et al., 2000). ^{5/} Método Walkley e Black (JACKSON, 1958). ^{6/} Método da pipeta (EMBRAPA, 1997).

O P foi aplicado na forma de superfosfato triplo, na dose de 200 mg/dm³. A quantidade adicionada foi calculada para a totalidade do solo do vaso e incorporada sob três localizações, misturando em 5, 10 e 30% do volume total de solo. Nas amostras de solo coletadas antes e depois do plantio, foram determinados o Zn disponível extraído por Mehlich-1 segundo VETTORI (1969); Mehlich-3, conforme MEHLICH (1984); e DTPA-TEA, segundo LINDSAY e NORVELL (1978).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentro de cada solo, observa-se diferença na produção de matéria seca da parte aérea das plantas de café nos solos SSP e PAT. O café crescido em todos os solos respondeu à localização de P (Quadro 8) com maiores produções em resposta a uma maior localização do elemento. O solo SSP não apresentou

diferença na aplicação de P nas localizações mais elevadas (5 e 10%). Não houve resposta da produção de matéria seca à aplicação de Zn no solo nos tratamentos de localização a 5 e 30% quando se aplicou como corretivo mistura de carbonatos e sais neutros no solo PAT. Observou-se também que o conteúdo de Zn na parte aérea das plantas de café é maior quando se utilizou a mistura de carbonatos, comparando com mistura de carbonatos e sais neutros nos solos SSP e PAT. No solo LAV, o efeito é contrário (Quadro 2). Com relação à localização de P, observou-se que a localização a 5% leva a um maior conteúdo de Zn na parte aérea das plantas de café, excetuando-se a localização a 10%, quando se utiliza a mistura de carbonatos como corretivo no SSP.

Quadro 2 - Produção de matéria seca da parte aérea das plantas de café (g/vaso) e conteúdos de Zn das folhas das plantas de café (mg/vaso) e contrastes médios entre solos, tipo de corretivo dentro de solo (CA) e localização de P (LP) dentro de corretivo e dentro de solo, em média, das doses de Zn

| Solo | CA ^{1/} | Localização de P ^{2/} (%) | | | \bar{Y} ^{3/} | CAd/S ^{5/} | Contraste Solo ^{6/} | | | Contraste LP ^{7/} |
|---|-------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------------------------|---------------------|------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|
| | | 5 | 10 | 30 | | | \bar{C}_1 | \bar{C}_2 | \bar{C}_3 | |
| Peso da matéria seca parte aérea (g/vaso) | | | | | | | | | | |
| SSP | 1 | 50,31 | 49,75 | 43,59 | 47,88 | 2,77** | | | 6,44** | 0,28 |
| | 2 | 52,18 | 50,91 | 48,86 | 50,65 | | | | 2,68* | 0,63 |
| | \bar{Y} ^{4/} | | | | 49,26 | | | | | |
| PAT | 1 | 51,16 | 43,06 | 41,29 | 45,17 | 3,43** | | | 5,82** | 4,05** |
| | 2 | 43,78 | 43,17 | 38,27 | 41,74 | | | | 5,20** | 0,30 |
| | \bar{Y} | | | | 43,46 | | | | | |
| LAV | 1 | 29,41 | 24,42 | 14,68 | 22,84 | 0,34 | | | 12,24** | 2,49** |
| | 2 | 28,47 | 25,04 | 16,04 | 23,18 | | | | 10,72** | 1,71** |
| | \bar{Y} | | | | 23,01 | | | 23,35** | 2,91** | |
| Conteúdo de Zn das folhas das plantas de café (mg/vaso) | | | | | | | | | | |
| SSP | 1 | 1,18 | 1,26 | 1,12 | 1,18 | 0,02 | | | 0,09** | 0,04 |
| | 2 | 1,22 | 1,11 | 1,16 | 1,16 | | | | 0,00 | 0,05** |
| | \bar{Y} | | | | 1,17 | | | | | |
| PAT | 1 | 1,46 | 1,39 | 1,38 | 1,41 | 0,13** | | | 0,05 | 0,04 |
| | 2 | 1,39 | 1,23 | 1,23 | 1,28 | | | | 0,08* | 0,08* |
| | \bar{Y} | | | | 1,36 | | | | | |
| LAV | 1 | 0,84 | 0,67 | 0,48 | 0,66 | 0,22** | | | 0,28** | 0,08* |
| | 2 | 1,02 | 0,96 | 0,65 | 0,88 | | | | 0,34** | 0,03 |
| | \bar{Y} | | | | 0,77 | | | 0,49** | 0,09** | |

^{1/} CA1: Mistura de carbonatos de cálcio e magnésio. CA2: Mistura de carbonatos e sais neutros de cálcio e magnésio. ^{2/} Localização de P a 5, 10 e 30% do volume total de solo. ^{3/} Média de calagem considerando localização de P e doses de Zn. ^{4/} Média por solo considerando calagem, localização de P e doses de Zn. ^{5/} Efeito médio da calagem, em média, da localização de P e das doses de Zn dentro de cada solo. ^{6/} Contraste médio de solos (SSP + PAT vs. LAV; SSP vs. LAV). ^{7/} Contraste médio da localização de P (P5 + P10 vs. P30; P5 vs. P10).

Quadro 3 - Equações de regressão da produção de matéria seca da parte aérea das plantas de café (g/vaso) em função das doses de Zn (mg/dm³) e doses recomendáveis (DR), considerando os corretivos de acidez (CA) e a localização de P (LP) nos solos estudados

| Solo | CA ^{1/} | LP % | Equação de Regressão | R ² | DR mg/dm ³ |
|------|------------------|------|---|----------------|-----------------------|
| SSP | CA1 | 5 | $\bar{Y} = 43,33 + 0,973^{**} \text{Zn} - 0,01767^{**} \text{Zn}^2$ | 0,963 | 9,63 |
| | | 10 | $\bar{Y} = 41,26 + 1,274^{**} \text{Zn} - 0,02456^{**} \text{Zn}^2$ | 0,979 | 10,59 |
| | | 30 | $\bar{Y} = 37,47 + 1,973^{**} \text{Zn} - 0,09879^{**} \text{Zn}^2 + 0,001313^{\#} \text{Zn}^3$ | 0,648 | 4,43 |
| | CA2 | 5 | $\bar{Y} = 46,91 + 2,261^{**} \text{Zn} - 0,14169^{**} \text{Zn}^2 + 0,002191^{**} \text{Zn}^3$ | 0,768 | 2,56 |
| | | 10 | $\bar{Y} = 43,14 + 2,381^{**} \text{Zn} - 0,12571^{**} \text{Zn}^2 + 0,001790^{*} \text{Zn}^3$ | 0,762 | 4,23 |
| | | 30 | $\bar{Y} = 44,38 + 1,320^{**} \text{Zn} - 0,07013^{*} \text{Zn}^2 + 0,001004^{\#} \text{Zn}^3$ | 0,746 | 1,95 |
| PAT | CA1 | 5 | $\bar{Y} = 42,81 + 2,698^{**} \text{Zn} - 0,15460^{**} \text{Zn}^2 + 0,002304^{**} \text{Zn}^3$ | 0,813 | 3,96 |
| | | 10 | $\bar{Y} = 32,20 + 2,851^{**} \text{Zn} - 0,13270^{**} \text{Zn}^2 + 0,001788^{*} \text{Zn}^3$ | 0,884 | 6,83 |
| | | 30 | $\bar{Y} = 39,96 + 0,502^{*} \text{Zn} - 0,01257^{*} \text{Zn}^2$ | 0,868 | 5,58 |
| | CA2 | 5 | $\bar{Y} = 38,71 + 0,589^{*} \text{Zn} - 0,00965^{\#} \text{Zn}^2$ | 0,938 | 8,29 |
| | | 10 | $\bar{Y} = 34,51 + 1,607^{**} \text{Zn} - 0,003559^{**} \text{Zn}^2$ | 0,842 | 10,42 |
| | | 30 | $\bar{Y} = 37,56 + 0,812^{**} \text{Zn} - 0,019297^{**} \text{Zn}^2$ | 0,793 | 9,70 |
| LAV | CA1 | 5 | $\bar{Y} = 16,73 + 5,231^{**} \text{Zn} - 0,44380^{**} \text{Zn}^2 + 0,010564^{**} \text{Zn}^3$ | 0,954 | 13,21 |
| | | 10 | $\bar{Y} = 15,06 + 4,304^{**} \text{Zn} - 0,32330^{**} \text{Zn}^2 + 0,006558^{*} \text{Zn}^3$ | 0,953 | 14,84 |
| | | 30 | $\bar{Y} = 7,91 + 1,462^{**} \text{Zn} - 0,04270^{**} \text{Zn}^2$ | 0,978 | 10,20 |
| | CA2 | 5 | $\bar{Y} = 21,92 + 1,140^{*} \text{Zn} - 0,02776^{\#} \text{Zn}^2$ | 0,962 | 9,52 |
| | | 10 | $\bar{Y} = 16,73 + 1,858^{**} \text{Zn} - 0,05773^{**} \text{Zn}^2$ | 0,989 | 8,68 |
| | | 30 | $\bar{Y} = 10,04 + 1,417^{**} \text{Zn} - 0,04367^{**} \text{Zn}^2$ | 0,968 | 9,20 |

^{1/} CA1: Mistura de carbonatos de cálcio e magnésio. CA2: Mistura de carbonatos e sais neutros de cálcio e magnésio. LP: Localização de P a 5, 10 e 30% do volume total de solo adicionado ao vaso. #, *, **: Significativo a 10, 5 e 1%.

As plantas cultivadas nos solos PAT e LAV apresentaram maior teor de Zn nas folhas de café que aquelas cultivadas no solo SSP (Quadro 11), em resposta a uma maior disponibilidade de Zn nesses solos (Quadro 1). Os corretivos de acidez, em média, influenciaram a concentração de Zn na parte aérea das plantas de café nos solos SSP e LAV (Quadro 11). As localizações de P nos menores volumes de solo (5 e 10%) levaram a teores inferiores de Zn nas folhas de café, em todos os solos, quando comparados à localização em 30 % (Quadros 11 e 12). A maior produção de matéria seca com o P mais localizado (Quadro 7) levaria a uma diluição do Zn no tecido vegetal. Como o teor de Zn e a produção de matéria seca apresentaram comportamentos opostos diante das localizações, o conteúdo de Zn não foi alterado. A deficiência de Zn aumenta a permeabilidade do plasmalema das células das raízes ao P (LONERAGAN et al., 1979; PINTON et al., 1993). Assim, uma maior absorção de P em plantas deficientes em Zn pode, em parte, ser expressão de uma maior permeabilidade das células das raízes ou de uma desregulação do controle de carga para o xilema. Neste trabalho, no entanto, o teor de Zn observado nas folhas das plantas de café no solo SSP, quando corrigido com mistura de carbonatos, na maior localização de P e na dose zero de Zn, não difere sensivelmente daqueles determinados para outras combinações. Já o P está

excepcionalmente elevado, tendendo à toxidez, com sintomas de “deficiência de Zn induzida por P” (CAKMAK e MARSCHNER, 1986).

Apesar de o solo SSP não demonstrar efeito da localização de P a 5 e 10% sobre a produção de matéria seca da parte aérea e, supostamente, sobre o sistema radicular, o teor de Zn absorvido e acumulado nas folhas das plantas de café foi significativo (Quadros 11 e 12). Quando comparados os tratamentos de adição de mistura de carbonatos e carbonatos e sais neutros e as localizações de P do solo SSP com os do solo LAV, na dose zero de Zn, observou-se maior efeito da localização de P e de doses de Zn no solo LAV, em virtude da maior disponibilidade de P e Zn.

A eficiência da utilização de Zn aumentou com a mistura de carbonatos e quando o P foi localizado em 10%, excetuando-se o tratamento de localização a 5%, quando corrigido com mistura de carbonatos, para o solo PAT (Quadro 22). A maior localização de P, estimulando maior concentração de raízes em menor volume de solo, resulta em maior nível crítico de Zn, o que indica menor eficiência de utilização de Zn. Percebeu-se, no entanto, que a localização de P não altera muito a eficiência de utilização, porque a concentração de P levou a uma maior produção de matéria seca.

Considerando a localização de P no solo, observou-se que o conteúdo de Zn não é alterado e o conteúdo de P diminui com a menor localização e P no solo.

Quadro 11 - Valor médio dos teores de Zn nas folhas das plantas de café e contrastes médios entre solos, tipos de corretivo dentro do solo (CA) e a localização de P (LP) dentro de corretivo e dentro de solo, em média, das doses de Zn

| Solo | CA ^{1/} | Localização de P ^{2/} (%) | | | \bar{Y} ^{3/} | CA _d /S ^{5/} | Contraste Solo ^{6/} | | Contraste LP ^{7/} | |
|--|-------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------|----------------------------|-------------|
| | | 5 | 10 | 30 | | | \bar{C}_1 | \bar{C}_2 | \bar{C}_3 | \bar{C}_4 |
| Peso Matéria Seca Parte Aérea (g/vaso) | | | | | | | | | | |
| SSP | 1 | 27,60 | 29,55 | 31,95 | 29,70 | 1,76** | | | 3,38** | 0,98** |
| | 2 | 28,81 | 26,40 | 28,60 | 27,94 | | | | | |
| | \bar{Y} ^{4/} | | | | 28,82 | | | | | |
| PAT | 1 | 34,16 | 39,49 | 39,68 | 37,78 | 0,55** | | | 2,86** | 2,67** |
| | 2 | 38,66 | 35,09 | 41,23 | 38,33 | | | | | |
| | \bar{Y} | | | | 38,05 | | | | | |
| LAV | 1 | 31,28 | 32,36 | 34,21 | 32,62 | 9,38** | | | 2,39** | 0,54 |
| | 2 | 40,06 | 34,01 | 42,39 | 42,00 | | | | | |
| | \bar{Y} | | | | 37,31 | | | | | |
| | | | | | | | 3,87** | 4,62** | | |

^{1/} CA1: Mistura de carbonatos de cálcio e magnésio. CA2: Mistura de carbonatos e sais neutros de cálcio e magnésio. ^{2/} Localização de P a 5, 10 e 30% do volume total de solo. ^{3/} Média de calagem considerando localização de P e doses de Zn. ^{4/} Média por solo, considerando calagem, localização de P e doses de Zn. ^{5/} Efeito médio da calagem, em média, da localização de P e das doses de Zn dentro de cada solo. ^{6/} Contraste médio de solos (SSP + PAT vs. LAV; SSP vs. LAV). ^{7/} Contraste médio da localização de P (P5 + P10 vs. P30; P5 vs. P10).

Quadro 12 - Equações de regressão do teor de Zn nas folhas das plantas de café (mg/kg) em função das doses de Zn (mg/dm³), considerando os corretivos de acidez (CA) e a localização de P (LP) nos solos estudados

| Solo | CA ^{1/} | LP (%) | Equação de Regressão | R ² |
|------|------------------|--------|--|----------------|
| SSP | CA1 | 5 | $\bar{Y} = 8,12 - 3,44 \text{ Zn}^{0,5} + 2,501^{**} \text{ Zn} - 0,16739^{**} \text{ Zn}^{1,5}$ | 0,992 |
| | | 10 | $\bar{Y} = 5,68 + 1,67^{**} \text{ Zn} - 0,036^{**} \text{ Zn}^2 + 0,000389^{**} \text{ Zn}^3$ | 0,994 |
| | | 30 | $\bar{Y} = 9,85 + 1,14^{**} \text{ Zn} - 0,00515^{**} \text{ Zn}^2$ | 0,988 |
| | CA2 | 5 | $\bar{Y} = 9,09 - 6,49^{**} \text{ Zn}^{0,5} + 3,84^{*} \text{ Zn} - 0,274356^{*} \text{ Zn}^{1,5}$ | 0,999 |
| | | 10 | $\bar{Y} = 9,37 + 0,6590^{**} \text{ Zn}$ | 0,987 |
| | | 30 | $\bar{Y} = 8,58 + 1,62^{**} \text{ Zn} - 0,0328^{**} \text{ Zn}^2 + 0,000254^{*} \text{ Zn}^3$ | 0,996 |
| PAT | CA1 | 5 | $\bar{Y} = 9,27 - 5,933^{**} \text{ Zn}^{0,5} + 4,075^{**} \text{ Zn} - 0,2026^{*} \text{ Zn}^{1,5}$ | 0,969 |
| | | 10 | $\bar{Y} = 9,86 + 2,830^{**} \text{ Zn} - 0,0711^{*} \text{ Zn}^2 + 0,00059^{**} \text{ Zn}^3$ | 0,975 |
| | | 30 | $\bar{Y} = 13,86 + 0,467 \text{ Zn} + 0,0397^{**} \text{ Zn}^2 - 0,00043^{**} \text{ Zn}^3$ | 0,995 |
| | CA2 | 5 | $\bar{Y} = 9,61 + 2,499^{**} \text{ Zn} - 0,0598^{*} \text{ Zn}^2 + 0,000507^{*} \text{ Zn}^3$ | 0,974 |
| | | 10 | $\bar{Y} = 8,19 + 1,871^{**} \text{ Zn} - 0,0367^{*} \text{ Zn}^2 + 0,000315^{*} \text{ Zn}^3$ | 0,981 |
| | | 30 | $\bar{Y} = 11,07 + 1,651^{**} \text{ Zn} - 0,008793^{**} \text{ Zn}^2$ | 0,984 |
| LAV | CA1 | 5 | $\bar{Y} = 10,28 + 1,355^{**} \text{ Zn}$ | 0,987 |
| | | 10 | $\bar{Y} = 7,56 - 8,145^{*} \text{ Zn}^{0,5} + 0,673^{**} \text{ Zn} - 0,6219^{**} \text{ Zn}^{1,5}$ | 0,983 |
| | | 30 | $\bar{Y} = 7,67 - 10,11^{**} \text{ Zn}^{0,5} + 8,262^{**} \text{ Zn} - 0,798^{**} \text{ Zn}^{1,5}$ | 0,981 |
| | CA2 | 5 | $\bar{Y} = 8,86 - 5,374 \text{ Zn}^{0,5} + 7,089^{**} \text{ Zn} - 0,7119^{**} \text{ Zn}^{1,5}$ | 0,998 |
| | | 10 | $\bar{Y} = 6,93 + 4,823^{**} \text{ Zn} - 0,1444^{**} \text{ Zn}^2 + 0,001669^{**} \text{ Zn}^3$ | 0,997 |
| | | 30 | $\bar{Y} = 7,39 + 3,421^{**} \text{ Zn} - 0,0352^{**} \text{ Zn}^2$ | 0,992 |

^{1/} CA1: Mistura de carbonatos de cálcio e magnésio. CA2: Mistura de carbonatos e sais neutros de cálcio e magnésio. LP: Localização de P a 5, 10 e 30% do volume total de solo adicionado ao vaso. *, **: Significativo a 5 e 1%.

Quadro 22 - Nível crítico de Zn nas folhas das plantas de café (mg/kg) e coeficiente de utilização biológica (CUB) no nível crítico (kg/kg) em função dos corretivos de acidez (CA), da localização de P (LP) dentro de cada corretivo e dentro dos solos estudados, em média, das doses de Zn

| Solo | CA1/ CA2 | LP % | Nível Crítico | | |
|------|-------------|---------|----------------|---------|--------|
| | | | mg/kg | kg/kg | |
| SSP | CA1 | 5 | 16,53 | 60,496 | |
| | | 10 | 19,79 | 50,530 | |
| | | 30 | 14,80 | 67,567 | |
| | | | $\bar{Y}^{2/}$ | 17,04 | 58,685 |
| | CA2 | 5 | 7,41 | 134,952 | |
| | | 10 | 12,16 | 82,236 | |
| | | 30 | 11,62 | 86,058 | |
| | | | $\bar{Y}^{2/}$ | 10,39 | 96,246 |
| | | | $\bar{Y}^{3/}$ | 13,72 | 72,886 |
| PAT | CA1 | 5 | 12,00 | 83,333 | |
| | | 10 | 26,06 | 38,372 | |
| | | 30 | 17,63 | 56,721 | |
| | | | $\bar{Y}^{2/}$ | 18,56 | 53,879 |
| | CA2 | 5 | 26,51 | 37,721 | |
| | | 10 | 24,06 | 41,562 | |
| | | 30 | 26,26 | 38,080 | |
| | | | $\bar{Y}^{2/}$ | 25,61 | 39,047 |
| | | | $\bar{Y}^{3/}$ | 22,09 | 45,269 |
| LAV | CA1 | 5 | 28,18 | 35,486 | |
| | | 10 | 37,97 | 26,336 | |
| | | 30 | 33,66 | 29,708 | |
| | | | $\bar{Y}^{2/}$ | 33,27 | 30,057 |
| | CA2 | 5 | 38,86 | 25,733 | |
| | | 10 | 39,01 | 25,634 | |
| | | 30 | 35,88 | 27,870 | |
| | | | $\bar{Y}^{2/}$ | 37,92 | 26,371 |
| | | | $\bar{Y}^{3/}$ | 35,59 | 28,098 |

^{1/} CA1: Mistura de carbonatos de cálcio e magnésio. CA2: Mistura de carbonatos e sais neutros de cálcio e magnésio. LP: Localização de P a 5, 10 e 30% do volume total de solo. ^{2/} Média dos tratamentos, considerando os corretivos dentro de cada solo. ^{3/} Média dos tratamentos, considerando os corretivos e as localizações de P nos diferentes solos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAKMAK, I.; MARSCHNER, H. Mechanism of phosphorus-induced zinc deficiency in cotton. I. Zinc deficiency-enhanced uptake rate of phosphorus. **Physiol. Plant.**, Copenhagen, v.68, p.483-490, 1986.
- KALBASI, M.; RACZ, G.J.; LOEWEN RUDGERES, L.A. Mechanisms of zinc adsorption by iron and aluminum oxides. **Soil Sci.**, v.125, p.146-150, 1978.
- LINDSAY, W.L.; NORVELL, W.A. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. **Soil Sci. Soc. Am. J., Madison**, v.42, p.421-428, 1978.
- LONERAGAN, J.F.; GROVE, T.S.; ROBSON, A.D.; SNOWBALL, K. Phosphorus toxicity is a factor in zinc-phosphorus interaction in plants. **Soil Sci. Soc. Amer. J.**, Madison, v.43, p.966-972, 1979.
- MEHLICH, A. Mehlich-3 soil test extractant: a modification of Mehlich-2 extractants. **Commun. Soil Sci. Plant. Anal.**, v.15, n.2, p.1409-1416, 1984.
- PINTON, R.; CAKMAK, I.; MARSCHNER, H. Effect of zinc deficiency on proton fluxes in plasma membrane-enriched vesicles isolated from bean roots. **J. Exp. Bot.**, v.44, p.623-630, 1993.
- VETTORI, L. **Métodos de análise de solos. Rio de Janeiro:** Equipe de Pedologia e Fertilidade do Ministério da Agricultura, 1969. 24 p. (Boletim técnico, 7)