

# RESPOSTA DO CAFEIEIRO À APLICAÇÃO DE ZINCO E ÁCIDO CÍTRICO NO SOLO

Enilson B. SILVA<sup>1</sup>, Francisco D. NOGUEIRA<sup>2</sup>, Paulo T. G. GUIMARÃES<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FAFEID/Faculdades Federais Integradas de Diamantina, C.P. 38, 39.100-000, Diamantina, MG. E-mail: [ebsilva@fafeid.edu.br](mailto:ebsilva@fafeid.edu.br) <sup>2</sup>EPAMIG/Centro Tecnológico do Sul de Minas.

## Resumo:

Com o objetivo de avaliar respostas do cafeeiro quando submetido à adubação com e sem zinco em diferentes doses de ácido cítrico aplicadas via solo, foi instalado um experimento em lavoura de café localizada no Município de Aguanil - Sul de Minas Gerais – no sistema de plantio adensado em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em delineamento de blocos casualizados no esquema fatorial 2 x 4, sendo duas doses de zinco (0 e 5 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro doses de ácido cítrico (0; 0,04; 0,4 e 4,0 kg ha<sup>-1</sup>) com quatro repetições. Foram avaliadas a produção de grãos de café e o teor de Zn no solo (Mehlich 1) na safra de 2001. A produtividade de grãos de café aumentou com as doses de ácido cítrico, atingindo produtividade de máxima de 34,0 sacas ha<sup>-1</sup> com a aplicação da dose de 2,7 kg ha<sup>-1</sup> igualmente a aplicação de 5 kg ha<sup>-1</sup> de Zn com o teor de Zn disponível (Mehlich-1) de 1,5 mg dm<sup>-3</sup>.

Palavras-chave: teor, desorção, disponibilidade, ácido orgânico.

## COFFEE TREE RESPONSE TO THE APPLICATION OF ZINC AND ACID CITRIC IN THE SOIL

### Abstract:

Aiming to evaluate response coffee tree when submitted to fertilization with or without zinc in different doses of citric acid applied via soil. An experiment in coffee crop situated in the town of Aguanil – Southern Minas Gerais – in the thickened planting system on a Yellow Red Latosol distrofic in randomized block design in the 2 x 4 factorial scheme, its being two Zn doses (0 and 5 kg ha<sup>-1</sup>) and four citric acid doses (0; 0.04; 0.4 and 4.0 kg ha<sup>-1</sup>) with four replicates. The following observations were yield of coffee grains and soil Zn content (Mehlich 1) in the crop 2001. The grains productivity of the coffee tree increases with citric acid doses, attaing maxim yield of 34.0 sacks ha<sup>-1</sup> with application of 2.7 kg ha<sup>-1</sup> equally application of 5 kg ha<sup>-1</sup> of Zn with Zn content (Mehlich 1) of 1.5 mg dm<sup>-3</sup>.

Key words: critic level, desorption, availability, organic acid.

### Introdução

O cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é a principal planta cultivada no País, tanto sob o ponto de vista econômico, gerando divisas pela exportação, quanto pelo aspecto social. Até fins da década de 60, as lavouras cafeeiras eram implantadas em áreas recém-desmatadas, com média à alta fertilidade do solo, a partir de então, expandiram-se para solos “sob vegetação de cerrado”, principalmente. Assim, surgiram problemas nutricionais que levaram à busca de novas tecnologias objetivando a melhoria da produtividade.

Os micronutrientes são elementos exigidos em pequenas quantidades para a produtividade ótima da cultura (Malavolta, 1980), isto, porém, não significa que a sua importância para essa planta seja menor que a dos macronutrientes. Tal fato se fundamenta nos critérios de essencialidade dos nutrientes e na Lei do Mínimo, em que a produção é diretamente proporcional ao nutriente que se encontra em menor quantidade à disposição da planta (Raij, 1991). O uso da adubação com zinco via solo ainda não é uma prática tecnicamente recomendada na cafeicultura, pois a maioria dos trabalhos só tem encontrado respostas positivas para os solos de textura média a arenosa (Malavolta, 1993).

Vários são os fatores que podem estar interferindo, para a obtenção de resposta positiva, na aplicação do zinco via solo em cafeeiro. Dentre esses fatores podem ser citados: pH do solo, textura, óxidos de ferro, alumínio e manganês, matéria orgânica, CTC e adubação fosfatada (Couto et al., 1992).

Franco (1982) esclarece que a carência de Zn no cafeeiro não é devida apenas à sua falta no solo. Segundo este autor, o Latossolo Vermelho distroférico, no estado de São Paulo, é o que apresenta freqüente deficiência de Zn, com teores totais mais elevados (85 a 315 mg dm<sup>-3</sup>), enquanto nos solos Podzolizados de Lins e Marília, com um teor total de Zn de 16 a 30 mg dm<sup>-3</sup>, a deficiência é muito menos freqüente. Com a perda da matéria orgânica do solo, o Zn torna-se fortemente adsorvido ou fixado pela argila ou complexado com outros minerais do solo, sendo que o cafeeiro não consegue absorvê-lo. Assim, a aplicação de Zn só é eficiente na correção do solo para cafeeiros em solos arenosos. Em solos argilosos não compactados não se obtêm bons resultados aplicando-o junto ao solo, devido à forte adsorção pelos colóides.

A concentração de Zn na solução do solo e, conseqüentemente, a disponibilidade para as plantas é controlada por reações de sorção-desorção (Harter, 1991). O ácido cítrico é um ácido orgânico de baixo peso molecular (Jones, 1998) reduz a adsorção específica de Zn que é devido a difusão do íon para o interior dos óxidos de Fe (Forbes et al., 1976) pelo aumento de cargas negativas na superfície dos óxidos de Fe, tornando o Zn trocável com maior capacidade de desorção (Xue e Huang, 1995). Iyengar et al. (1981) estudando a disponibilidade de Zn para o milho, encontraram que sua adsorção

variou diretamente com as frações solúvel, adsorvida, ligada a compostos orgânicos e, inversamente, com as frações ligadas a óxidos de Fe, Al e Mn.

A disponibilidade de Zn aumentou acentuadamente com aplicação de 1 kg de ácido cítrico por ha na cultura do café na Índia (Jayarama et al., 1998). Portanto, o resultado mais expressivo advindo de sua reação no solo seria a utilização de menores quantidades de adubo pela dessorção e conseqüente redução dos custos de produção.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta do cafeeiro à aplicação de zinco e ácido cítrico via solo.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido em lavoura de café localizada no município de Aguanil ao Sul do estado de Minas Gerais, sendo a altitude da sede do município de 823 m, a latitude de 20°56'S, a longitude a 45°23'W e uma precipitação pluviométrica média anual de 1.250 mm, sendo o clima classificado com Cw, segundo Köppen (Antunes, 1986).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 1999), de textura média. Para a caracterização do solo foram coletadas amostras compostas na profundidade de 0 a 20 cm que, depois de secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm, foram analisadas química e fisicamente. Os resultados das análises são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo antes da implantação do experimento na profundidade de 0 a 20 cm.

| pH <sub>água</sub> | P                              | K  | Zn  | Ca  | Mg  | Al  | V  | Areia                         | Silte | Argila |
|--------------------|--------------------------------|----|-----|---|-----|-----|----|-------------------------------|-------|--------|
|                    | -----mg dm <sup>-3</sup> ----- |    |     | -----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----- |     |     | %  | -----g kg <sup>-1</sup> ----- |       |        |
| 4,5                | 3,0                            | 56 | 0,6 | 1,5   | 0,3 | 1,2 | 25 | 430                           | 170   | 400    |

pH<sub>água</sub> – Relação solo-água 1:2,5; P, K e Zn – Extrator Mehlich-1; Ca, Mg e Al – Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e V – Saturação por bases.

Usou-se cafezal da espécie *Coffea arabica*, L. da cultivar “Acaiaí” com uma planta por cova no espaçamento 3,5 x 0,5 m. O delineamento experimental empregado foi em blocos ao acaso em no esquema fatorial 2 x 4, sendo duas doses de zinco (0 e 5 kg ha<sup>-1</sup>) na forma de sulfato de zinco e quatro doses de ácido cítrico (0; 0,04; 0,4 e 4,0 kg ha<sup>-1</sup>) diluído em água no volume de 100 mL por cova com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída de três linhas de 10 covas, formando um total de 30 covas por parcela, sendo a parcela útil as oito covas centrais.

A adubação nitrogenada, fosfatada e potássica (básica) foi aplicada em doses recomendadas para lavoura do mesmo porte e idade segundo Guimarães et al. (1999), utilizando-se sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. As doses de ácido cítrico e adubação básica foram parcelados em quatro vezes iguais no período de adubação referente a safra 2001. A aplicação de micronutriente foi, via solo, as doses de Zn e 5 kg ha<sup>-1</sup> de B na forma de sulfato de zinco e bórax em dezembro de 2000, respectivamente. Foram feitos os controles fitossanitários e tratos culturais recomendados para cultura.

Foi avaliada a produção de grãos das oito covas úteis, colhidos por derriça no pano, quando apresentaram aproximadamente 5% de frutos verdes. As amostras foram secas em terreiro cimentado, pesadas e beneficiadas. A quantidade de café beneficiado, por parcela útil, foi convertida em produção de sacas de 60 kg por hectare e avaliada na safra 2001.

As análises de solo foram feitas em amostras retiradas antes da arruação na faixa adubada, na profundidade de 0 a 20 cm (Malavolta, 1992) com seis subamostras para formar uma amostra composta por parcela útil, para determinação do teor de Zn disponível, pelo Mehlich-1.

Os dados de produção de grãos de café e teor de Zn disponível no solo foram submetidos à análise de variância. As equações foram ajustadas à produção de grãos de café em função das doses de ácido cítrico aplicadas no solo. A partir das equações obtidas, estimaram-se as doses para máxima produção de grãos de café. Os teores de Zn disponíveis no solo necessários à obtenção da produção máxima foram estimados através das equações que relacionam as doses de ácido cítrico com seus teores no solo.

## Resultados e discussão

O cafeeiro respondeu positivamente em produtividade de grãos à aplicação de Zn e ácido cítrico no solo. Os resultados e as equações de regressão da produtividade de grãos colhidos sob o efeito dos tratamentos, encontram-se na Tabela 2 e Figura 1, respectivamente.

O modelo quadrática base raiz quadrada foi o que melhor explicou a variação na produtividade de grãos de café à aplicação de ácido cítrico sem adição de Zn no solo e linear de redução da produtividade com aumento das doses de ácido cítrico com a aplicação de Zn (Fig.1). A produtividade máxima de grãos de café de 34,0 sacas ha<sup>-1</sup> foi alcançada com a dose de 2,7 kg ha<sup>-1</sup> de ácido cítrico sem aplicação de Zn no solo. Por outro lado, com aplicação de Zn no solo, a produtividade máxima de 27,9 sacas ha<sup>-1</sup> foi alcançada sem aplicação de ácido cítrico.

Tabela 2. Produtividade de grãos de café e teor de Zn no solo (Mehlich-1) em função das doses de ácido cítrico nas condições sem e com zinco.

| Ácido cítrico       | Produtividade          |        | Zn no solo          |                 |                     |                 |
|---------------------|------------------------|--------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
|                     | Sem Zn                 | Com Zn | Sem Zn              |                 | Com Zn              |                 |
| kg ha <sup>-1</sup> | sacas ha <sup>-1</sup> |        | mg dm <sup>-3</sup> | % <sup>1/</sup> | mg dm <sup>-3</sup> | % <sup>1/</sup> |
| 0                   | 10,45                  | 26,44  | 0,70                | 100             | 1,15                | 164             |
| 0,04                | 22,19                  | 29,44  | 0,95                | 136             | 1,56                | 223             |
| 0,4                 | 24,33                  | 26,75  | 1,20                | 171             | 1,96                | 280             |
| 4,0                 | 33,15                  | 18,37  | 1,50                | 214             | 2,46                | 351             |
| CV (%)              | 20,5                   |        | 15,3                |                 |                     |                 |

<sup>1/</sup> Porcentagem em relação ao tratamento sem aplicação de ácido cítrico e zinco

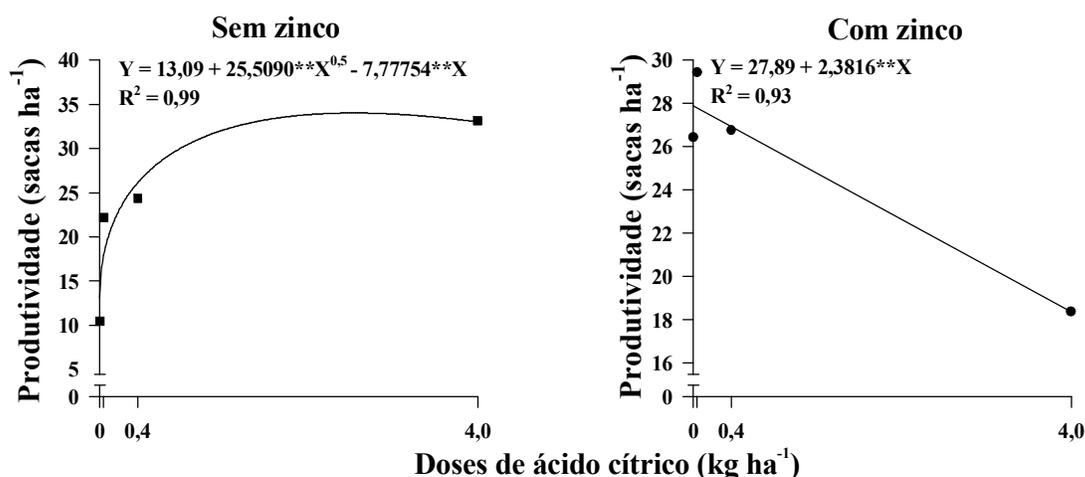


Figura 1. Produtividade de grãos de café em função das doses de ácido cítrico sem e com aplicação de zinco no solo (\*\*significativo a 1% pelo teste de t)

Estes resultados podem ser explicados pela ação do ácido cítrico em reduzir a adsorção específica de Zn aos óxidos cristalinos (Forbes et al., 1976) pelo aumento de cargas negativas na superfície dos óxidos, tornando o Zn trocável com maior capacidade de dessorção (Xue e Huang, 1995), sendo que o Zn aplicado em ensaios de longa duração (5 a 20 anos) encontra-se, predominantemente, ligado às formas de óxidos de Fe e de Al (Ma e Uren, 1997).

Por outro lado, se a aplicação de Zn recentemente (30 a 360 dias), os maiores teores estão na forma trocável e solúvel em água (Ma e Uren, 1997) e o ácido cítrico o manteve ainda mais trocável no período experimental. Desta forma, as taxas de recuperação de Zn pelo extrator Mehlich-1 com aumento das doses de ácido cítrico pela aplicação de Zn no solo foram mais elevadas em relação sem aplicação de Zn (Tabela 2). Esta elevação da disponibilidade de Zn, na forma de sulfato de zinco, causaram reduções na produtividade de grãos em razão de que o limite entre o nível crítico e tóxico de micronutriente ser bastante estreito (Raij, 1991).

Os teores máximos foram obtidos pela substituição das doses máximas de ácido cítrico nas equações ajustadas para os teores de Zn disponível em função das doses de ácido cítrico aplicadas no solo (Fig. 2). O teor de Zn no solo (camada de 0 a 20 cm) obtido pelo extrator Mehlich-1 foi de 1,4 e 1,6 mg dm<sup>-3</sup> sem e com aplicação de Zn, respectivamente. Os teores máximos de Zn disponível no solo obtidos estão próximo da faixa média proposta por Alvarez et al. (1999) de 1,0 a 1,5 mg dm<sup>-3</sup> e abaixo do teor adequado para o cafeeiro proposto por Guimarães et al. (1999) de 6,0 mg dm<sup>-3</sup>.

Pelos resultados obtidos verifica-se que o Zn é apontado entre os micronutrientes como o mais importante para a cultura do cafeeiro (Malavolta, 1993). Os teores de Zn aumentaram significativamente em relação à testemunha na condição de aplicação de Zn no solo, fato esse já esperado (Tabela 2). Na condição sem aplicação, a atuação do ácido cítrico na disponibilidade desses micronutriente foi pronunciada, já que foi observado um aumento nos teores de Zn da ordem de 114%, acompanhando o incremento das concentrações de ácido cítrico adicionadas (Tabela 2). Em estudo utilizando ácido cítrico na adubação em café arábica (Jayarama et al., 1998) verificaram que o Zn pode ser mais bem utilizado quando aplicado com o ácido cítrico, fato esse evidenciado pelo aumento da concentração de Zn nos tecidos das plantas. Tornam-se necessários estudos mais profundos sobre a ação dos ácidos orgânicos de baixo peso molecular, em especial o ácido cítrico, sobre a disponibilidade de nutrientes no solo.

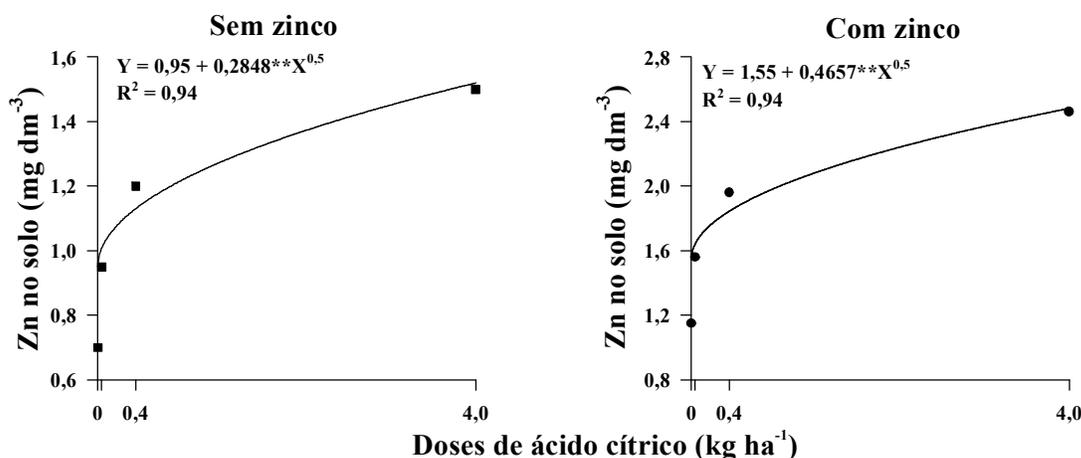


Figura 2. Teor de Zn no solo (Mehlich-1) em função de doses de ácido cítrico sem e com aplicação de zinco no solo (\*\*significativo a 1% pelo teste de t)

### Conclusão

A produtividade de grãos de café aumentou com as doses de ácido cítrico aplicadas, atingindo valor máximo de 34,0 sacas ha<sup>-1</sup> com a dose de 2,7 kg ha<sup>-1</sup> igualmente a aplicação de 5 kg ha<sup>-1</sup> de Zn com o teor de Zn disponível (Mehlich-1) de 1,5 mg dm<sup>-3</sup>.

### Referencias Bibliográficas

- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.25-32.
- ANTUNES, F.Z. Caracterização climática do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.138, p.9-13, 1986.
- COUTO, C.; NOVAIS, R.F.; TEIXEIRA, J.L.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Níveis críticos de zinco no solo e na planta para o crescimento de milho em amostras de solo com diferentes valores do fator capacidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.1, p.79-87, 1992.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação, 1999. 412p.
- FORBES, E.A.; POSNER, A.M.; QUIRK, J.P. The specific adsorption of divalent Cd, Co, Cu, Pb and Zn on goethite. **Journal of Soil Science**, Madison, v.27, p.154-166, 1976.
- FRANCO, C. M. Micronutrientes na cultura do café. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **Micronutrientes**. Campinas: Cargil, 1982. p.75-89.
- GUIMARÃES, P.T.G.; GARCIA, A.W.R.; ALVAREZ V., V.H.; PREZOTTI, L.C.; VIANA, A.S.; MIGUEL, A.E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J.B.; LOPES, A.S.; NOGUEIRA, F.D.; MONTEIRO, A.V.C. Café. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.289-302.
- HARTER, R.D. Micronutrient adsorption-desorption reactions in soils. In: MORTVERDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M. **Micronutrients in the agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p.59-88.
- IYENGAR, S.S.; MARTENS, D.C.; MILLER, W.P. Distribution and plant availability of zinc soil fractions. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.45, p.735-739, 1981.
- JAYARAMA, R.P.; SHANKAR, B.N.; SOUZA, V.M.D. Citric acid as potential phosphate solubiliser in coffee soils. **Indian Coffee**, Bangalore, 593: 13-15, 1998

JONES, D.L. Organic acids in the rhizosphere - a critical review. **Plant and Soil**, The Hague, v.205, p.25-44, 1998.

MA, Y.B.; UREN, N.C. The fate and transformations of zinc added to soils. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.35, p.727-738, 1997.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas**. São Paulo: Ceres, 1992. 124p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral**. Piracicaba: Ceres, 1980. 254p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**: colheitas econômicas máximas. São Paulo: Ceres, 1993. 210p.

RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.

XUE, J.; HUANG, P.M. Zinc adsorption-desorption on short-range ordered iron oxide as influenced by citric acid during its formation. **Geoderma**, Amsterdam, v.64, p.343-356, 1995.