

EFEITO DA APLICAÇÃO DE ÁCIDO CÍTRICO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO EM DUAS REGIÕES DISTINTAS DE MINAS GERAIS¹

Vinícius Teixeira Lemos²; Juliano Miari Corrêa³, Bruna Pereira de Souza³, Bruno Antônio Henriques Franco⁴, André Cabral França⁵; Enilson de Barros Silva⁵

¹ Trabalho financiado CNPq e FAPEMIG

² Mestrando em Produção Vegetal (PPGPV/UFVJM) – Diamantina/MG - lemosvt@yahoo.com.br

³ Graduando em Agronomia – UFVJM – Diamantina/MG - julianomiari@gmail.com; bruninha_udi@hotmail.com.

⁴ Engenheiro Agrônomo UFVJM - brunitaokz@hotmail.com

⁵ Professores UFVJM – Diamantina/MG - cabralfranca@yahoo.com.br; enilson.barros.silva@gmail.com

RESUMO: O ácido cítrico pode ser utilizado na ativação da solubilização de P, K e micronutrientes no solo de cafeeiro. Foram aplicados ao solo, cultivado com café (*Coffea arabica* L.), quatro doses de ácido cítrico (0, 1, 2 e 4 kg ha⁻¹) aplicados em dose única debaixo de um lado da planta em dois locais de cultivo em Minas Gerais (Campos Altos e Diamantina). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com duas repetições dos tratamentos em cada bloco com quatro repetições. Avaliaram-se a produtividade de grãos de café e os atributos químicos do solo. A quantidade de café beneficiado, por parcela útil, foi convertida em produção de sacas de 60 kg por hectare, sendo avaliada a safra de 2009 em ambos os locais de cultivo. As amostras compostas de solo retiradas na profundidade de 0 a 20 cm por parcela útil foram submetidas a análise química do solo. O cafeeiro apresentou melhor resposta em produção de grãos de café com doses de 1,3 kg.ha⁻¹ de ácido cítrico, com produtividade máxima de 34,4 sacas ha⁻¹ em Campos Altos, e, 3,0 kg.ha⁻¹ com produtividade máxima de 28,2 sacas.ha⁻¹ em Diamantina e o uso de pequenas quantidades de ácido cítrico disponibiliza elementos essenciais para a planta como K e P. Além de ter o potencial de complexação de Al no solo, não influenciou o pH e nem o C.O. do solo.

Palavras-Chave: ácido orgânico, *Coffea arabica*, sustentabilidade.

EFFECT OF CITRIC ACID IN CHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL AND ON COFFEE IN TWO DISTINCT REGIONS OF MINAS GERAIS

ABSTRACT: Citric acid can be used as the activation for the solubilization of P, K and micronutrients in the soil. There were applied to the soil, cultivated with coffee (*Coffea arabica* L.), four doses of citric acid (0, 1, 2 and 4 kg ha⁻¹) applied in a single application under one side of the plant, cultivated at two sites in Minas Gerais. The experimental design was randomized blocks with two replications of treatments, and each block with four replications. It's been evaluated the productivity of coffee beans and soil chemical properties, the amount of green coffee per plot was converted into the production of bags of 60 kg per hectare, assessing the 2009 harvest in both cultivation sites. Composite soil samples were taken in the 0 to 20 cm per plot were subjected to chemical analysis of soil. The coffee had a better response in production of coffee beans with doses of 1.3 kg ha⁻¹ of citric acid, with maximum yield of 34.4 bags ha⁻¹ in Campos Altos, and 3.0 kg ha⁻¹ with maximum yield of 28.2 bags.ha⁻¹ in Diamantina. The use of small amounts of citric acid provides the essential elements for the plant, such as K and P. Besides having the potential complexation of Al in the soil, the citric acid application did not influence pH or soil CO.

Key words: Organic acid, *Coffea arabica*, sustainability.

INTRODUÇÃO

O ácido cítrico é um ácido orgânico de baixo peso molecular. E estes ácidos orgânicos são compostos orgânicos hidrossolúveis. Tais compostos muitas das vezes podem ser decorrentes da decomposição de resíduos vegetais (Franchini et al., 2001). Esses compostos possuem radicais funcionais que os tornam capazes de formar complexos orgânicos com Al, Ca e Mg (Pearson, 1966).

Estudos realizados na Índia com a cultura do café por Jayarama et al. (1998) mostram que a disponibilidade de K, P e Zn, aumenta acentuadamente com a aplicação de 1 kg de ácido cítrico por ha, misturado com o NPK na fórmula normalmente utilizada para fertilização do solo. O mesmo autor infere que o ácido cítrico não altera a acidez do solo (pH). O grande triunfo de tal prática seria a redução nas quantidades de adubo e como consequência a redução no custo de produção.

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da aplicação de ácido cítrico na produtividade do cafeeiro e nos atributos químicos do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento foi realizado em Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2006) fase Cerrado, em Campos Altos (MG) na Fazenda Inhame com as seguintes características químicas e físicas (pH= 4,8; P= 0,7 mg dm⁻³; K= 162 mg dm⁻³; Ca=2,4 cmol_c dm⁻³; Mg=1,0 cmol_c dm⁻³; Al=0,4 cmol_c dm⁻³; V=42%; M.O.= 33 g kg⁻¹; Areia= 370 g kg⁻¹; Silte= 150 g kg⁻¹; Argila= 480 g kg⁻¹). A altitude do local de cultivo é de 1.050 m, a latitude de 19°41'45''S, a longitude de 46°10'15''W e a precipitação pluviométrica média anual de 1.830 mm, o clima é classificado como Cwa. O outro experimento foi conduzido em Argissolo Amarelo distrófico plúntico (Embrapa, 2006), fase Campo de Altitude, em Diamantina (MG) na Fazenda Forquilha tendo as seguintes características químicas e físicas (pH= 5,6; P= 6,3 mg dm⁻³; K= 108 mg dm⁻³; Ca=3,2 cmol_c dm⁻³; Mg=1,1 cmol_c dm⁻³; Al=0,2 cmol_c dm⁻³; V=42%; M.O.= 32 g kg⁻¹; Areia= 560 g kg⁻¹; Silte= 180 g kg⁻¹; Argila= 260 g kg⁻¹). A altitude do local de cultivo é de 1.219 m, a latitude de 18°31'31''S, a longitude é 43°51'19''W e a precipitação pluviométrica média anual de 1.082 mm, e classificação climática Cwb.

Foram utilizados cafezais da espécie *Coffea arabica* L. da cultivar Catuaí Vermelho, com uma planta por cova. Os cafeeiros apresentavam-se com 4 anos cultivados no espaçamento 4,0 x 0,8 m e 7 anos de idade no espaçamento 3,8 x 0,7m nos municípios de Campos Altos e Diamantina, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com duas repetições dos tratamentos por bloco com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por quatro doses de ácido cítrico (0, 1, 2 e 4 kg ha⁻¹) aplicados em dose única debaixo de um lado da saia da planta com um volume de calda de 400 L ha⁻¹ em dezembro de 2008 em cada local de cultivo.

As adubações de NPK e micronutrientes foram recomendadas para lavoura do mesmo porte e idade segundo Guimarães et al. (1999). Os tratamentos culturais foram os recomendados para cultura do cafeeiro.

Avaliou-se a produção de grãos e análise química na profundidade de 0 a 20 cm na projeção da copa na parcela útil. As análises químicas do solo foram pH em água; Ca, Mg e Al extraídos pelo KCl 1mol L⁻¹; P e K pelo Mehlich-1 e carbono orgânico pelo método colorimétrico (Silva, 2009).

Os dados de produtividade de grãos de café foram submetidos à análise de variância e estudos de regressão em função das doses de ácido cítrico aplicadas no solo para cada local de cultivo para os nutrientes P e K. Os demais dados de atributos químicos do solo foram testados pelo teste de Scott & Knott a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância verifica-se que houve interação significativa entre os locais de cultivo e as doses de ácido cítrico aplicadas no solo sobre a produtividade de grãos de café. Na comparação da produtividade em cada local, observa-se que, em Campos Altos, foi obtido o maior valor de produtividade de 34,3 sacas ha⁻¹ na dose de 1,0 kg ha⁻¹ de ácido cítrico e quando analisado em relação a testemunha; a produtividade foi superior em 14%, valor este, próximo aos relatados por Jayarama et al. (1998) que observaram incrementos de 5 a 7% sobre a produtividade de café, com uma aplicação recomendada de 1,5 kg de ácido cítrico por ha⁻¹. Neste experimento, fez-se uma estimativa da produtividade máxima de 34,4 sacas ha⁻¹ quando aplica-se 1,3 kg ha⁻¹ de ácido cítrico ao solo neste local de cultivo (Figura 1).

Em Diamantina, observou-se maior produtividade na dosagem entre 3,0 kg de ácido cítrico por ha, atingindo um incremento de 30% de produtividade em relação à testemunha, com valor de produtividade máxima de 28,2 sacas ha⁻¹, (Figura 1). Sendo esta melhor resposta, a produtividade é explicada pelo teor de P e K baixos encontrados neste solo, e que, a planta começa a ser responsiva a partir de dosagens maiores de ácido cítrico com a solubilização do P adsorvido no solo (Jayarama et al., 1998).

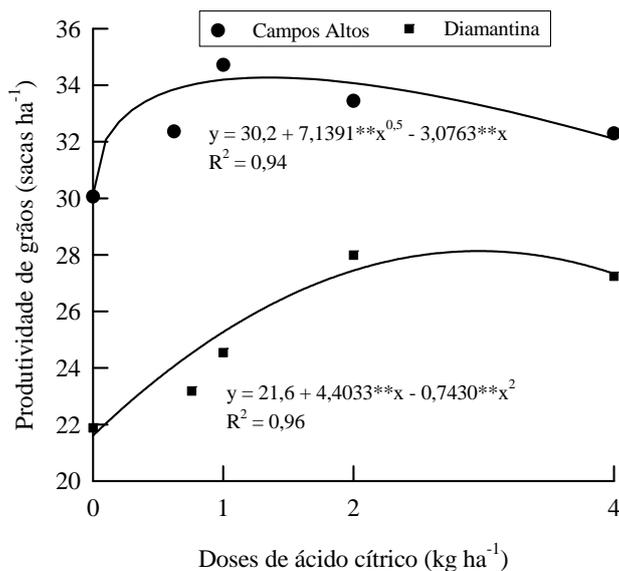


Figura 1 - Relação entre produtividade de grãos de café em função de aplicação de ácido cítrico no solo em dois locais (** significativo a 1% pelo teste de t).

No caso do pH do solo, não houve diferença significativa entre os tratamentos com ácido cítrico em nenhum local do experimento (Tabela 1). Fato este já afirmado por Jayarama et al. (1998) de que, o ácido cítrico não altera o pH do solo.

Os níveis de P no solo, apresentaram diferenças significativas para a região de Campos Altos, com variações de 12,9 a 60,2 mg dm⁻³ de P no solo. Sendo que, na aplicação com 2,0 e 4,0 kg de ácido cítrico ha⁻¹ foram os menores níveis encontrados no local (Tabela 1) e (Figura 2). Segundo Marchi et al. (2006), os Latossolos, por serem mais intemperizados, adsorvem mais ânions orgânicos do que um Argissolo. Tal fato pode também ser explicado pela absorção deste nutriente na planta (Malavolta et al., 1997). No local de cultivo do cafeeiro em Diamantina, não foi verificada diferença nos níveis de P no solo em função da aplicação de ácido cítrico (Tabela 1) e (Figura 2).

Os teores de K no solo reduziram com aumento das doses de ácido cítrico em Campos Altos (Tabela 1) e (Figura 3), pois, provavelmente há uma formação de par iônico promovendo a lixiviação de K no perfil do solo devido a elevadas doses de ácido cítrico aplicadas. Relatam-se na literatura também que, os efeitos de ácidos orgânicos na cinética de liberação de K foram maiores para o Latossolo do que para o Argissolo a curto prazo, mas, a longo prazo, a disponibilidade é maior no Argissolo (Silva et al., 2008). E, por consequência destas reações, reduz a capacidade dos ácidos orgânicos para atuarem como extratores efetivos de K no solo. Na lavoura de Diamantina não houve diferença significativa entre os tratamentos nas quantidades de K no solo (Tabela 1) e (Figura 3). Resultados semelhantes em solo com a cultura do trigo, foi relatado por Costa et al. (2009) que, devido ao curto tempo de avaliação do experimento, afetou a capacidade de expressão dos ácidos orgânicos presentes em um produto comercial, chamado Biotech®.

Em Campos Altos, verificou-se que os níveis de Ca e Mg que, apesar de se diferenciarem estatisticamente nos tratamentos, não foram válidos porque, antes da aplicação nos locais de tratamentos de 0 e 1,0 kg ha⁻¹ de ácido cítrico já tinham teores de Ca e Mg maiores que os demais. Para Diamantina, os níveis de Ca e Mg não se diferenciaram entre os tratamentos (Tabela 1).

O teor de Al em Campos Altos não se diferenciou nos tratamentos aplicados (Tabela 1). Em Diamantina houve diferença significativa com redução nos tratamentos 0 e 4,0 kg ha⁻¹ em relação aos demais, fatos estes explicados no tratamento de 4,0 kg ha⁻¹ por aumentar a estabilidade com o Al e tornando este elemento menos disponível na solução do solo. Estudos na Índia verificaram que os índices de estabilidade de Al e complexos de Mn, com ácido cítrico são muito grandes em relação ao complexo de Zn, fato este que, aumentou a disponibilidade de Zn e diminuiu os de Mn e Al (Jayarama et al., 1998). E na testemunha por já ter teores altos de Al antes da aplicação, não se nota diferença entre os tratamentos.

A capacidade de troca de cátions potencial (CTC a pH 7,0) se diferenciou estatisticamente, pois, acompanhou as maiores produtividades do cafeeiro em cada local de cultivo (Tabela 1), ou seja, as plantas responderam com maior incremento de produção pela maior quantidade de nutrientes disponíveis a ela. Em Campos Altos, o maior valor de CTC está associado com a produtividade mais elevada na dose de 1,3 kg ha⁻¹ de ácido cítrico. Já em Diamantina-MG com a dose de 3,0 kg ha⁻¹ de ácido cítrico com valor médio de CTC, segundo classificação feita por Guimarães et al. (1999) para a cultura do café.

Na saturação por bases (V%), não houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados em ambos os locais de cultivo (Tabela 1), sendo os valores adequados para o cafeeiro segundo Malavolta et al. (1997).

O teor de carbono orgânico (C.O.) no solo estão nas faixas adequadas, não se diferenciando estatisticamente entre si em Campos Altos (Tabela 1). Em Diamantina-MG, houve diferença significativa no tratamento de aplicação de 4,0 kg ha⁻¹ de ácido cítrico, pois, já havia maior teor de carbono orgânico nestas parcelas, antes da aplicação dos tratamentos (Tabela 1). Mas, é importante salientar que, em solos com alto teor de carbono orgânico, a adsorção de compostos orgânicos de baixo peso molecular, no caso, o ácido cítrico, ocorre, em sua maioria, em superfícies orgânicas, embora, tanto superfícies minerais quanto orgânicas, nestas condições, estariam envolvidas em adsorção (Schnitzer & Khan, 1978).

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo em função da doses de ácido cítrico (AC), via solo, em dois locais de cultivo do cafeeiro.

Doses AC ----- kg ha ⁻¹ -----	pH _{água}	P ⁽¹⁾ ----- mg dm ⁻³ -----	K ⁽¹⁾	Ca ⁽²⁾	Mg ⁽²⁾	Al ⁽²⁾	CTC ⁽³⁾ pH 7,0	V ⁽⁴⁾ %	C.O. ⁽⁵⁾ g dm ⁻³
Campos Altos									
0	6,5 a	60,2 a	161,1 a	7,7 a	3,9 a	0,1 a	13,3 a	90 a	31,4 a
1	6,6 a	47,4 a	182,6 a	8,1 a	2,4 b	0,2 a	12,4 a	88 a	29,7 a
2	6,6 a	31,4 b	173,8 a	6,6 b	2,5 b	0,1 a	11,3 b	84 a	31,5 a
4	6,4 a	12,9 b	130,5 b	5,7 b	2,2 b	0,4 a	10,2 b	80 a	31,2 a
Diamantina									
0	6,9 a	3,6 a	57,4 a	3,6 a	1,3 a	0,7 b	8,0 a	61 a	23,0 b
1	6,8 a	3,5 a	58,1 a	2,5 a	1,2 a	1,1 a	7,0 b	51 a	24,8 b
2	6,8 a	2,5 a	52,0 a	2,3 a	1,3 a	1,0 a	6,6 b	51 a	25,0 b
4	7,1 a	3,4 a	47,5 a	3,7 a	1,7 a	0,5 b	8,5 a	62 a	28,3 a
Média	6,7	20,6	107,8	5,0	2,0	0,5	9,7	71	28,0
CV (%)	6,3	117,7	28,8	28,4	38,6	52,5	15,0	17,1	9,8

⁽¹⁾Extrator Mehlich-1. ⁽²⁾Extrator KCl 1 mol L⁻¹. ⁽³⁾Capacidade de troca de cátions. ⁽⁴⁾Saturação por bases. ⁽⁵⁾Carbono orgânico pelo método colorimétrico. Médias seguidas pela mesma letra na coluna dentro de local não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5%.

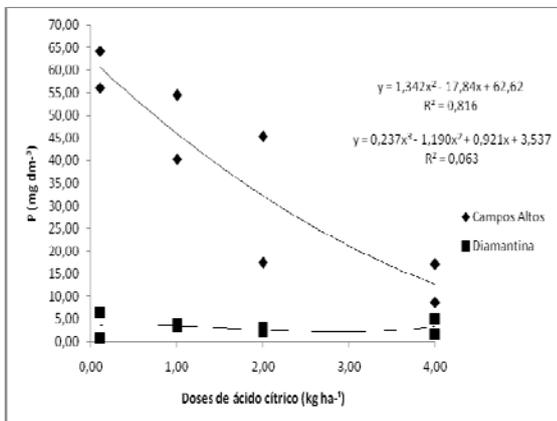


Figura 2 - Relação entre teores de P (mg dm⁻³) em dois solos de cafeeiros em função da aplicação de ácido cítrico.

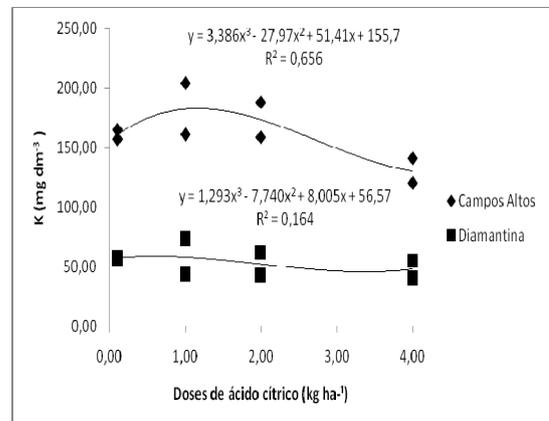


Figura 3 - Relação entre teores de K (mg dm⁻³) em dois solos de cafeeiros em função da aplicação de ácido cítrico.

CONCLUSÕES

1) O cafeeiro apresentou melhor resposta em produção de grãos de café com doses de 1,3 kg ha⁻¹ de ácido cítrico, com produtividade máxima de 34,4 sacas ha⁻¹ em Campos Altos, e, 3,0 kg.ha⁻¹ com produtividade máxima de 28,2 sacas.ha⁻¹ em Diamantina.

2) O uso de pequenas quantidades de ácido cítrico disponibiliza elementos essenciais para a planta como K e P. Além de ter o potencial de complexação de Al no solo. Entretanto, o ácido cítrico não influenciou o pH e os teores de carbono orgânico do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTA, L. M.; CABRAL, J. S. R.; SOUCHIE, E. L.; SILVA, F. G. & CAPRONI, A. L. Ácidos orgânicos, fungos solubilizadores de fosfato e fosfato de ARAD na cultura do trigo em solo de cerrado. In: Gl. Sci. Technol., 2(1): 49-59, 2009.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Produção de Informação, 2006. 306p.
- FRANCHINI, J. C. ; VILA, F. G. ; CABRERA, F. & MIYAZAWA, M. ; B PAVAN, M. A. R. Transformations of plant water soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid soil. *Plant and Soil*, 231:55-63, 2001.
- 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. Cafeeiro. 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.289-302.
- JAYARAMA; SHANKAR, B.N; VIOLET, M.D.S. Citric acid as a potential phosphate solubiliser in coffee soils. *Indian Coffee*, 12: 13-15, 1998.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARCHI, G.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; CHANG, A. C. & FONTES, R. L. Adsorption/desorption of organic anions in Brazilian Oxisols. *Comm. Soil Sci Plant. Anal.*, 37:1367-1379, 2006.
- PEARSON, R. G. Acids and Bases. *Science*, 151: 172-177, 1966.
- SCHNITZER, M. & KHAN, S. U. Soil organic matter developments in soil science. New York, Elsevier Scientific Publishing Company, 1978. 319p.
- SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília, Embrapa Informações Tecnológicas, 2009. 627p.
- SILVA, V. A.; MARCHI, G.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.de; NOGUEIRA, F. D. & GUIMARAES, P. T. G. In: Kinetics of K release from soils of Brazilian coffee: effect of organic acids. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 32:533-540, 2008.