

# NOTA

## TEOR DE ZINCO NO CAFÉ COMO VARIÁVEL DA DISPONIBILIDADE NO SOLO E EXTRATOR<sup>(1)</sup>

José Laércio Favarin<sup>(2)</sup>, Godofredo Cesar Vitti<sup>(3)</sup>, Durval Dourado Neto<sup>(4)</sup>, José Laércio Favarin Junior<sup>(5)</sup> & Paula Rodrigues Salgado<sup>(6)</sup>

### RESUMO

No Brasil são cultivadas duas espécies de café: *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre. As pesquisas com adubação com Zn têm sido feitas, principalmente, com cultivares arábica. Esta pesquisa foi realizada com objetivo de obter a relação entre os teores de Zn disponível pelos extratores DTPA e Mehlich-1 em plantas de *C. arabica* cv. Mundo Novo IAC 379-19 (MN) e *C. canephora* cv. Apoatã IAC 2258 (AP), bem como em plantas enxertadas (MN/AP). Os tratamentos foram obtidos pelo fatorial 3 x 3, entre materiais genéticos (MN, AP e MN/AP) e doses de Zn (0, 10 e 20 mg dm<sup>-3</sup>). O teor de Zn na planta, em relação à disponibilidade do nutriente no solo, independentemente dos extratores, varia com a espécie e a combinação entre espécies e a enxertia. Os extratores DTPA e Mehlich-1 apresentaram eficiência semelhante para determinar o teor de Zn disponível no solo, independentemente da espécie (*C. arabica* e *C. canephora*). A absorção máxima de Zn ocorreu com teor disponível de 5,6 mg dm<sup>-3</sup> (DTPA) e 6,6 mg dm<sup>-3</sup> (Mehlich-1) para a cultivar Mundo Novo (*C. arabica*). Para a espécie *C. canephora* cv. Apoatã e nas plantas enxertadas (MN/AP), não foi estabelecida a máxima absorção de Zn, independentemente dos extratores, nas doses utilizadas no experimento.

**Termos de indexação:** *Coffea arabica*, *Coffea canephora*, enxertia, DTPA, Mehlich-1.

---

<sup>(1)</sup> Pesquisa financiada pela FAPESP, apresentada no IV Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Recebido para publicação em junho de 2005 e aprovado em junho de 2007.

<sup>(2)</sup> Professor Associado do Departamento de Produção Vegetal, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP. CEP 13418-900 Piracicaba (SP). E-mail: jlfavari@esalq.usp.br

<sup>(3)</sup> Professor Titular do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP. E-mail: gcvitti@esalq.usp.br

<sup>(4)</sup> Professor Titular do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Bolsista do CNPq. E-mail: dourado@esalq.usp.br

<sup>(5)</sup> Estagiário da Universidade Federal de Lavras – UFLA. Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras (MG). E-mail: favarin.junior@gmail.com

<sup>(6)</sup> Pós-Graduanda do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. E-mail: prsalgad@esalq.usp.br

**SUMMARY: RELATIONSHIP BETWEEN ZINC CONTENT IN COFFEE PLANTS AND SOIL AVAILABILITY ACCORDING TO THE SOIL EXTRACTANT**

Two species of coffee (*Coffea arabica* L. and *Coffea canephora* Pierre) are cultivated in Brazil, but most research on Zn fertilization to date has focused on *C. arabica*. This study was carried out to determine the functional relationship between soil Zn availability determined by DTPA and Mehlich-1 extractors and Zn content in coffee plants belonging to the species *C. arabica*, cv. Mundo Novo IAC 379-19 (MN) and *C. canephora*, cv. Apoatã IAC 2258 (AP), as well as grafted plants (MN/AP). The treatments were a 3 x 3 factorial combination of cultivars (MN, AP and MN/AP) and Zn doses (0, 10 and 20 mg dm<sup>-3</sup>). The plant Zn content, in relation to soil Zn availability, does not depend on the extractant, but varies with the coffee species or grafted species combination. The DTPA and Mehlich-1 extractants were similarly efficient to quantify the soil Zn availability, independent of the coffee species (*C. arabica* and *C. canephora*). Zn uptake peaked at soil Zn contents of 5.6 mg dm<sup>-3</sup> (DTPA) and 6.6 mg dm<sup>-3</sup> (Mehlich-1) for Mundo Novo (*C. arabica*) cultivar. Based on the Zn doses employed in the present study, the maximum Zn uptake of *C. canephora* (cv. Apoatã) and grafted plants (MN/AP) could not be determined, independently of the soil extractants.

*Index terms:* *Coffea arabica*, *Coffea canephora*, graft, DTPA, Mehlich-1.

## INTRODUÇÃO

A deficiência de Zn é muito comum na cultura de café, por isso o fornecimento deste nutriente é recomendado por órgãos oficiais (Raij et al., 1996; Ribeiro et al., 1999). As pesquisas sobre aplicação de Zn são feitas, em geral, com cultivares arábica (Grillo & Silva, 1985; Moyses, 1988; Lima Filho, 1991; Souza, 1999), embora sejam cultivadas duas espécies no Brasil: *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre.

No estudo de calibração de Zn e B com a variedade Catuaí Amarelo (*C. arabica*) utilizando vários extratores, Lima Filho (1991) verificou que a produção de matéria seca total foi maior com o fornecimento de 5 mg dm<sup>-3</sup> de Zn. O autor determinou o coeficiente de correlação entre o teor de Zn na planta e a quantidade disponível do nutriente no solo estimada por vários extratores, cujos valores (r) foram significativos e iguais a 0,64 (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup>), 0,66 (HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>), 0,87 (EDTA), 0,79 (DTPA) e 0,64 (Mehlich-1).

Para nutrição da planta, é fundamental que o Zn possa ser extraído de uma das formas disponíveis no solo: solúvel em água, trocável e quelatizado. A solução de ácidos fortes diluídos denominada Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>) pode estimar o teor de Zn solúvel e trocável, bem como parte do nutriente que está complexado ou adsorvido na superfície de minerais oxídicos de Fe e Al (Raij & Bataglia, 1989; Abreu et al., 1994).

Em trabalho realizado com 59 amostras de solos do Estado de São Paulo, Abreu et al. (1997) observaram que a solução quelante (DTPA) é um método viável para extração de Zn, cujo coeficiente de determinação foi igual a 0,64. Esse assunto, no entanto, tem sido

pouco pesquisado na cultura do cafeeiro em relação à espécie, fato que motivou a realização deste estudo.

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar o teor de Zn em plantas de duas espécies de café cultivadas no Brasil (*C. arabica* cv. Mundo Novo e *C. canephora* cv. Apoatã), bem como em plantas obtidas pela enxertia entre ambas, em função do teor de Zn disponível do solo, determinado por meio dos extratores DTPA e Mehlich-1.

## MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP.

Os tratamentos constituíram um fatorial 3 x 3, em que foram combinados três materiais genéticos (MN: *C. arabica*, cv. Mundo Novo IAC 379-19; AP: *C. canephora*, cv. Apoatã IAC 2258; e enxertia entre MN e AP: *C. arabica* cv. Mundo Novo IAC 379-19 sobre *C. canephora* Apoatã IAC 2258) e três doses de Zn (0, 10 e 20 mg dm<sup>-3</sup>), instalados em blocos ao acaso com três repetições.

As mudas de café formadas em tubetes, com quatro pares de folhas, foram transplantadas em recipientes com 5 dm<sup>3</sup> de solo, com a umidade mantida na 'capacidade de campo' por 10 dias, em ambiente com 30 % de luz até o pegamento das plantas.

Os teores de Zn determinado no solo utilizado na pesquisa foram de 0,3 mg dm<sup>-3</sup> pelo extrator DTPA, classificado como teor baixo por Raij et al. (1996), assim como o teor determinado pelo extrator Mehlich-1

(0,5 mg dm<sup>-3</sup>), também considerado baixo (Lopes & Guilherme, 1994).

Após incubação do solo com dose equivalente de calcário para elevar a saturação por bases a 70 %, foram adicionadas e misturadas à terra de cada vaso as seguintes doses de nutrientes por dm<sup>3</sup>: 200 mg de N; 250 mg de P; 200 mg de K; 50 mg de S; 0,75 mg de B; 1,5 mg de Cu; 10,0 mg de Fe; 10,0 mg de Mn; e 0,1 mg de Mo (Malavolta, 1980). A aplicação de Zn foi feita com solução preparada com sulfato de Zn contendo 20 % de Zn solúvel, de acordo com os tratamentos utilizados no experimento (0, 10 e 20 mg dm<sup>-3</sup>). A solução nutritiva foi preparada com MAP (50 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 10 % de N), KCl (60 % de K<sub>2</sub>O), sulfato de manganês (32 % de Mn), solubor (20,5 % de B), sulfato de cobre (15 % de Cu), molibdato de amônio (54 % de Mo) e ferro pela solução complexante Fe-EDTA (5 g L<sup>-1</sup> de Fe).

A maior parte de N e de K (125 mg L<sup>-1</sup>) foi aplicada em cobertura no 4º, 8º, 11º, 14º e 16º mês de idade das plantas, em que se utilizaram cinco doses iguais de N e K (25 mg L<sup>-1</sup>) fornecidas pela uréia (duas coberturas), nitrato de amônio (três coberturas) e cloreto de potássio. A adubação das plantas foi complementada com três aplicações foliares de N e P por meio do MAP (10 g L<sup>-1</sup>), realizadas no 4º, 8º e 14º mês de idade.

Para determinação do teor de Zn na planta, foram feitas análises químicas de acordo com o método descrito por Malavolta et al. (1997), enquanto para quantidade disponível de Zn utilizaram-se os extratores DTPA (Raij et al., 2001) e Mehlich-1 (Olsen & Dean, 1965). As análises de planta e do solo foram realizadas numa única época, no final do experimento, quando as plantas tinham 18 meses de idade, a contar do pegamento, que ocorreu 30 dias após o transplante nos vasos.

Os resultados das análises químicas de Zn foram para a planta inteira (PL: raízes, folhas, caule e ramos) e para a parte aérea (PA: folhas, caule e ramos). O conteúdo de Zn foi obtido pelo somatório do produto entre os teores de Zn de cada parte da planta pela respectiva massa de matéria seca.

A relação entre o conteúdo de Zn na planta inteira (Zn-PL) ou na parte aérea (Zn-PA) e o teor disponível desse nutriente no solo, pelos extratores DTPA ou Mehlich-1, foi obtida por análise de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado dos atributos químicos, após incubação do solo com calcário, indica que houve pequena variação nos valores determinados, em relação àqueles verificados antes da incubação (Quadro 1).

A relação entre os conteúdos do nutriente na planta em *C. arabica* cv. Mundo Novo e o teor no solo foram obtidas com um modelo quadrático, independentemente do extrator utilizado. A máxima absorção de Zn (Zn-PL) ocorreu com os teores de 5,74 mg dm<sup>-3</sup> (DTPA, Figura 1) e 7,03 mg dm<sup>-3</sup> (Mehlich-1, Figura 2), enquanto na parte aérea (Zn-PA) os teores foram de 5,37 mg dm<sup>-3</sup> (DTPA, Figura 1) e 6,61 mg dm<sup>-3</sup> (Mehlich-1, Figura 2). Os resultados para planta inteira não corroboram aqueles obtidos por Lima Filho (1991), que verificou máximo acúmulo com o teor de 5,0 mg dm<sup>-3</sup> de Zn. O autor encontrou relação potencial entre o teor de Zn na matéria seca total em *C. arabica* cv. Catuaí Amarelo e o teor disponível pelo extrator DTPA, diferentemente do que foi constatado na presente pesquisa, cujo ajuste foi quadrático.

Na espécie *C. canephora* (cv. Apoatã), a relação entre os conteúdos de Zn na planta inteira (Zn-PL) ou na parte aérea (Zn-PA) em função da sua

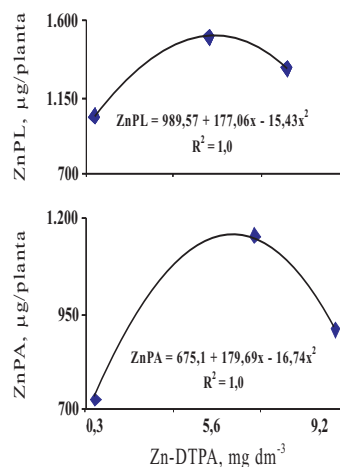


Figura 1. Conteúdo de zinco na planta inteira (Zn-PL) ou na parte aérea (Zn-PA) em função do teor disponível no solo pelo extrator DTPA, na espécie *C. arabica* (MN).

Quadro 1. Valores de atributos químicos e teor de zinco disponível pelos extratores DTPA e Mehlich-1 após incubação do solo com calcário

pH	CaCl <sub>2</sub>	MO	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	V	B	Cu	Mn	Fe	Zn DTPA	Mehlich-1
		g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	— mmolc. dm <sup>-3</sup> —		%		— mg dm <sup>-3</sup> —					
5,0		36	6,0	0,8	39,0	21,0	73	0,2	0,7	0,8	51	(0,3) <sup>(1)</sup> 0,5	(0,5) <sup>(1)</sup> 0,8

<sup>(1)</sup> Valores de Zn determinados antes da incubação do solo, para ambos os extratores.

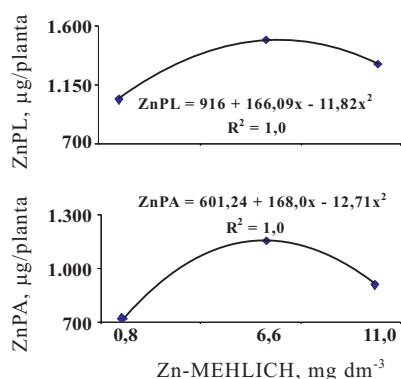


Figura 2. Conteúdo de zinco na planta inteira (Zn-PL) ou na parte aérea (Zn-PA) em função do teor disponível no solo pelo extrator Mehlich-1, na espécie *C. arabica* (MN).

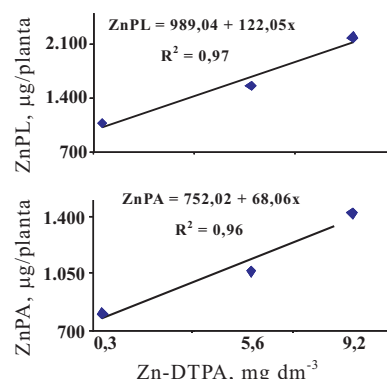


Figura 3. Conteúdo de zinco na planta inteira (Zn-PL) ou na parte aérea (Zn-PA) em função do teor disponível no solo pelo extrator DTPA, na espécie *C. canephora* (AP).

disponibilidade pelos extratores DTPA e Mehlich-1 apresentou coeficientes de determinação semelhantes: 0,97 (Zn-PL, DTPA), 0,96 (Zn-PA, DTPA), 0,99 (Zn-PL, Mehlich-1) e 0,97 (Zn-PA, Mehlich-1) (Figuras 3 e 4). Com base no conteúdo de Zn nas plantas dessas espécies, pode-se afirmar que há dependência do material genético em relação ao teor do nutriente disponível às plantas, na qual independe do extrator, sendo superior na espécie *C. canephora* cv. Apoatã, como indica a tendência de acúmulo crescente, sem ter sido verificado sintoma visual de toxidez.

A relação entre o conteúdo de Zn na planta e sua disponibilidade para as plantas da espécie *C. canephora* (cv. Apoatã) foi ajustada com modelo linear (Figuras 3 e 4), com valores semelhantes de  $R^2$ , em ambos os extratores. Esses resultados, comparativamente àqueles verificados na cv. Mundo Novo, podem ser atribuídos ao acúmulo crescente de Zn nas raízes da cv. Apoatã em função da dose de Zn. A adubação com 20 mg dm<sup>-3</sup> de Zn proporcionou maior conteúdo do nutriente nas raízes dessa cultivar (757,8 µg/planta), praticamente o dobro daquele determinado na cv. Mundo Novo (400,8 µg/planta; Quadro 2). O maior conteúdo de Zn nas raízes de AP, nesta dose (20 µg dm<sup>-3</sup>), pode ser explicado pelo aumento de massa de raízes de AP (16,5 g/planta), comparada ao MN (10,0 g/planta; Quadro 3).

O aumento diferencial no conteúdo de Zn nas folhas de AP (990,4 µg/planta) e nas plantas enxertadas (MN/AP: 938,4 µg/planta), pela aplicação da maior dose do nutriente (20 mg dm<sup>-3</sup>), pode ser indicativo de variação da capacidade de absorção e de acúmulo desse nutriente com a espécie e a enxertia, que deve ser considerada na avaliação do estado nutricional.

Nas plantas enxertadas (MN/AP), verificou-se que o conteúdo de Zn no cafeeiro apresentou tendência levemente crescente quando se aplicaram 10 mg dm<sup>-3</sup> de Zn e avaliou-se a planta inteira (Zn-PL), para

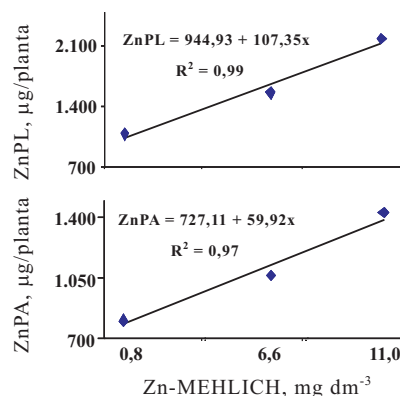


Figura 4. Conteúdo de zinco na planta inteira (Zn-PL) ou na parte aérea (Zn-PA) em função do teor disponível no solo pelo extrator Mehlich-1, na espécie *C. canephora* (AP).

ambos os extratores (Figuras 5 e 6). Entre as aplicações de 10 e 20 mg dm<sup>-3</sup> de Zn observou-se crescimento acentuado em relação à situação anterior.

A variação no conteúdo de Zn na planta pode ser explicada, em parte, pelo comportamento das raízes das plantas de *C. canephora* cv. Apoatã, utilizada como porta-enxerto, a qual apresentou tendência de absorção linear com o aumento da dose.

Os conteúdos de Zn nas plantas MN/AP em função dos extratores DTPA e Mehlich-1 são, aparentemente, regulados pelas plantas do enxerto (*C. arabica* cv. MN), que influenciam a quantidade do nutriente acumulada nas plantas do porta-enxerto (*C. canephora* cv. Apoatã). A absorção, por sua vez, também é influenciada, positivamente, pela ação do enxerto (*C. canephora*), como indica o crescimento acentuado (Figuras 5 e 6), em resposta à absorção crescente evidenciada na cultivar Apoatã (Figuras 3 e 4).

O acúmulo de Zn nas raízes de AP (757,8 µg/planta) e nas plantas enxertadas (MN/AP: 393,7 µg/planta)

pela adubação com  $20 \text{ mg dm}^{-3}$  pode estar relacionado à eficiência na regulação estomática das plantas da espécie *C. arabica* cv. Mundo Novo, uma vez que não houve diferença no conteúdo de Zn nas raízes de Mundo Novo ( $400,8 \text{ } \mu\text{g/planta}$ ) e nas plantas MN/AP ( $393,7 \text{ } \mu\text{g/planta}$ ) (Quadro 2).

A absorção de nutrientes depende da quantidade disponível, da aeração, da temperatura, da umidade na zona radicular e do material genético. A espécie *C. canephora* cv. Apoatã apresentou maior potencial para absorção de Zn do que a *C. arabica* cv. Mundo Novo. Uma explicação seria a diferença de tamanho do sistema radicular da cv. Apoatã, cuja produção de matéria seca de raízes foi superior (Zn –  $10 \text{ mg dm}^{-3}$ , AP:  $17,7 \text{ g/planta}$ ) em relação à Mundo Novo ( $13,2 \text{ g/plan-$

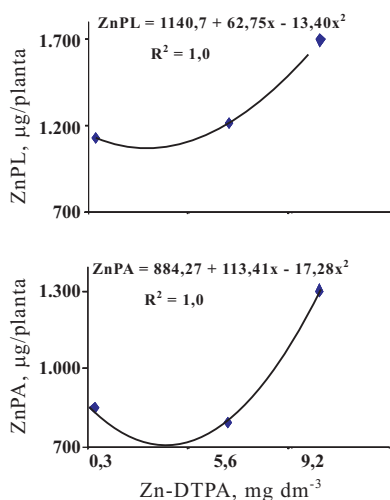
ta), que não diferiu das plantas enxertadas (MN/AP:  $13,3 \text{ g/planta}$ ). Essa observação também ocorreu com a maior dose de Zn ( $20 \text{ mg dm}^{-3}$ ), pois a produção de matéria seca de raízes decresceu significativamente, na seguinte ordem: AP ( $16,5 \text{ g/planta}$ ), MN/AP ( $12,6 \text{ g/planta}$ ) e MN ( $10,0 \text{ g/planta}$ ) (Quadro 3).

A espécie *C. canephora* cv. Apoatã influenciou, por meio da enxertia, o conteúdo de Zn na planta da cv. Mundo Novo (*C. arabica*), em particular com a aplicação de  $20 \text{ mg dm}^{-3}$ , como indica o conteúdo do nutriente na parte aérea (MN/AP: Zn – folha =  $938,4 \text{ } \mu\text{g/planta}$  e Zn – caule + ramos =  $365,4 \text{ } \mu\text{g/planta}$ ), comparativamente aos conteúdos encontrados na cultivar Mundo Novo (Zn – folha =  $648,6 \text{ } \mu\text{g/planta}$  e Zn – caule + ramos =  $262,8 \text{ } \mu\text{g/planta}$ ) (Quadro 2).

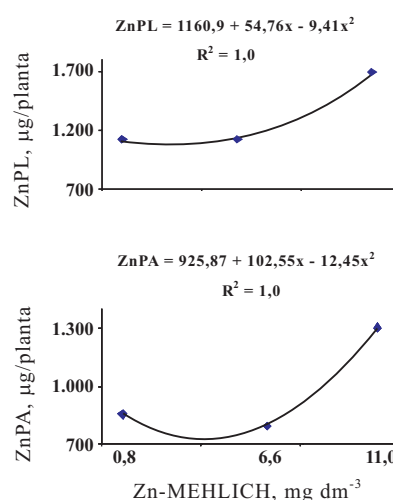
**Quadro 2.** Conteúdo de zinco na raiz, folhas e caule + ramos nas espécies *C. arabica* (MN) e *C. canephora* (AP) e nas plantas enxertadas (MN/AP), de acordo com a dose de zinco

Espécie	Raiz			Folha			Caule + ramo		
	Doses de Zn ( $\text{mg dm}^{-3}$ )			Doses de Zn ( $\text{mg dm}^{-3}$ )			Doses de Zn ( $\text{mg dm}^{-3}$ )		
	0	10	20	0	10	20	0	10	20
	$\mu\text{g/planta}$								
MN	313,8A	340,7A	400,8B	499,4A	896,8A	648,6B	228,1A	259,6B	262,8B
AP	269,6A	498,8A	757,8A	554,0A	691,4AB	990,4A	248,2A	368,2A	431,6A
MN/AP	271,3A	418,3A	393,7B	637,0A	591,0B	938,4A	214,8A	200,2B	365,4A

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5 %.



**Figura 5.** Conteúdo de Zn na planta inteira (Zn-PL) ou na parte aérea (Zn-PA) em função do teor disponível no solo pelo extrator DTPA, nas plantas enxertadas (MN/AP).



**Figura 6.** Conteúdo de Zn na planta inteira (Zn-PL) ou na parte aérea (Zn-PA) em função do teor disponível no solo pelo extrator Mehlich-1, nas plantas enxertadas (MN/AP).

**Quadro 3. Produção de matéria seca de raízes, parte aérea e da planta inteira nas espécies *C. arabica* cv. Mundo Novo (MN) e *C. canephora* cv. Apotã (AP) e nas plantas enxertadas (MN/AP), em função da dose de zinco**

Espécie	Raiz			Parte aérea			Planta inteira		
	Doses de Zn (mg dm <sup>-3</sup> )			Doses de Zn (mg dm <sup>-3</sup> )			Doses de Zn (mg dm <sup>-3</sup> )		
	0	10	20	0	10	20	0	10	20
	g/planta								
MN	15,3Aa	13,2Ba	10,0Cb	56,1Aa	59,9Aa	41,7Bb	71,3Aa	73,2Aa	51,7Aa
AP	14,4Ab	17,7Aa	16,5Aab	49,9Ab	59,5Aa	54,9Aab	64,3Ab	77,2Aa	71,3Aab
MN/AP	14,4Aa	13,3Ba	12,6Ba	53,1Aa	56,5Aa	51,8Aa	67,5Aa	69,8Aa	64,4Aa

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey a 5 %.

## CONCLUSÕES

1. O teor de Zn na planta, em relação à disponibilidade do nutriente no solo, independentemente dos extratores, varia com a espécie e a combinação entre espécies pela enxertia.

2. Os extratores DTPA e Mehlich-1 apresentaram eficiência semelhante para avaliar a disponibilidade de Zn no solo, independentemente da espécie (*C. arabica* e *C. canephora*).

3. A absorção máxima de Zn ocorreu com teor disponível de 5,6 mg dm<sup>-3</sup> (DTPA) e 6,6 mg dm<sup>-3</sup> (Mehlich-1) para a cultivar Mundo Novo (*C. arabica*).

## LITERATURA CITADA

- ABREU, C.A.; ABREU, M.F.; RAIJ, B. van & ANDRADE, J.C. Coeficientes de correlação na comparação de métodos de análise do solo para micronutrientes. In: SYMPOSIUM ON SOIL AND PLANT ANALYSIS, 5., Bloomington, 1997. Proceedings. Bloomington, Soil and Plant Analysis Council, 1997.
- ABREU, C.A.; RAIJ, B. van; ABREU, M.F. Análise de micronutrientes em solos, o lucro certo. Agrônomo, 46:7-8, 1994.
- GRILLO, J.M. & SILVA, J.S. Efeito da aplicação de zinco em cobertura no solo sobre o teor de zinco e produção de matéria seca de mudas de cafeeiro, em casa de vegetação. Ci. Prática, 9:93-104, 1985.
- LIMA FILHO, O.F. Calibração de boro e zinco para o cafeeiro (*C. arabica* cv. Catuaí Amarelo). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1991. 100p. (Tese de Mestrado)
- LOPES, A.S. & GUILHERME, L.R.G. Solos sob cerrado: Manejo da fertilidade para a produção agropecuária. 2.ed. São Paulo, ANDA, 1994. 62p. (Boletim Técnico, 5)
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319p.
- MOYSES, E.L.D. Acumulação de matéria seca e absorção de nutrientes pelo cafeeiro (*C. arabica*) cv. Catuaí em solução nutritiva com diferentes doses de zinco e pH. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1988. 147p. (Tese de Doutorado)
- OLSEN, S.R. & DEAN, L.A. Phosphorus. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.1041-1042.
- RAIJ, B. van & BATAGLIA, O.C. Análise química do solo para micronutrientes. In: FERREIRA, M.E., coord. SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, Jaboticabal, 1989. p.537-569.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo & Fundação/IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100)
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa, MG, CFSEMG, 1999. 359p.
- SOUZA, C.A.S. Aplicação de zinco via solo em plantas de cafeeiro (*C. arabica*) em casa-de-vegetação. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 1999. 159p. (Tese de Doutorado)