

Eficiência de absorção e utilização de boro, zinco, cobre e manganês em mudas enxertadas de cafeeiro¹

Marcelo Antonio Tomaz², Hermínia Emilia Prieto Martinez³, Wagner Nunes Rodrigues⁴, Rafael Binda Ferrari⁵, Antônio Alves Pereira⁶, Ney Sussumu Sakiyama⁷

RESUMO

O estudo da eficiência nutricional de plantas enxertadas de cafeeiro é importante para a seleção de combinações enxerto/porta-enxerto, visando atingir melhor desenvolvimento e produção. Este trabalho teve como objetivo avaliar as diferenças na eficiência de absorção e utilização de B, Zn, Cu e Mn em mudas enxertadas de cafeeiro. O experimento foi conduzido em vasos de 20 litros contendo como substrato terra, areia e esterco na proporção de 3:1:1, onde as plantas permaneceram por um período de 18 meses. Utilizaram-se como enxerto quatro genótipos de *Coffea arabica* L.: os cultivares Catuaí-Vermelho IAC 15 ('Catuaí 15') e Oeiras MG 6851 ('Oeiras') e os híbridos H419-10-3-4-4 ('H419') e H514-5-5-3 ('H514') do programa de melhoramento da EPAMIG/UFV. Como porta-enxerto foram empregados cinco progênies de famílias de meio-irmãos de clones de *Coffea canephora* Pierre ex Froenher cv. Conilon: ES 21, ES 36, ES 26, ES 23 e ES 38 do programa de melhoramento de café robusta do Incaper. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 24 tratamentos e três repetições, sendo quatro pés-francos e 20 combinações de enxertia. A eficiência nutricional das plantas variou conforme a combinação enxerto/porta-enxerto. O cultivar Oeiras não foi beneficiado por nenhuma enxertia, apresentando redução da produção total de matéria seca em todas as combinações comparativamente ao respectivo pé-franco. O cultivar Catuaí 15 foi mais eficiente na produção de matéria seca e utilização de B e Zn quando combinado com os materiais genéticos de conilon ES 26 e ES 23.

Palavras-chave: Café, enxertia, eficiência nutricional, micronutrientes.

ABSTRACT

Efficiency of absorption and utilization of boron, zinc, copper and manganese in grafted coffee seedlings

Studying nutritional efficiency of grafted coffee plants is important for the selection of graft/ rootstock combinations, aiming to achieve better plant development and yield. The objective of this work was to evaluate the genetic differences for B, Zn, Cu and Mn absorption and utilization efficiencies of grafted coffee seedlings. The experiment was conducted with seedlings planted in 20 L pots with a substrate consisting of soil, sand, and manure in the proportion of 3:1:1, in which they kept for 18 months, until harvest. Four genotypes of *Coffea arabica* L. were used as grafts: cultivars Catuaí Vermelho IAC 15 ('Catuaí 15') and Oeiras MG 6851 ('Oeiras'), and hybrids H419-10-3-4-4 ('H419') and H514-5-5-3 ('H514'). All genotypes were obtained from the EPAMIG/UFV breeding program. Five half-sibling progenies of clones of *Coffea canephora* Pierre ex Froenher cv. Conilon were used as rootstocks: 'ES 21', 'ES 36', 'ES 26', 'ES 23' and 'ES

Recebido para publicação em junho de 2009 e aprovado em dezembro de 2010

¹ Trabalho extraído da tese de doutorado do primeiro autor.

² Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Alto Universitário, s/n, ex. Postal 16, 29500-000, Alegre, Espírito Santo, Brasil. tomaz@cca.ufes.br

³ Engenheira-Agrônoma, Doutora. Universidade Federal de Viçosa, Av P. H. Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. herminia@ufv.br

⁴ Engenheiro-Agrônomo, Mestre. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Alto Universitário s/n, ex. Postal 16, 29500-000, Alegre, Espírito Santo, Brasil. wagnernunes@hotmail.com

⁵ Engenheiro-Agrônomo, Mestre. Secretaria Municipal de Agricultura, 29690-000, Itaguaçu, Espírito Santo, Brasil.

⁶ Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Campus da UFV, Vila Gianetti 46, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. pereira@epamig.ufv.br

⁷ Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Universidade Federal de Viçosa, Av P. H. Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. sakiyama@ufv.br

38, which were obtained from the INCAPER robusta coffee breeding program. The experiment was arranged in a complete randomized design, with 24 treatments and 3 repetitions, using four control plants and 20 grafting combinations. The nutritional efficiency of coffee plants varied according to the graft/rootstock combination. Considering that all combinations promoted dry matter yield decrease when compared with the respective non-grafted plants, cultivar Oeiras MG 6851 was not benefited by any graft. Cultivar Catuaí Vermelho IAC 15 was more efficient in dry matter production and Cu and Mn utilization when combined with conilon rootstocks 'ES 26' and 'ES 23'.

Key words: Coffee, grafting, micronutrients, nutrition efficiency.

INTRODUÇÃO

No decorrer dos últimos 100 anos, a agricultura brasileira apresentou grande desenvolvimento, em virtude das inúmeras pesquisas e difusão de novas tecnologias que permitiram a criação de um cenário agrícola mais produtivo. Um dos principais fatores responsáveis por esse desenvolvimento na produtividade das culturas foi o aumento nas pesquisas relacionadas à fertilidade dos solos e as inovações tecnológicas que permitem o emprego dos fertilizantes de forma mais adequada e eficiente (Lopes & Guilherme, 2007).

Os micronutrientes são elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas, mas requeridos em quantidades menores do que os macronutrientes. O grande interesse no estudo dos micronutrientes decorre principalmente: do início da ocupação dos cerrados, região formada por solos naturalmente deficientes em micronutrientes; do aumento da produtividade das culturas, cada vez mais eficientes na remoção e exportação de nutrientes; do uso inadequado de corretivos, que acelera o surgimento de deficiências induzidas; da preferência de utilização de fertilizantes NPK de alta concentração, o que reduz o conteúdo incidental de micronutrientes; e do aprimoramento das análises e dos instrumentos de diagnose de deficiência desses nutrientes (Cakmark, 2002).

A deficiência de micronutrientes em uma cultura pode causar desequilíbrio no metabolismo vegetal, tornando as plantas mais sensíveis a pragas e doenças, ocasionando aumento nos gastos com defensivos e onerando o custo da cultura. Na cultura do café, a falta de micronutrientes pode provocar diminuição no crescimento da planta e quebra de até 30% na produção (Malavolta, 1986).

Os diferentes comportamentos existentes na nutrição de plantas implicam a existência de uma distinção nos mecanismos de absorção, translocação e redistribuição dos nutrientes, bem como na sua utilização nos vários processos metabólicos, o que permitirá que a planta se desenvolva adequadamente de acordo com as suas necessidades (Clarkson & Hanson, 1980).

Para cada genótipo, a eficiência nutricional é reflexo da capacidade de altos rendimentos em solos que apresentem limitação de um ou mais nutrientes em relação a um genótipo considerado padrão (Graham, 1984). O processo de enxertia pode provocar alterações nos teores de macro e micronutrientes da parte aérea das plantas, devido à seletividade preferencial do sistema radicular do porta-enxerto em absorver determinados nutrientes, assim como à alteração dos processos de absorção, translocação e utilização de nutrientes (Fahl *et al.*, 1998).

A enxertia do cafeeiro no Brasil começou em 1936 no Instituto Agronômico de Campinas, onde começaram os experimentos objetivando testar e melhorar a eficiência das técnicas de enxertia utilizadas em outros países (Moraes & Franco, 1968). A enxertia aproveita o sistema radicular mais desenvolvido do *Coffea canephora* usado como porta-enxerto, aliado às características de alta produtividade, maior tamanho dos frutos e à qualidade de bebida do *Coffea arabica* para o enxerto. Por meio dessa técnica, há a possibilidade de obtenção de plantas vigorosas com melhor eficiência no aproveitamento de nutrientes, adaptadas às condições de estresse hídrico e nutricional e que podem, principalmente, apresentar aumento de produção.

Em experimento de enxertia de *C. arabica* sobre progênies de *C. canephora* e de *C. congensis* Froenher, Fahl *et al.* (1998) verificaram que as plantas enxertadas apresentavam menores teores de manganês do que as não-enxertadas.

Diferenças inerentes à absorção de água e nutrientes e à resposta em crescimento podem ocorrer entre espécies, procedências, progênies e clones de cafeeiro. Assim, uma boa combinação porta-enxerto/copa pode suscitar plantas com maior eficiência nutricional, sem, contudo, comprometer a produtividade. Isso é um fator importante, principalmente em solos pobres, intemperizados, onde a concentração de micronutrientes é muito baixa.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as diferenças na eficiência de absorção e utilização de boro, zinco, cobre e manganês em mudas enxertadas de cafeeiro cultivado em vasos em ambiente aberto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, localizada no Estado de Minas Gerais.

Utilizaram-se como enxertos quatro genótipos de *C. arabica*, cultivares: Catuaí- Vermelho IAC 15 ('Catuaí 15') e Oeiras MG 6851 ('Oeiras') e os híbridos H419-10-3-4-4 ('H419') e H514-5-5-3 ('H514') do programa de melhoramento da EPAMIG/UFV. Como porta-enxerto empregaram-se cinco progênies famílias de meio-irmãos de clones de *C. canephora* cv. *Conilon*: ES 21, ES 36, ES 26, ES 23 e ES 38, do programa de melhoramento de café robusta do Incaper.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 24 tratamentos e três repetições, sendo quatro pés-francos e 20 combinações de enxertia (quatro enxertos combinados com os cinco porta-enxertos). Utilizou-se o teste t de Student a 5% de probabilidade para comparação entre as médias obtidas.

A semeadura foi feita em caixas com areia fina, em condições de casa de vegetação até que as plântulas atingissem o estágio "palito de fósforo", 60 dias após a semeadura para o enxerto e 75 dias para o porta-enxerto. Após atingido esse estágio, foram realizadas as enxertias do tipo hipocotiledonar, conforme Moraes & Franco (1973). Após a enxertia, as plantas enxertadas, juntamente com as não-enxertadas (pés-francos), foram transplantadas para sacolas plásticas de 11 x 22 cm e mantidas em câmara de nebulização fechada por um período de 12 dias. A seguir, retiraram-se as plantas da câmara, colocando-as em ambiente aberto, onde permaneceram por 15 dias sob sombrite e 15 dias a pleno sol, para aclimação. Nesse local, as mudas passaram por irrigações periódicas. Depois de aclimatadas, no estádio de três pares de folhas, as mudas foram transplantadas para os vasos após a seleção quanto à uniformidade de tamanho e vigor da planta, colocando-se uma muda por vaso.

O substrato utilizado tanto para sacolas plásticas quanto para vasos foi resultado da mistura de solo, areia peneirada (lavada) e esterco de galinha na proporção de 3:1:1, respectivamente.

A irrigação foi realizada diariamente nos primeiros dias e posteriormente de acordo com a exigência das plantas, de maneira que não ocorresse nem excesso nem falta de água. O controle de pragas e doenças foi realizado de forma preventiva. Fez-se a adubação com base na marcha de acúmulo de nutrientes para plantas das variedades Catuaí e Mundo Novo, conforme Malavolta *et al.* (1993).

A colheita foi efetuada 18 meses após o transplântio para os vasos, separando-se a planta em raízes, caule e folhas. O material colhido foi lavado, seco em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C, por 72 horas, pesado e triturado em moinho tipo Wiley.

O boro foi analisado após digestão das amostras por via seca em mufla a 550 °C e determinado por colorimetria. Para a determinação dos teores de zinco, cobre e manganês, o material foi digerido em mistura nítrico-perclórica (Johnson & Ulrich, 1959). Para a determinação de seus teores utilizou-se a espectrofotometria de absorção atômica (Malavolta *et al.*, 1997). A partir do conteúdo dos nutrientes na planta e da produção de matéria seca, foram calculados os índices: a) eficiência de utilização de nutriente (matéria seca total produzida²/conteúdo total do nutriente na planta) e b) eficiência de absorção (conteúdo total do nutriente na planta/comprimento de raiz).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o boro, observou-se redução da eficiência de absorção nas combinações de enxertia com Oeiras, com exceção da combinação Oeiras/ES 26. Quanto à eficiência de utilização de boro, as combinações Catuaí 15/ES 23 e H419/ES 26 apresentaram maiores eficiências em relação ao pé-franco. Com relação ao conteúdo total de boro, apenas a combinação Catuaí 15/ES 26 suplantou o pé-franco, enquanto as enxertias H419/ES 21 e H419/ES 36 e todas as combinações com H514 e Oeiras, com exceção do H514/ES21 e Oeiras/ES 26, tiveram redução quando comparada com os respectivos pés-francos (Tabela 1).

Quanto à absorção de Zn, as combinações H419/ES 23 e todas as combinações com Oeiras, com exceção do Oeiras/ES 26, apresentaram redução quando comparadas com os respectivos pés-francos. Já com relação à eficiência de utilização, a combinação Catuaí 15/ES 26 superou o pé-franco, enquanto as combinações H 419/ES 21 e H419/ES23 tiveram redução. Quanto ao conteúdo total de zinco, todas as combinações com Oeiras apresentaram diminuição quando comparadas com o respectivo pé-franco, com exceção da combinação Oeiras/ES 26 (Tabela 2).

A eficiência nutricional é influenciada por diferenças genótípicas, podendo estar relacionada com a demanda de nutrientes em nível celular, compartimentalização, utilização na parte aérea, no transporte a curta e longa distância, na afinidade do sistema de absorção, concentração mínima e nas modificações da rizosfera. Desse modo, as combinações de enxertia, que unem plantas de genótipos distintos e, conseqüentemente, de demanda diferenciada do nutriente no metabolismo, causam aumento ou diminuição da eficiência de utilização do Zn (Marschner, 1995).

Com relação ao cobre, as combinações Catuaí 15/ES 23, H514/ES 36 e H514/ES 38 suplantaram os respectivos pés-francos quanto à eficiência de absorção. As combinações Catuaí 15/ES 26, Catuaí 15/ES 38, H 419/ES 21, H514/ES 36, H514/ES 26, H514/ES 38, Oeiras/ES 21, Oeiras/ES 26, Oeiras/ES 23 e Oeiras/ES 38 tiveram menor eficiência de utilização do que os respectivos pés-francos. Em

Tabela 1. Eficiência quanto à absorção (EAB), utilização (EUB) e conteúdo total de boro (CTB) em materiais de café não-enxertado (pé-franco) e enxertado em diversas combinações, cultivados em vasos

Contrastes	EAB	EUB	CTB
	$\mu\text{g m}^{-1}$	$\text{g}^2 \mu\text{g}^{-1}$	mg planta^{-1}
Catuai 15 (pé-franco)	34,20	1,35	32,48
vs Catuai 15/ ES 21	37,14 ^{ns}	1,36 ^{ns}	30,14 ^{ns}
vs Catuai 15/ ES 36	39,46 ^{ns}	1,56 ^{ns}	30,49 ^{ns}
vs Catuai 15/ ES 26	29,88 ^{ns}	1,52 ^{ns}	40,26*
vs Catuai 15/ ES 23	31,56 ^{ns}	1,95*	29,59 ^{ns}
vs Catuai 15/ ES 38	29,94 ^{ns}	1,19 ^{ns}	26,21 ^{ns}
H 419-10-3-4-4 (pé-franco)	28,31	1,45	46,15
vs H 419 / ES 21	24,25 ^{ns}	1,49 ^{ns}	35,15*
vs H 419 / ES 36	22,68 ^{ns}	2,02*	28,32*
vs H 419 / ES 26	33,02 ^{ns}	1,70 ^{ns}	42,31 ^{ns}
vs H 419 / ES 23	28,45 ^{ns}	1,64 ^{ns}	26,08*
vs H 419 / ES 38	30,01 ^{ns}	1,46 ^{ns}	28,91*
H 514-5-5-3 (pé-franco)	27,34	1,81	33,07
vs H 514 / ES 21	30,04 ^{ns}	1,86 ^{ns}	27,88 ^{ns}
vs H 514 / ES 36	24,62 ^{ns}	2,11 ^{ns}	22,38*
vs H 514 / ES 26	21,40 ^{ns}	2,05 ^{ns}	24,47*
vs H 514 / ES 23	23,36 ^{ns}	1,86 ^{ns}	23,15*
vs H 514 / ES 38	30,84 ^{ns}	1,74 ^{ns}	22,05*
Oeiras (pé-franco)	44,94	1,41	38,53
vs Oeiras / ES 21	31,89*	1,31 ^{ns}	28,23*
vs Oeiras / ES 36	25,64*	1,69 ^{ns}	24,97*
vs Oeiras / ES 26	37,26 ^{ns}	1,14 ^{ns}	34,01 ^{ns}
vs Oeiras / ES 23	28,4*	1,29 ^{ns}	25,38*
vs Oeiras / ES 38	32,3*	1,14 ^{ns}	30,66*
Coefficiente de Variação	16,6	16,4	15,5

* e ^{ns}: significativos e não-significativos, respectivamente, pelo teste t de Student a 5%.

Tabela 2. Eficiência quanto à absorção (EAZn), utilização (EUZn) e conteúdo total de zinco (CTZn) em materiais de café não-enxertado (pé-franco) e enxertado em diversas combinações, cultivados em vasos

Contrastes	EAZn	EUZn	CTZn
	$\mu\text{g m}^{-1}$	$\text{g}^2 \mu\text{g}^{-1}$	mg planta^{-1}
Catuai 15 (pé-franco)	12,58	3,70	11,64
vs Catuai 15/ ES 21	13,09 ^{ns}	3,81 ^{ns}	10,54 ^{ns}
vs Catuai 15/ ES 36	14,44 ^{ns}	4,32 ^{ns}	11,16 ^{ns}
vs Catuai 15/ ES 26	10,27 ^{ns}	4,73 ^{ns}	13,73 ^{ns}
vs Catuai 15/ ES 23	11,67 ^{ns}	5,39*	10,99 ^{ns}
vs Catuai 15/ ES 38	10,80 ^{ns}	3,31 ^{ns}	9,46 ^{ns}
H 419-10-3-4-4 (pé-franco)	7,37	5,51	12,19
vs H 419 / ES 21	10,19 ^{ns}	3,61*	14,67 ^{ns}
vs H 419 / ES 36	10,23 ^{ns}	4,50 ^{ns}	12,48 ^{ns}
vs H 419 / ES 26	10,51 ^{ns}	4,54 ^{ns}	13,58 ^{ns}
vs H 419 / ES 23	12,90*	3,66*	11,77 ^{ns}
vs H 419 / ES 38	10,90 ^{ns}	4,13 ^{ns}	10,24 ^{ns}
H 514-5-5-3 (pé-franco)	9,71	5,17	11,71
vs H 514 / ES 21	12,44 ^{ns}	4,54 ^{ns}	11,58 ^{ns}
vs H 514 / ES 36	12,03 ^{ns}	4,34 ^{ns}	10,94 ^{ns}
vs H 514 / ES 26	8,26 ^{ns}	5,19 ^{ns}	9,49 ^{ns}
vs H 514 / ES 23	9,44 ^{ns}	4,60 ^{ns}	9,35 ^{ns}
vs H 514 / ES 38	12,58 ^{ns}	4,30 ^{ns}	8,90 ^{ns}
Oeiras (pé-franco)	19,4	3,28	16,62
vs Oeiras / ES 21	10,62*	3,95 ^{ns}	9,40*
vs Oeiras / ES 36	10,96*	4,07 ^{ns}	10,53*
vs Oeiras / ES 26	14,98 ^{ns}	2,94 ^{ns}	13,19 ^{ns}
vs Oeiras / ES 23	11,59*	3,73 ^{ns}	10,12*
vs Oeiras / ES 38	11,95*	3,24 ^{ns}	11,45*
Coefficiente de Variação	23,8	22,1	20,8

* e ^{ns}: significativos e não-significativos, respectivamente, pelo teste t de Student a 5%.

relação ao conteúdo total, as combinações Catuaí 15/ES 26 e Catuaí 15/ES 23 apresentaram médias superiores à do pé-franco, enquanto as combinações H419/ES 23 e H419/ES 38 tiveram conteúdo total de cobre menor, quando comparado ao do pé-franco (Tabela 3).

A movimentação de íons através das raízes e o seu descarregamento no xilema envolve vários mecanismos que podem limitar sua ascensão para a parte aérea, podendo constituir diferenças genotípicas na absorção e movimentação dos nutrientes, determinando eficiências nutricionais distintas de acordo com diferenças genotípicas (Gerloff & Gabelman, 1983). Em seus experimentos envolvendo *Citrus*, Genú (1985), comparando o teor de Cu obtido em condição de pé-franco e enxertado, verificou que determinados porta-enxertos levaram a acréscimos positivos de Cu nos enxertos, evidenciando a afinidade entre copa e porta-enxerto, mesmo princípio que pode explicar as diferenças de eficiências encontradas entre as diferentes combinações de exerto/porta-exerto no café.

Os mecanismos responsáveis pela eficiência de absorção podem diferir entre as espécies. Para Föhse *et al.* (1988), determinados genótipos produzem sistema radicular extensivo, enquanto outros têm alta capacidade

de absorção por unidade de comprimento radicular, ou seja, alto influxo de nutrientes.

Quanto ao Mn, houve redução da absorção deste nutriente nas combinações Catuaí 15/ES 26, Catuaí 15/ES 38 e em todas combinações com Oeiras quando comparados com os respectivos pés-francos. Quanto à eficiência de utilização de Mn, verificou-se que as combinações Catuaí 15/ES 26, Catuaí 15/ES 23, H419/ES 36, H419/ES 26 e H514/ES 26 superaram os respectivos pés-francos. Analisando o conteúdo total de Mn, todas as combinações de enxertia, com exceção do Catuaí 15/ES 36, Catuaí 15/ES 26 e Catuaí 15/ES 23, tiveram redução quando comparadas com os pés-francos (Tabela 4).

Para Willson (1985), plantas da espécie de *C. canephora* são mais sensíveis ao manganês do que as de *C. arabica*; logo, plantas enxertadas sobre *C. canephora* tendem a apresentar menor absorção desse micronutriente, o que está, provavelmente, relacionado à capacidade de absorção do manganês do sistema radicular desses materiais.

A enxertia proporcionou aumento na produção de matéria seca de raízes nas combinações Catuaí 15/ES 26 e Catuaí 15/ES 23, enquanto as combinações H 419/ES 36,

Tabela 3. Eficiência quanto à absorção (EACu), utilização (EUCu) e conteúdo total de cobre (CTCu) em materiais de café não-enxertado (pé-franco) e enxertado em diversas combinações, cultivados em vasos

Contrastes	EACu	EUCu	CTCu
	$\mu\text{g m}^{-1}$	$\text{g}^2 \mu\text{g}^{-1}$	mg planta^{-1}
Catuaí 15 (pé-franco)	2,27	20,83	2,08
vs Catuaí 15/ ES 21	3,07 ^{ns}	16,54 ^{ns}	2,45 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 36	3,04 ^{ns}	19,68 ^{ns}	2,37 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 26	2,82 ^{ns}	16,24 [*]	3,83 [*]
vs Catuaí 15/ ES 23	3,64 [*]	17,25 ^{ns}	3,40 [*]
vs Catuaí 15/ ES 38	2,49 ^{ns}	14,34 [*]	2,19 ^{ns}
H 419-10-3-4-4 (pé-franco)	2,06	20,06	3,36
vs H 419 / ES 21	2,39 ^{ns}	15,10 [*]	3,49 ^{ns}
vs H 419 / ES 36	2,49 ^{ns}	18,31 ^{ns}	3,08 ^{ns}
vs H 419 / ES 26	2,84 ^{ns}	19,59 ^{ns}	3,63 ^{ns}
vs H 419 / ES 23	2,72 ^{ns}	17,23 ^{ns}	2,51 [*]
vs H 419 / ES 38	2,60 ^{ns}	17,64 ^{ns}	2,43 [*]
H 514-5-5-3 (pé-franco)	2,36	20,53	2,88
vs H 514 / ES 21	2,92 ^{ns}	19,25 ^{ns}	2,70 ^{ns}
vs H 514 / ES 36	3,52 [*]	14,74 [*]	3,20 ^{ns}
vs H 514 / ES 26	2,77 ^{ns}	15,11 [*]	3,22 ^{ns}
vs H 514 / ES 23	2,80 ^{ns}	16,12 ^{ns}	2,76 ^{ns}
vs H 514 / ES 38	4,20 [*]	13,21 [*]	2,92 ^{ns}
Oeiras (pé-franco)	3,10	20,59	2,68
vs Oeiras / ES 21	3,29 ^{ns}	13,07 [*]	2,85 ^{ns}
vs Oeiras / ES 36	2,43 ^{ns}	17,61 ^{ns}	2,38 ^{ns}
vs Oeiras / ES 26	2,79 ^{ns}	15,35 [*]	2,54 ^{ns}
vs Oeiras / ES 23	3,08 ^{ns}	11,87 [*]	2,74 ^{ns}
vs Oeiras / ES 38	3,11 ^{ns}	12,07 [*]	2,96 ^{ns}
Coefficiente de Variação	19,4	16,5	15,5

* e ^{ns}: significativos e não-significativos, respectivamente, pelo teste t de Student a 5%.

Tabela 4. Eficiência quanto à absorção (EAMn), utilização (EUMn) e conteúdo total de manganês (CTMn) em materiais de café não-enxertado (pé-franco) e enxertado em diversas combinações, cultivados em vasos

Contrastes	EAMn	EUMn	CTMn
	$\mu\text{g m}^{-1}$	$\text{g}^2 \mu\text{g}^{-1}$	mg planta^{-1}
Catuai 15 (pé-franco)	50,89	0,91	47,44
vs Catuai 15/ ES 21	44,92 ^{ns}	1,12 ^{ns}	36,08*
vs Catuai 15/ ES 36	53,79 ^{ns}	1,13 ^{ns}	41,93 ^{ns}
vs Catuai 15/ ES 26	33,26*	1,38*	44,74 ^{ns}
vs Catuai 15/ ES 23	48,77 ^{ns}	1,29*	45,51 ^{ns}
vs Catuai 15/ ES 38	35,21*	1,01 ^{ns}	30,80*
H 419-10-3-4-4 (pé-franco)	39,30	1,04	64,09
vs H 419 / ES 21	35,02 ^{ns}	1,02 ^{ns}	50,84*
vs H 419 / ES 36	35,07 ^{ns}	1,35*	42,56*
vs H 419 / ES 26	40,26 ^{ns}	1,39*	51,97*
vs H 419 / ES 23	40,72 ^{ns}	1,17 ^{ns}	37,32*
vs H 419 / ES 38	46,91 ^{ns}	0,95 ^{ns}	44,48*
H 514-5-5-3 (pé-franco)	42,77	1,15	51,90
vs H 514 / ES 21	42,60 ^{ns}	1,27 ^{ns}	39,64*
vs H 514 / ES 36	39,93 ^{ns}	1,29 ^{ns}	36,24*
vs H 514 / ES 26	29,65 ^{ns}	1,46*	33,86*
vs H 514 / ES 23	34,87 ^{ns}	1,24 ^{ns}	34,62*
vs H 514 / ES 38	44,82 ^{ns}	1,20 ^{ns}	31,66*
Oeiras (pé-franco)	78,87	0,80	67,79
vs Oeiras / ES 21	45,48*	0,92 ^{ns}	39,67*
vs Oeiras / ES 36	50,74*	0,89 ^{ns}	48,59*
vs Oeiras / ES 26	47,13*	0,89 ^{ns}	43,51*
vs Oeiras / ES 23	43,87*	0,85 ^{ns}	38,74*
vs Oeiras / ES 38	47,22*	0,78 ^{ns}	44,63*
Coefficiente de Variação	18,6	15,5	13,9

* e ^{ns}: significativos e não-significativos, respectivamente, pelo teste t de Student a 5%.

Tabela 5. Matéria seca de raiz (MSR), parte aérea (MSPA) e total (MST) em materiais de café não-enxertado (pé-franco) e enxertado em diversas combinações, cultivados em vasos

Contrastes	MSR	MSPA	MST
	g / planta		
Catuai 15 (pé-franco)	37,23	170,07	207,30
vs Catuai 15/ ES 21	34,67 ^{ns}	165,63 ^{ns}	200,3 ^{ns}
vs Catuai 15/ ES 36	36,4 ^{ns}	179,67 ^{ns}	216,0 ^{ns}
vs Catuai 15/ ES 26	55,07*	192,26*	247,33*
vs Catuai 15/ ES 23	44,90*	194,77*	239,67*
vs Catuai 15/ ES 38	32,87 ^{ns}	143,67*	176,53*
H 419-10-3-4-4 (pé-franco)	59,27	198,87	258,13
vs H 419 / ES 21	57,6 ^{ns}	170,70*	228,30*
vs H 419 / ES 36	43,23*	193,33 ^{ns}	236,57 ^{ns}
vs H 419 / ES 26	55,9 ^{ns}	209,90 ^{ns}	265,80 ^{ns}
vs H 419 / ES 23	39,87*	166,73*	206,60*
vs H 419 / ES 38	44,90*	160,00*	204,90*
H 514-5-5-3 (pé-franco)	48,07	195,06	243,13
vs H 514 / ES 21	36,90*	187,13 ^{ns}	224,03 ^{ns}
vs H 514 / ES 36	36,13*	180,27 ^{ns}	216,40 ^{ns}
vs H 514 / ES 26	38,00*	182,00 ^{ns}	220,00 ^{ns}
vs H 514 / ES 23	37,30*	169,97*	207,27*
vs H 514 / ES 38	28,27*	166,53*	194,80*
Oeiras (pé-franco)	39,73	192,87	232,60
vs Oeiras / ES 21	37,97 ^{ns}	153,33*	191,30*
vs Oeiras / ES 36	40,93 ^{ns}	163,40*	204,33*
vs Oeiras / ES 26	41,47 ^{ns}	155,03*	196,50*
vs Oeiras / ES 23	36,70 ^{ns}	143,40*	180,10*
vs Oeiras / ES 38	33,50 ^{ns}	152,43*	185,93*
Coefficiente de Variação	9,44	7,79	7,58

* e ^{ns}: significativos e não-significativos, respectivamente, pelo teste t de Student a 5%.

H 419/ES 23, H 419/ES 38 e todas as combinações com H 514 apresentaram redução quando comparadas com as plantas controles. Com relação à produção de matéria seca das partes aérea e total, os resultados foram parcialmente semelhantes, ocorrendo aumento da biomassa para a variedade Catuaí 15 quando enxertada nas progênies ES 26 e ES 23, e redução nas enxertias Catuaí 15/ES 38, H419/ES 21, H419/ES 23, H419/ES 38, H514/ES 23, H514/ES 38 e todas as combinações com Oeiras (Tabela 5).

Avaliando a eficiência nutricional de plantas enxertadas de cafeeiro em cultivo hidropônico, Tomaz *et al.* (2006) verificaram que, dependendo da combinação enxerto/porta-enxerto, a absorção, translocação e utilização de Zn, Cu e Mn pode variar.

CONCLUSÕES

A eficiência nutricional das plantas de cafeeiro quanto ao B, Zn, Cu e Mn variou em função da combinação enxerto/porta-enxerto.

O cultivar Oeiras MG 6851 não foi beneficiado por nenhuma enxertia quanto à eficiência nutricional, apresentando redução da produção de matéria seca total em todas as combinações enxerto/porta-enxerto.

A variedade Catuaí-Vermelho IAC 15 combinada com os porta-enxertos ES 26 e ES 23 foi beneficiada na produção de matéria seca e na eficiência de utilização de B e Zn, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- Cakmark I (2002) Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant Soil*, 247:03-24.
- Clarkson DT & Hanson JB (1980) The mineral nutrition of higher plants. *Annual Review Physiology*, 31:239-298.
- Fahl JI, Carelli MLC, Gallo PB, Costa WM & Novo MCSS (1998) Enxertia de *Coffea arabica* sobre Progênies de *C. canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. *Bragantia*, 57:297-312.
- Föhse D, Claassen N & Jungk A (1988) A. Phosphorus efficiency of plants. *Plant Soil*, 110:101-109.
- Graham RD (1984) Breeding for nutritional characteristics in cereals. In: Tinker PB; Lauchila. (Ed.) *Advances in Plant Nutrition*. New York, Praeger. p.57-102.
- Genú PJC (1985). Teores de macro e micro nutrientes em folhas de porta-enxertos cítricos (*Citrus* spp) de pés-francos e em folhas de tangerineira 'Poncã' (*Citrus reticulata*, Blanco) enxertadas sobre os mesmos porta-enxertos. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 156p.
- Gerloff GC & Gabelman WH (1983) Genetic basis of inorganic plant nutrition. In: Läuchli A & Bieleski RL (Eds). *Inorganic plant nutrition*. Encyclopedia of plant physiology, Berlin, Springer-Verlag. p.53-480.
- Johnson CM & Ulrich A (1959) Analytical methods for use in plants analyses. Los Angeles, University of California, p.32-33. (Bulletin, 766)
- Lopes AS & Guilherme LRG (2007) Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: Novais RF, Alvarez VHV, Barros NF, Fontes RLF, Contarutti RB, Neves JCL. *Fertilidade do solo*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.1-64.
- Malavolta E (1986) Micronutrientes na adubação. Paulínia, Nutriplant Indústria e Comércio. 70p.
- Malavolta E, Fernandes DR & Romero JP (1993) Seja doutor do seu cafezal. *Informações Agronômicas*, 64:1-12.
- Malavolta E, Vitti GC & Oliveira AS (1997) Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações (2. ed). Piracicaba, Potafos. 319p.
- Marschner H (1995) *Mineral nutrition of higher plants*. London, Academic Press. 889p.
- Moraes MV & Franco CM (1968) Método expedito para enxertia em café. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café – Gerca. 17p.
- Moraes MV & Franco CM (1973) Método expedito para enxertia em café. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café. 8p.
- Tomaz MA, Martinez HEP, Sakiyama NS, Cruz CD & Pereira AA (2006) Absorção, translocação e utilização de zinco, cobre e manganês por mudas enxertadas de *Coffea arabica*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:377-384.
- Willson KC (1985) Mineral nutrition and fertilizer needs. In: Clifford MMN & Willson KC. *Coffee: botany, biochemistry and productions of beans and beverage*. London, Croom Helm. p.135-156.