

## Diferenças genéticas na eficiência de absorção, na translocação e na utilização de K, Ca e Mg em mudas enxertadas de café

Genetics differences in the efficiency of absorption, translocation and use of K, Ca and Mg in grafted seedlings of coffee

Marcelo Antonio Tomaz<sup>I</sup> Hermínia Emília Prieto Martinez<sup>II</sup> Cosme Damião Cruz<sup>III</sup>  
Rafael Binda Ferrari<sup>II</sup> Laércio Zambolim<sup>IV</sup> Ney Sussumu Sakiyama<sup>II</sup>

### RESUMO

O estudo da eficiência nutricional de plantas enxertadas de café é importante para a seleção de combinações enxerto/porta-enxerto visando desenvolvimento e produção máximos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as diferenças genéticas na eficiência de absorção, no transporte e na utilização de Potássio, Cálcio e Magnésio em mudas enxertadas de café. O plantio foi realizado em vasos de 20L contendo como substrato terra, areia e esterco na proporção de 3:1:1, em que as plantas permaneceram por 18 meses até a coleta do experimento. Utilizaram-se como enxertos quatro genótipos de *Coffea arabica* L.: as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 e os híbridos H419-10-3-4-4 e H514-5-5-3 do programa de melhoramento da EPAMIG/UFV. Como porta-enxerto, foram empregados cinco progênies famílias de meios-irmãos de clones de *Coffea canephora* Pierre cv. Conilon: "ES 21", "ES 36", "ES 26", "ES 23" e "ES 38" do programa de melhoramento de café robusta do INCAPER. Houve variação da eficiência nutricional de K, Ca e Mg das plantas de café em função da combinação enxerto/porta-enxerto. Na maioria das vezes, as plantas enxertadas tiveram desempenho inferior ao do pé-franco quanto à eficiência de absorção, translocação e utilização do K, Ca e Mg, bem como na produção de matéria seca. As combinações da variedade Catuaí Vermelho IAC 15 com os porta-enxertos ES 26 e ES 23 foram eficientes quanto à utilização de Mg e à produção de matéria seca. A baixa eficiência de absorção de K e Mg das combinações de enxertia com a cultivar "Oeiras MG 6851" podem ter contribuído para a redução de produção de matéria seca total das mesmas.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica*, *Coffea canephora*, eficiência nutricional, porta-enxerto.

### ABSTRACT

Studies on the nutritional efficiency of grafted coffee trees are important for the selection of the rootstocks/grafts combinations that aim at for a good development and maximum yield. This study aimed to evaluate the genetic differences in the efficiency of K, Ca and Mg uptake, transport and use in grafted coffee seedlings. Trees were planted in 20-L pots containing soil, sand and manure (3:1:1) to grow for 18 months, until harvest. As grafts, four genotypes of *Coffea arabica* L were used: varieties Catuaí Vermelho IAC 15 and Oeiras MG 6851 and hybrids H419-10-3-4-4 and H514-5-5-3, of the breeding program of EPAMIG/UFV. As rootstocks, five half-sib progenies of *Coffea canephora* Pierre cv. 'Conilon' clones were used: 'ES 21', 'ES 36', 'ES 26', 'ES 23' and 'ES 38', of the robust coffee breeding program of INCAPER. The nutritional efficiency of the coffee trees regarding K, Ca and Mg varied with the graft/ rootstock combination. The performance of the grafted coffee plants was inferior to the control varieties, with regard to the nutritional efficiency and dry matter yield. Catuaí Vermelho IAC 15 combined with the rootstocks ES 26 and ES 23 was highly effective regarding Mg utilization and dry matter yield. The dry weight reduction in the cv. 'Oeiras MG 6851' combinations may be explained by the low potassium and magnesium uptake efficiency.

**Key words:** *Coffea arabica*, *Coffea canephora*, nutrition efficiency, rootstocks.

### INTRODUÇÃO

Muitas espécies e mesmo variedades de plantas diferem em suas respostas à disponibilidade

<sup>I</sup>Departamento de Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), CP 16, 29500-000, Alegre, ES, Brasil. E-mail: tomaz@cca.ufes.br. Autor para correspondência.

<sup>II</sup>Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, Brasil.

<sup>III</sup>Departamento de Biologia Geral, UFV, Viçosa, MG, Brasil.

<sup>IV</sup>Departamento de Fitopatologia, UFV, Viçosa, MG, Brasil.

de nutrientes no solo. As causas disso residem nas diferenças de capacidade de absorção e de utilização dos nutrientes. Esses fatores estão associados a características morfológicas da planta, como comprimento, raio, taxa de crescimento e área superficial de raízes (BARBER, 1981), bem como a características fisiológicas ligadas à cinética de absorção e à eficiência na translocação e metabolização de nutrientes (BARBER, 1984).

Para um determinado genótipo, a eficiência nutricional é refletida na habilidade para produzir um alto rendimento num solo que possui limitação de um ou mais nutrientes minerais em relação a um genótipo padrão (GRAHAM, 1984). As variáveis consideradas nos processos fisiológicos que abrangem a eficiência nutricional, tais como absorção de um dado nutriente, sua translocação e utilização pela planta, sugerem controle genético da nutrição (SACRAMENTO & ROSOLEM, 1998).

Em culturas como fruteiras, em que a técnica de enxertia já é estudada há mais tempo, diversos trabalhos têm demonstrado mudanças na absorção e na composição mineral dos tecidos das plantas enxertadas (LIMA et al., 1980; GENÚ, 1985). Em experimento de absorção de macronutrientes em plantas de videira, em condições de hidroponia, ALBICHEQUER & BOHNEN (1998) observaram diferenças significativas nas concentrações de minerais de uma mesma cultivar enxertada sobre diferentes porta-enxertos.

Em videira, verificou-se que, para cada combinação copa/porta-enxerto, existe um equilíbrio fisiológico ou grau de afinidade, que pode influenciar o crescimento e a produção da plantas (GONÇALVES, 1996). Esse equilíbrio é visto como resultante de mecanismos de reciprocidade entre o porta-enxerto e a copa, que envolve a absorção e a translocação de água, nutrientes e fatores endógenos de crescimento (HARTMANN & KESTER, 1990).

A enxertia pode alterar os teores de macro e micronutrientes da parte aérea das plantas devido à seletividade diferencial do sistema radicular do porta-enxerto em absorver nutrientes (FAHL et al., 1998). Em estudos de eficiência nutricional de Ca, Mg e S em plantas jovens de cafeeiro enxertadas, em cultivo hidropônico, TOMAZ et al. (2003) observaram grandes variações na absorção, translocação e utilização de nutrientes, influenciadas pelo porta-enxerto.

O café é cultivado em uma diversidade de solos, muitos dos quais altamente intemperizados, que apresentam deficiência aguda de bases, como cálcio e magnésio. Portanto, estudos correlacionando a nutrição com o melhoramento genético (como a técnica

de enxertia) são de extrema importância no desenvolvimento de tecnologia e planos de manejo para a introdução de lavouras cafeeiras em solos deficientes nestes nutrientes. Nesse sentido, o presente trabalho apresenta-se como uma importante contribuição para agregar conhecimento nesse ramo de pesquisa ainda pouco desenvolvido.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as diferenças genéticas na eficiência de absorção, transporte e utilização de K, Ca e Mg em mudas enxertadas de cafeeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Foram utilizados como enxertos quatro genótipos de *Coffea arabica* L.: as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 e os híbridos H419-10-3-4-4 e H514-5-5-3 do programa de melhoramento da EPAMIG/UFV. Como porta-enxerto, foram empregados cinco progênies famílias de meios-irmãos de clones de *Coffea canephora* Pierre cv. Conilon: “ES 21”, “ES 36”, “ES 26”, “ES 23” e “ES 38”, do programa de melhoramento de café robusta do INCAPER.

A semeadura foi realizada em caixas com areia fina, as quais foram colocadas em casa de vegetação até que as plântulas atingissem o estágio “palito de fósforo”, que ocorreu aos 60 dias após a semeadura para o enxerto e aos 75 dias após a mesma para o porta-enxerto. Depois desse período, foram efetuadas 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 22cm 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 aclimatização. Neste local, as mudas receberam irrigações periódicas. Depois de aclimatadas, no estágio de três pares de folhas, as mudas foram transplantadas para os vasos de 20L, após a seleção quanto à uniformidade de tamanho e ao vigor da planta, colocando-se uma muda por vaso.

O substrato utilizado, tanto para sacolas plásticas quanto para os vasos, foi: terra, areia e esterco de galinha, na proporção de 3:1:1 respectivamente, com a seguinte análise química: pH ( $H_2O$ ) = 5,90; P = 60,00; K = 160,00; (todos em  $cmol_c dm^{-3}$  - Extrator Mehlich);  $Ca^{+2}$  = 2,87;  $Mg^{+2}$  = 0,80;  $Al^{+3}$  = 0,00; (todos  $cmol_c dm^{-3}$  - Extrator KCl); H + Al = 3,80 ( $cmol_c dm^{-3}$  - Extrator

Acetato de Cálcio); SB = 4,18; t = 4,18; T = 7,98; (Todos  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ); V = 52,4%; m = 0,0%.

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 doença foi realizado sempre que possível de forma preventiva.

Com relação à adubação, as doses utilizadas por vaso foram de 8,0g de N, 0,15g de P e 4,6g de K na forma de sulfato de amônio, super-simples e cloreto de potássio, durante a execução do experimento. O Ca e Mg foram fornecidos via calcário dolomítico com base em análises de solo, considerando-se 60% de saturação em bases como ideal para o cafeeiro (GUIMARÃES et al., 1999). O enxofre foi fornecido como elemento acompanhante de fertilizantes nitrogenados e fosfatados. Para o cálculo das doses de Nitrogênio, Fósforo e Potássio fez-se uma média da extração de nutrientes por plantas de cafeeiro com idade entre um e dois anos baseando-se em dados apresentados por MALAVOLTA (1993), para as variedades Catuaí e Mundo Novo, considerando-se uma eficiência de uso de 90% para o N, 80% para o K e 70% para o P. Os micronutrientes foram supridos ao longo do desenvolvimento da cultura via pulverização. A adubação foi realizada de modo que não limitasse a disponibilidade de nenhum dos nutrientes, uma vez que poderia influenciar os índices de eficiência estudados.

A coleta foi efetuada 18 meses após o transplante para os vasos de 20L, dividindo-se a planta em raiz, 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. A seguir, o material vegetal foi digerido em mistura nítrico-perclórica (JOHNSON & ULRICH, 1959) e com os extratos obtidos determinou-se a concentração de K pelo método de fotometria de chama e as concentrações de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica (MALAVOLTA et al., 1997). A partir da matéria seca e do conteúdo dos nutrientes na planta, foram calculados os índices: a) eficiência de utilização de nutriente =  $(\text{matéria seca total produzida})^2 / (\text{conteúdo total do nutriente na planta})$  (SIDDIQI & GLASS 1981); b) eficiência de absorção =  $(\text{conteúdo total do nutriente na planta}) / (\text{matéria seca de raízes})$  (SWIADER et al. 1994); c) eficiência de translocação =  $100 \times (\text{conteúdo do nutriente na parte aérea}) / (\text{conteúdo total do nutriente na planta})$  (LI et al. 1991).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 24 tratamentos (quatro pés-francos e 20 combinações de enxertia) e três repetições. A parcela

experimental constituiu-se de três plantas. Utilizou-se o teste “t” de Student a 5% de probabilidade de erro para comparação entre as médias. O processamento foi realizado utilizando-se o programa GENES – Aplicativo Computacional em Genética e Estatística (CRUZ, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se aumento na matéria seca de raízes nas combinações Catuaí 15/ES 26 e Catuaí 15/ES 23, enquanto que as combinações H 419/ES 36, H 419/ES 23, H 419/ES 38 e todas as combinações com H 514 apresentaram redução quando comparadas com os respectivos pés-francos (H419 e H514). Com relação à produção de matéria seca da parte aérea e total, os resultados foram parcialmente semelhantes, ocorrendo aumento da biomassa para a variedade Catuaí 15, quando enxertado 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. Já as combinações H419/ES 21 e H419/36 tiveram redução da matéria seca total e matéria seca da raiz respectivamente (Tabela 1).

Houve aumento da eficiência de absorção do Potássio nas combinações H419/ES 36, H514/ES 21, H514/ES 26 e H514/ES 38 e diminuição para Catuaí 15/ES 26, Catuaí 15/ES 38 e todas as combinações com Oeiras, quando comparadas com as plantas controles (pés-francos). Quanto à eficiência de translocação, apenas as combinações Catuaí 15/ES 38 e H514/ES 38 tiveram aumento em relação ao controle, sendo que as demais não diferiram. Com relação à eficiência de utilização, somente a combinação Catuaí 15/ES 23 apresentou aumento quando comparada com a planta controle, não ocorrendo diferença entre as demais (Tabela 1).

Ao comparar os resultados de conteúdo de potássio e matéria seca total da planta (Tabela 1), verificou-se que para a maioria das combinações de enxertia houve paridade dos resultados, ou seja, maiores ou menores valores significativos do conteúdo acarretaram aumento e diminuição da matéria seca total respectivamente, com exceção das combinações Catuaí 15/ES 23 e H419/ES 21, que não diferiram das plantas controles quanto ao conteúdo. No entanto, elas tiveram aumento e diminuição da matéria seca total da planta.

Com relação à eficiência de absorção de potássio, verifica-se que as combinações mais eficientes em absorver este nutriente não o converteram em maiores produções de matéria seca (Tabela 1). Entretanto, a menor absorção deste nutriente resultou em diminuição da

Tabela 1 - Matéria seca de raiz (MSR), parte aérea (MSPA), total (MST), conteúdo total (CTK), eficiência de absorção (EAK), translocação (ETK) e utilização de potássio (EUK) em plantas de café não-enxertadas (controle) e com diversas combinações enxerto/porta enxerto, cultivadas em vasos

Contrastes	MSR	MSPA	MST	CTK	EAK	ETK	EUK
	-----g planta <sup>-1</sup> -----			g planta <sup>-1</sup>	mg g <sup>-1</sup>	%	g <sup>2</sup> mg <sup>-1</sup>
Catuai 15 (controle)	37,2	170,1	207,3	4,8	130,7	80,3	8,8
vs Catuai 15/ ES 21	34,7 <sup>ns</sup>	165,6 <sup>ns</sup>	200,3 <sup>ns</sup>	4,6 <sup>ns</sup>	133,1 <sup>ns</sup>	86,5 <sup>ns</sup>	8,8 <sup>ns</sup>
vs Catuai 15/ ES 36	36,4 <sup>ns</sup>	179,7 <sup>ns</sup>	216,0 <sup>ns</sup>	4,6 <sup>ns</sup>	129,8 <sup>ns</sup>	84,4 <sup>ns</sup>	10,1 <sup>ns</sup>
vs Catuai 15/ ES 26	55,7 <sup>*</sup>	192,6 <sup>*</sup>	247,3 <sup>*</sup>	5,9 <sup>*</sup>	107,3 <sup>*</sup>	76,8 <sup>ns</sup>	10,4 <sup>ns</sup>
vs Catuai 15/ ES 23	44,9 <sup>*</sup>	194,8 <sup>*</sup>	239,7 <sup>*</sup>	5,2 <sup>ns</sup>	115,9 <sup>ns</sup>	81,8 <sup>ns</sup>	11,0 <sup>*</sup>
vs Catuai 15/ ES 38	32,9 <sup>ns</sup>	143,7 <sup>*</sup>	176,5 <sup>*</sup>	3,6 <sup>*</sup>	108,5 <sup>*</sup>	88,4 <sup>*</sup>	8,8 <sup>ns</sup>
H 419-10-3-4-4 (controle)	59,3	198,8	258,1	5,8	97,3	84,1	11,6
vs H 419 / ES 21	57,6 <sup>ns</sup>	170,7 <sup>*</sup>	228,3 <sup>*</sup>	5,2 <sup>ns</sup>	90,1 <sup>ns</sup>	77,3 <sup>ns</sup>	10,1 <sup>ns</sup>
vs H 419 / ES 36	43,2 <sup>*</sup>	193,3 <sup>ns</sup>	236,6 <sup>ns</sup>	5,2 <sup>ns</sup>	122,0 <sup>*</sup>	82,5 <sup>ns</sup>	10,9 <sup>ns</sup>
vs H 419 / ES 26	55,9 <sup>ns</sup>	209,9 <sup>ns</sup>	265,8 <sup>ns</sup>	6,0 <sup>ns</sup>	107,3 <sup>ns</sup>	77,7 <sup>ns</sup>	11,8 <sup>ns</sup>
vs H 419 / ES 23	39,9 <sup>*</sup>	166,7 <sup>*</sup>	206,6 <sup>*</sup>	4,4 <sup>*</sup>	110,1 <sup>ns</sup>	79,2 <sup>ns</sup>	9,8 <sup>ns</sup>
vs H 419 / ES 38	44,9 <sup>*</sup>	160,0 <sup>*</sup>	204,9 <sup>*</sup>	4,4 <sup>*</sup>	96,6 <sup>ns</sup>	77,6 <sup>ns</sup>	9,7 <sup>ns</sup>
H 514-5-5-3 (controle)	48,1	195,1	243,1	5,5	113,6	80,7	10,9
vs H 514 / ES 21	36,9 <sup>*</sup>	187,1 <sup>ns</sup>	224,0 <sup>ns</sup>	5,3 <sup>ns</sup>	142,3 <sup>*</sup>	81,3 <sup>ns</sup>	9,6 <sup>ns</sup>
vs H 514 / ES 36	36,1 <sup>*</sup>	180,3 <sup>ns</sup>	216,4 <sup>ns</sup>	4,6 <sup>ns</sup>	126,7 <sup>ns</sup>	86,8 <sup>ns</sup>	10,2 <sup>ns</sup>
vs H 514 / ES 26	38,0 <sup>*</sup>	182,0 <sup>ns</sup>	220,0 <sup>ns</sup>	5,0 <sup>ns</sup>	131,6 <sup>*</sup>	83,9 <sup>ns</sup>	9,7 <sup>ns</sup>
vs H 514 / ES 23	37,3 <sup>*</sup>	169,9 <sup>*</sup>	207,3 <sup>*</sup>	4,4 <sup>*</sup>	119,2 <sup>ns</sup>	82,8 <sup>ns</sup>	9,7 <sup>s</sup>
vs H 514 / ES 38	28,3 <sup>*</sup>	166,5 <sup>*</sup>	194,8 <sup>*</sup>	3,9 <sup>*</sup>	140,2 <sup>*</sup>	88,5 <sup>*</sup>	9,6 <sup>ns</sup>
Oeiras (controle)	39,8	192,9	232,6	6,2	155,0	84,1	8,8
vs Oeiras / ES 21	37,9 <sup>ns</sup>	153,3 <sup>*</sup>	191,3 <sup>*</sup>	4,1 <sup>*</sup>	109,4 <sup>*</sup>	81,6 <sup>ns</sup>	8,9 <sup>ns</sup>
vs Oeiras / ES 36	40,9 <sup>ns</sup>	163,4 <sup>*</sup>	204,3 <sup>*</sup>	4,4 <sup>*</sup>	108,6 <sup>*</sup>	78,8 <sup>ns</sup>	9,43 <sup>ns</sup>
vs Oeiras / ES 26	41,5 <sup>ns</sup>	155,1 <sup>*</sup>	196,5 <sup>*</sup>	4,9 <sup>*</sup>	118,4 <sup>*</sup>	77,7 <sup>ns</sup>	7,85 <sup>ns</sup>
vs Oeiras / ES 23	36,7 <sup>ns</sup>	143,4 <sup>*</sup>	180,1 <sup>*</sup>	3,9 <sup>*</sup>	105,7 <sup>*</sup>	81,5 <sup>ns</sup>	8,40 <sup>ns</sup>
vs Oeiras / ES 38	33,5 <sup>ns</sup>	152,4 <sup>*</sup>	185,9 <sup>*</sup>	4,1 <sup>*</sup>	122,8 <sup>*</sup>	82,1 <sup>ns</sup>	8,51 <sup>ns</sup>

\* e <sup>ns</sup>: contrastes significativos e não-significativos, respectivamente, pelo teste "t" de Student em nível de 5% de probabilidade de erro.

produção de matéria seca na maioria das combinações, com exceção da combinação Catuai15/ES 26, que apesar da redução na absorção do nutriente proporcionou aumento na produção de matéria seca total da planta (Tabela 1). Isso aconteceu pelo fato do sistema radicular desta planta ter suplantado o do pé-franco em 56%, resultando em menor taxa de absorção de K por unidade de matéria radicular.

Os mecanismos responsáveis pela alta eficiência de absorção diferem entre as espécies. Determinados genótipos produzem sistema radicular extensivo, enquanto que outros têm alta capacidade de absorção por unidade de comprimento radicular, ou seja, alto influxo de nutrientes (FÖHSE et al., 1988). A movimentação dos íons por meio das raízes e seu descarregamento no xilema envolve vários mecanismos que podem limitar sua ascensão para a parte aérea e que podem ser a base das diferenças genotípicas na absorção e no movimento dos nutrientes (GERLOFF & GABELMAN, 1983).

Quanto à alocação de K na parte aérea, as maiores porcentagens do nutriente ocorridas nas combinações Catuai 15/ES 38 e H514/ES 38 podem ser devidas ao menor acúmulo deste elemento na raiz, pois, apesar de a redução no conteúdo total da planta, as mesmas tiveram um aumento na translocação para a parte aérea de 10% com relação aos respectivos pés-francos (Tabela 1).

A melhor eficiência de utilização de K na combinação Catuai 15/ES 23 pode ser devida a seu melhor emprego no metabolismo e crescimento, pois, mesmo não havendo aumento na absorção, na translocação e no conteúdo do elemento na planta quando comparada com o controle, observa-se um aumento da produção de matéria seca. Já a combinação H 514/ES 38 apresentou maior absorção e translocação de K mas, não foi eficiente na utilização do mesmo, tendo como consequência a redução da matéria produzida.

Em experimento de enxertia de *Coffea arabica* sobre progênies de *Coffea canephora* e de

*Coffea congestis*, FAHL et al. (1998) verificaram que plantas enxertadas dos genótipos de Catuaí e Mundo Novo apresentavam maiores teores foliares de potássio em 11 e 8%, respectivamente, em determinados locais de estudo, quando comparados com os pés-francos.

Ao estudar a eficiência nutricional quanto ao nitrogênio e ao potássio em *C. arabica*, PEREIRA, (1999) verificou que os maiores índices de eficiência apresentados pela progênie UFV 2983, proporcionou à planta uma maior capacidade produtiva de grãos.

Para a eficiência de absorção do Ca, as combinações H514/ES 23 e H514/ES 38 apresentaram aumento na absorção do nutriente, sendo que as demais combinações de enxertias não diferiram dos pés-francos. Já com relação à eficiência de translocação, todas as combinações, com exceção das Catuaí 15/ES 26, H419/ES 26 e Oeiras/ES 23, superaram os controles. Quanto à eficiência de utilização, as combinações H419/ES 21, H419/ES 38, H514/ES 23, H514/ES 38, Oeiras/ES 21, Oeiras/ES 23 e Oeiras/ES 38 apresentaram redução quando comparadas com os controles. Com relação ao conteúdo total, não houve diferenças entre as enxertias e os controles (Tabela 2).

Quanto à translocação de Ca, as altas porcentagens encontradas na maioria das enxertias não proporcionaram aumento da produção de matéria seca das plantas com exceção da combinação Catuaí 15/ES 23. A enxertia Catuaí 15/ES 26, apesar de não ter ocorrido diferença significativa na translocação de Ca, apresentou aumento na matéria seca. Isso pode ter ocorrido pela maior eficiência de outros nutrientes no metabolismo da planta.

A redução na eficiência de utilização de Ca pode ter ocorrido pela maior exigência metabólica do nutriente, pois, apesar do aumento da eficiência de translocação verificada na maioria das combinações testadas, foram observadas reduções na matéria seca, comprovando a baixa eficiência do uso de Ca.

Em cultivo hidropônico, em plantas jovens de café enxertadas, alguns genótipos de *Coffea arabica* enxertados sobre *Coffea Canephora* apresentaram redução na eficiência de utilização de Ca, que variaram de 33 a 60% (TOMAZ et al., 2003).

Com relação à eficiência de absorção do Mg, as combinações Catuaí 15/ES 26, Catuaí 15/ES 23, Catuaí

Tabela 2 - Conteúdo total (CTCa), eficiência de absorção (EACa), translocação (ETCa) e utilização de cálcio (EUCa); conteúdo total (CTMg), eficiência de absorção (EAMg), translocação (ETMg) e utilização de magnésio (EUMg) em plantas de café não-enxertadas (controle) e com diversas combinações enxerto/porta enxerto, cultivadas em vasos.

Contrastes	CTCa	EACa	ETCa	EUCa	CTMg	EAMg	ETMg	EUMg
	g planta <sup>-1</sup>	mg g <sup>-1</sup>	%	g <sup>2</sup> mg <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	mg g <sup>-1</sup>	%	g <sup>2</sup> mg <sup>-1</sup>
Catuaí 15 (controle)	1,1	29,8	74,1	39,0	0,5	13,0	69,1	89,4
vs Catuaí 15/ES 21	1,1 <sup>ns</sup>	31,9 <sup>ns</sup>	84,7*	36,3 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	12,0 <sup>ns</sup>	67,7 <sup>ns</sup>	96,9 <sup>ns</sup>
vs Catuaí 15/ES 36	1,2 <sup>ns</sup>	33,8 <sup>ns</sup>	84,6*	40,6 <sup>ns</sup>	0,4 <sup>ns</sup>	11,2 <sup>ns</sup>	62,3 <sup>ns</sup>	116,3*
vs Catuaí 15/ES 26	1,3 <sup>ns</sup>	24,4 <sup>ns</sup>	75,4 <sup>ns</sup>	46,2 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	9,6*	57,9*	116,5*
vs Catuaí 15/ES 23	1,3 <sup>ns</sup>	30,2 <sup>ns</sup>	82,4*	43,9 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	10,1*	65,0 <sup>ns</sup>	127,6*
vs Catuaí 15/ES 38	1,1 <sup>ns</sup>	32,8 <sup>ns</sup>	83,3*	29,6 <sup>ns</sup>	0,3*	10,2*	70,8 <sup>ns</sup>	92,7 <sup>ns</sup>
H 419-10-3-4-4 (controle)	1,5	26,3	70,1	42,9	0,6	10,6	66,0	106,3
vs H 419 / ES 21	1,7 <sup>ns</sup>	29,3 <sup>ns</sup>	76,2*	30,9*	0,5*	8,5 <sup>ns</sup>	53,0*	106,6 <sup>ns</sup>
vs H 419 / ES 36	1,4 <sup>ns</sup>	31,2 <sup>ns</sup>	82,4*	41,6 <sup>ns</sup>	0,4*	10,1 <sup>ns</sup>	63,2 <sup>ns</sup>	131,9 <sup>ns</sup>
vs H 419 / ES 26	1,7 <sup>ns</sup>	30,4 <sup>ns</sup>	70,1 <sup>ns</sup>	41,8 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	10,8 <sup>ns</sup>	59,3 <sup>ns</sup>	118,0 <sup>ns</sup>
vs H 419 / ES 23	1,3 <sup>ns</sup>	31,2 <sup>ns</sup>	84,8*	34,9 <sup>ns</sup>	0,4*	10,7 <sup>ns</sup>	62,1 <sup>ns</sup>	101,8 <sup>ns</sup>
vs H 419 / ES 38	1,5 <sup>ns</sup>	34,4 <sup>ns</sup>	82,3*	27,5*	0,5*	10,2 <sup>ns</sup>	58,6 <sup>ns</sup>	93,5 <sup>ns</sup>
H 514-5-5-3 (controle)	1,3	28,1	73,8	44,7	0,6	11,5	71,0	109,3
vs H 514 / ES 21	1,3 <sup>ns</sup>	35,8 <sup>ns</sup>	82,6*	38,4 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	13,0 <sup>ns</sup>	61,8*	105,4 <sup>ns</sup>
vs H 514 / ES 36	1,2 <sup>ns</sup>	34,3 <sup>ns</sup>	88,1*	38,4 <sup>ns</sup>	0,4*	11,2 <sup>ns</sup>	63,6 <sup>ns</sup>	117,8 <sup>ns</sup>
vs H 514 / ES 26	1,3 <sup>ns</sup>	33,1 <sup>ns</sup>	80,9*	38,6 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	12,0 <sup>ns</sup>	61,2*	106,8 <sup>ns</sup>
vs H 514 / ES 23	1,3 <sup>ns</sup>	36,6*	84,7*	32,7*	0,4*	10,8 <sup>ns</sup>	65,8 <sup>ns</sup>	107,0 <sup>ns</sup>
vs H 514 / ES 38	1,1 <sup>ns</sup>	40,4*	87,2*	33,2*	0,3*	11,4 <sup>ns</sup>	69,2 <sup>ns</sup>	118,0 <sup>ns</sup>
Oeiras (controle)	1,4	34,1	75,3	39,9	0,6	15,9	72,1	86,6
vs Oeiras / ES 21	1,4 <sup>ns</sup>	37,3 <sup>ns</sup>	85,6*	26,1*	0,4*	11,0*	67,5 <sup>ns</sup>	88,2 <sup>ns</sup>
vs Oeiras / ES 36	1,4 <sup>ns</sup>	34,7 <sup>ns</sup>	87,2*	30,6 <sup>ns</sup>	0,5*	11,1*	66,2 <sup>ns</sup>	93,8 <sup>ns</sup>
vs Oeiras / ES 26	1,2 <sup>ns</sup>	28,7 <sup>ns</sup>	77,0 <sup>ns</sup>	32,5 <sup>ns</sup>	0,5*	10,8*	64,2*	87,0 <sup>ns</sup>
vs Oeiras / ES 23	1,4 <sup>ns</sup>	37,9 <sup>ns</sup>	83,5*	23,8*	0,4*	10,5*	63,4*	87,3 <sup>ns</sup>
vs Oeiras / ES 38	1,4 <sup>ns</sup>	40,0 <sup>ns</sup>	82,5*	26,2*	0,4*	12,4*	70,2 <sup>ns</sup>	83,6 <sup>ns</sup>

\* e <sup>ns</sup>: contrastes significativos e não-significativos, respectivamente, pelo teste "t" de Student em nível de 5% de probabilidade de erro.

15/ES 38 e todas as combinações com Oeiras, tiveram redução desta variável quando comparadas com os controles. Quanto à eficiência de translocação desse nutriente, houve redução nas combinações Catuaí 15/ES 26, H419/ES 21, H514/ES 21, H514/ES 26, Oeiras/ES 26 e Oeiras/ES 38, não ocorrendo diferença para as demais. Já quanto à eficiência de utilização, combinações do Catuaí 15 com os Clones ES 36, ES 26 e ES 23 suplantaram as das plantas controle (Tabela 2).

Observou-se que a redução do conteúdo total de Mg (Tabela 2) foi acompanhada da redução da produção de matéria seca total (Tabela 1), com exceção das combinações H419/ES 36 e H514/ES 36, que apesar da diminuição do conteúdo não tiveram redução na produção de matéria seca. Observou-se também que entre as duas combinações com produção de matéria seca aumentada houve aumento da utilização de magnésio. Esse resultado pode ser atribuído à maior eficiência metabólica destas plantas, pois maior quantidade de matéria seca foi produzida por unidade de Mg absorvido, visto que não houve aumento no conteúdo deste nutriente nestas plantas.

Tanto os enxertos como os porta-enxertos utilizados neste trabalho possuem boas características de vigor. No entanto, é interessante ressaltar que as reduções observadas na produção de matéria seca e eficiência nutricional de diversas combinações de enxertia podem ter ocorrido pela menor afinidade entre copa e porta-enxerto e também pela menor eficiência de absorção e utilização de outros nutrientes não citados neste trabalho. Os efeitos do porta-enxerto não são passíveis de serem detectados sem se considerar o sistema como um todo (copa/porta-enxerto), uma vez que existe ação recíproca entre as partes envolvidas (PAULETTO et al., 2001).

Vale ressaltar que o experimento realizado em vaso, apesar de ter um ambiente muitas vezes diferente das condições reais de campo, possibilita uma avaliação preliminar das plantas com melhor controle de água e nutrientes. Isso garante uma maior homogeneidade dos tratamentos para posteriormente serem testado em campo.

## CONCLUSÕES

Há variação da eficiência nutricional de K, Ca e Mg das plantas de cafeeiro em função da combinação enxerto/porta-enxerto. Na maioria das vezes, as plantas enxertadas tiveram desempenho inferior ao do pé-franco quanto à eficiência de absorção, à translocação e à utilização do K, Ca e Mg, bem como da produção de matéria seca. O cultivar “Catuaí Vermelho IAC 15”, quando combinado com os porta-

enxertos ES 26 e ES 23, foram eficientes quanto à utilização de magnésio e à produção de matéria seca. A baixa eficiência de absorção de K e Mg das combinações de enxertia com a cultivar “Oeiras MG 6851” pode ter contribuído para a redução de produção de matéria seca total das mesmas.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa do primeiro autor, e ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), pelo fornecimento das sementes de *Coffea canephora* e pelo apoio ao trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ABICHEQUER, A.D.; BOHNEN, H. Eficiência de absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.1, p.21-26, 1998.
- BARBER, S.A. Soil plant interactions in the phosphorus nutrition of plants. In: KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E.C. (Ed.). **The role of phosphorus in agriculture**. Madison: SSSA, 1981. p.591-616.
- BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability**. A mechanistic approach. New York: Wiley-Interscience, 1984. 398p.
- CRUZ, C.D. **Programa genes: versão Windows**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. [CDROM].
- FAHL, J.I. et al. Enxertia de *Coffea arabica* sobre progênies de *C. canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.2, p.297-312, 1998.
- FÖHSE, D. et al. Phosphorus efficiency of plants. **Plant Soil**, v.110, p.101-109, 1988.
- GENÚ, P.J.C. **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**. 1985. 156f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de pós-graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- GERLOFF, G.C.; GABELMAN W.H. Genetic basis of inorganic plant nutrition. In: LÄUCHLI, A; BIELESKI, R.L. (Eds.). **Inorganic plant nutrition**. Encyclopedia of plant physiology. Berlin: Springer-Verlag, 1983. p.453-480.
- GONÇALVES, C.A.A. **Comportamento da cultivar folha de figo (*Vitis tabrusca* L.) sobre diferentes porta-enxertos de videira**. 1996. 45f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras.
- GUIMARÃES, P.T.G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A.C. et al. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes**

- em Minas Gerais. 5.Aprox. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. p.289-302.
- GRAHAM, R.D. Breeding for nutritional characteristics in cereals. \_\_\_\_\_. **Advances in plant nutrition**. New York: Praeger Scientific, 1984. V.1, p.57-102.
- HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E. **Propagación de plantas: principios y practices**. México: Continental, 1990. 760p.
- JOHNSON, C.M.; ULRICH, A. **Analytical methods for use in plants analysis**. California: California Agricultural Experimental Station, 1959. p.26-78. (Bulletin, 766).
- LI, B. et al. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, v.37, n.2, p.613-626, 1991.
- LIMA, L.A. et al. Concentração de boro e enxofre em folhas de laranjeiras doces, determinados por diferentes porta-enxertos e enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.2, n.2, p.54-61, 1980.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210p.
- MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MORAES M.V.; FRANCO, C.M. **Método expedito para enxertia em café**. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1973. 8p.
- PAULETTO, D. et al. Produção e vigor da videira “Niágara Rosada” relacionada com o porta-enxerto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.115-121, 2001.
- PEREIRA, J.B.D. **Eficiência nutricional de nitrogênio e de potássio em plantas de café (*Coffea arabica* L.)**. 1999. 99f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa.
- SACRAMENTO, L.V.S.; ROSOLEM, C.A. Eficiência de absorção e utilização de potássio por plantas de soja em solução nutritiva. **Bragantia**, v.57, n.2, p.355-365, 1998.
- SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.4, n.3, p.289-302, 1981.
- SWIADER, J.M. et al. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, v.17, n.10, p.1687-1699, 1994.
- TOMAZ, M.A. et al. Eficiência de absorção, translocação e utilização de cálcio, magnésio e enxofre por mudas enxertadas de *coffea arabica*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.885-892, 2003.