

MARCELO ANTONIO TOMAZ

**DESENVOLVIMENTO, EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE
CAFEIROS ENXERTADOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

MARCELO ANTONIO TOMAZ

**DESENVOLVIMENTO, EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE
CAFFEEIROS ENXERTADOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 17 de fevereiro de 2005

Prof. Cosme Damião Cruz
(Conselheiro)

Prof^a. Hermínia Emília Prieto Martinez
(Conselheira)

Dr. Antônio Alves Pereira

Dr. Aymbiré F. Almeida da Fonseca

Prof. Ney Sussumu Sakiyama
(Orientador)

A Deus

A minha esposa Vívian Moreira Osório Tomaz

Aos meus saudosos pais Antônio Tomaz

e Maria Terezinha de Jesus Tomaz

A meu irmão Maurício Castro Tomaz

A meus amigos e familiares

Dedico.

AGRADECIMENTO

A Deus, que esteve sempre presente em minha vida, guiando meus caminhos e tornando tudo possível.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade oferecida para a realização deste programa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

A INCAPER pelo apoio concedido ao trabalho.

Ao professor Ney Sussumu Sakiyama, pela orientação, pelos conhecimentos transmitidos e principalmente pela amizade.

À professora Hermínia Emília Prietro Martinez, pela amizade, pelo aconselhamento e pela contribuição no planejamento e execução deste trabalho.

Ao professor Cosme Damião Cruz, pela atenção sempre cordial e colaboração na análise estatística.

Ao pesquisador Antônio Alves Pereira, pela colaboração, pelas sugestões e pela amizade.

À minha esposa Vívian pelo carinho, companheirismo e ajuda na execução dos trabalhos.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, em especial a Domingos Sávio, Itamar e Mara por toda ajuda, colaboração e convívio.

Aos funcionários do viveiro de café que colaboraram na execução

deste trabalho, Geraldo, Delfim, Valtinho e Mário.

Aos amigos e colegas da graduação e da pós-graduação, em especial Sérgio Ricardo Silva, Rogério Soares de Freitas, Eliane Earchângelo, Odilon Lemos, Rafael Rust, Black, e a tantos outros, pela amizade e pelo auxílio nas horas difíceis.

A meus pais Antônio Tomaz e Maria Terezinha de Jesus Tomaz, pela educação, pela demonstração de amor e carinho, incentivando em todos os momentos da minha vida.

A meu irmão Maurício pela força, pela demonstração de carinho e pela amizade.

A Banda Magnificat, e a RCC, pelo crescimento e fortalecimento de minha fé, o qual foi de grande importância para o desempenho das atividades acadêmicas.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

MARCELO ANTONIO TOMAZ, filho de Antônio Tomaz e Maria Terezinha de Jesus Tomaz, nasceu em Juruiaia – MG, no dia 08 de abril de 1973.

No período de 1988 a 1990, cursou o 2º Grau Científico na Escola Estadual Dr. Benedito Leite Ribeiro em Guaxupé; neste mesmo período fez o curso Técnico em Contabilidade na Escola Municipal João Paulo II em Juruiaia.

Ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa, no ano de 1993 e colou grau em outubro de 1998.

Em outubro de 1998 iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), tendo defendido Tese em março de 2001.

Em abril de 2001 iniciou Curso de Doutorado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), submetendo-se à defesa de Tese em fevereiro de 2005.

ÍNDICE

RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
ARTIGO 1: ABSORÇÃO, TRANSLOCAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ZINCO, COBRE E MANGANÊS POR MUDAS ENXERTADAS DE <i>Coffea arabica</i> L	4
RESUMO	4
ABSTRACT	5
INTRODUÇÃO	5
MATERIAL E MÉTODOS	7
RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
CONCLUSÕES	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	16

ARTIGO2: PORTA-ENXERTOS AFETANDO O DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE <i>Coffea arabica</i> L.	19
RESUMO	19
ABSTRACT	20
INTRODUÇÃO	20
MATERIAL E MÉTODOS	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	31
ARTIGO 3: CRESCIMENTO DE RAIZ E PARTE AÉREA DE PLANTAS DE CAFEIRO ENXERTADAS, CULTIVADAS EM VASO ...	33
RESUMO	33
ABSTRACT	34
INTRODUÇÃO	34
MATERIAL E MÉTODOS	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	42
ARTIGO 4: EFICIÊNCIA QUANTO À ABSORÇÃO, TRANSLOCAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E ENXOFRE, POR PLANTAS DE CAFEIROS ENXERTADAS, CULTIVADAS EM VASOS	44
RESUMO	44
ABSTRACT	45
INTRODUÇÃO	45

MATERIAL E MÉTODOS	47
RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
CONCLUSÕES	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	58
ARTIGO 5: EFICIÊNCIA DE PLANTAS DE CAFEIEIRO ENXERTADAS, CULTIVADAS EM VASOS, QUANTO À ABSORÇÃO, TRANSLOCAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE K, Ca E Mg	62
RESUMO	62
ABSTRACT	63
INTRODUÇÃO	63
MATERIAL E MÉTODOS	65
RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
CONCLUSÕES	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	74
CONCLUSÕES GERAIS	78

RESUMO

TOMAZ, Marcelo Antonio, Universidade Federal de Viçosa, D.S., fevereiro de 2005. **Desenvolvimento, eficiência nutricional e produção, de cafeeiros enxertados.** Orientador: Ney Sussumu Sakiyama. Conselheiros: Cosme Damião Cruz e Hermínia Emilia Prieto Martinez.

O objetivo destes três experimentos foi avaliar o desenvolvimento, eficiência nutricional e produção, de cafeeiros enxertados. O primeiro experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, utilizando o método circulante de fornecimento de solução nutritiva e areia como substrato. Utilizaram-se como enxerto quatro genótipos de *Coffea arabica* L.: as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 e as progênies 'H 419-10-3-1-5' e 'H 514-5-5-3' e, como porta-enxerto, quatro genótipos, sendo três de *Coffea canephora* Pierre ex Froenher: Apotã LC 2258, Conilon Muriaé-1 e RC EMCAPA 8141 (recombinação entre clones da variedade Robustão Capixaba - EMCAPA 8141) e uma variedade de *C. arabica*: Mundo Novo IAC 376-4, além da utilização de quatro pés-francos. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 20 tratamentos, 4 repetições e uma planta por parcela. Após 170 dias do transplântio para os vasos, o material foi seco, pesado, triturado e analisado quimicamente para os cálculos das eficiências de absorção, translocação e utilização de zinco, cobre e manganês. O segundo trabalho foi conduzido em condições de campo, na

fazenda Jatobá município de Paula Cândido – MG, utilizando os mesmos tratamentos do primeiro experimento. O delineamento foi em blocos casualizados com 20 tratamentos, 3 repetições, 4 plantas por parcela e espaçamento de plantio 3,0 x 0,80 metros. As medições realizadas foram de crescimento e produção. O terceiro experimento foi conduzido no viveiro de café da Universidade Federal de Viçosa, MG, utilizando-se vasos de 20 Litros e como substrato, terra, areia e esterco. Utilizaram-se como enxertos da espécie *C. arabica* as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 as progênies ‘H 419-10-3-4-4’ e ‘H 514-5-5-3’. Como porta-enxerto foram empregados cinco progênies famílias de meio-irmãos de clones de *Coffea canephora* Pierre cv. Conilon ‘ES 21’, ‘ES 36’, ‘ES 26’, ‘ES 23’ e ‘ES 38’. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 24 tratamentos, 3 repetições e 3 plantas por parcela. Após 18 meses do plantio em vaso avaliou-se o crescimento de raiz e parte aérea das plantas. Posteriormente o material foi seco, pesado, triturado e analisado quimicamente para o cálculo das eficiências de absorção, translocação e utilização de nutrientes pelas plantas. Em hidroponia a progênie ‘H 514-5-5-3’ apresentou melhor desempenho na eficiência de utilização de Zn, Cu, Mn e produção de matéria seca quando combinada com os porta-enxertos Apatã e Mundo Novo. No trabalho conduzido em campo, a progênie ‘H 419-10-3-1-5’ apresentou aumento na produção de café quando combinada com os porta-enxertos Apatã LC 2258 e RC EMCAPA 8141, e no crescimento pelo RC EMCAPA 8141. No experimento em vasos a combinação de enxertia Catuaí 15/ES 26, apresentou grande afinidade entre copa/porta-enxerto, o que condicionou um maior desenvolvimento da planta. A variedade Catuaí Vermelho IAC 15 foi beneficiada na eficiência de utilização de N, P, Mg e produção de matéria seca total, pelo porta-enxerto ‘ES 26’ e ‘ES 23’ e na eficiência de utilização de K pelo porta-enxerto ‘ES 23’. Na maioria das vezes as plantas enxertadas, tiveram desempenho igual ou inferior ao do pé-franco no desenvolvimento, eficiência nutricional e produção.

ABSTRACT

TOMAZ, Marcelo Antonio, Universidade Federal de Viçosa, D.S., February of 2005. **Development, nutritional efficiency and yield of plants of *Coffea* grafted.** Adviser: Ney Sussumu Sakiyama. Committee members: Cosme Damião Cruz and Hermínia Emilia Prieto Martinez.

The objective of these three experiments was to evaluate the development, nutritional efficiency and yield of grafted Coffee plants. The first experiment was carried in greenhouse of Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais State, Brazil, using the circulant method of nutritive solution, and sand as substratum. As grafts, four *C. arabica* genotypes were used: the varieties Catuaí Vermelho IAC 15 and Oeiras MG 6851, and the progenies 'H 419-10-3-1-5' and 'H 514-5-5-3'. As rootstocks, three genotypes of *Coffea canephora* Pierre et Froenher were used: Apoatã LC 2258, Conilon Muriaé-1 and RC EMCAPA 8141 (recombination among clones of the variety Robustão Capixaba - EMCAPA 8141) and one variety of *C. arabica*: Mundo Novo IAC 376-4, besides four non-grafted plants. The experimental design was randomized blocks design, with 20 treatments, four replications and one plant per plot. 170 days after transplantation to the pots, the material was dried, ground and chemically analyzed, so that the calculus of uptake, translocation and utilization efficiencies of zinc, copper and manganese. The second trial was conducted under field conditions, at the Jatobá farm, located in Paula Cândido

city, Minas Gerais State, where the same treatments of the first experiment were used. The experimental design was random blocks, three replications and four plants per plot, each plant 3,0 x 0,80 meters apart. The measurements accomplished were: plant growth and yield. The third experiment was conducted in a coffee nursery of Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais State, Brazil, in 20 liter pots, with soil, sand and manure, as substrate. The varieties Catuaí Vermelho IAC 15 and Oeiras MG 6851 and the breeding progenies 'H 419-10-3-4-4' and 'H 514-5-5-3' of *C. arabica* were used as grafts. Five progenies of the *Coffea canephora* cv. Conilon (half siblings) clone were used as rootstocks: 'ES 21', 'ES 36', 'ES 26', 'ES 23' and 'ES 38'. The completely randomized experimental design was used, with 24 treatments, three replications and three plants per plot. 18 month after planting in pots, root and canopy growth were evaluated. Then, the material was dried, weighted, ground, and chemically analyzed, so that the calculus of the efficiencies of absorption, translocation and utilization of nutrients by the plants could be accomplished. In hydroponics cultivate, the 'H 514-5-5-3' progeny showed the best performance in Zn, Cu and Mn efficiency of use and dry matter yield, when combined with the rootstocks Aboatã LC 2258 and Mundo Novo IAC 376-4. In the field-led trial the 'H 419-10-3-1-5' progeny was the only one that yielded greater than the non-grafted plant, when combined with the rootstocks Aboatã LC 2258 or RC EMCAPA 8141 and the only one showing greater growth than the non-grafted plant when combined with the RC EMCAPA 8141 rootstock. In pot-led trials the grafting combination Catuaí15/ES 26 presented great affinity between canopy/rootstock, promoting larger development of the plant. The Catuaí Vermelho IAC 15 variety showed the best performance in use of N and P, and total dry matter yield when combined with the rootstock 'ES 26' and 'ES 23,' and the best efficiency in the use of K and total dry matter yield, with the 'ES 23' rootstock. Most of the times, grafted plants, presented performance equal to or worse than the non-grafted plant, regarding the Development, nutritional efficiency and yield.

INTRODUÇÃO

O café foi introduzido no Brasil em 1727, quando as primeiras mudas e sementes foram plantadas no Pará, trazidas das Guianas, expandindo-se gradativamente pelas diversas regiões do país. O Brasil lidera a produção e exportação mundial de café e aparece em segundo lugar em termos de consumo. Os maiores produtores estaduais de café são: Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Paraná.

Embora a forma mais utilizada de propagação do cafeeiro seja por meio de mudas obtidas de sementes, através de técnicas adequadas, é possível sua propagação por métodos assexuados. Um método de propagação assexuada, que vem ganhando espaço na cultura do cafeeiro é a enxertia.

Na cafeicultura a enxertia teve início em 1887, na ilha de Java, onde eram utilizados *Coffea liberica* como porta-enxerto e *Coffea arabica* como enxerto, visando diminuir prejuízos com nematóides. A idéia surgiu pelo fato de *C. liberica* possuir sistema radicular vigoroso apresentando menores prejuízos causados pelos nematóides, quando comparados com o *Coffea arabica* (FERWERDA, 1934).

No Brasil, a enxertia do cafeeiro teve início em 1936 no Instituto Agrônomo de Campinas onde ensaios foram realizados com o objetivo de testar e de melhorar a eficiência das técnicas de enxertia utilizadas em outros países (MORAES & FRANCO, 1968). Hoje, as pesquisa tem apontado outras vantagens desta tecnologia, que aproveita o sistema radicular mais desenvolvido do *Coffea canephora*, usado como porta-enxerto, aliado às características do *Coffea arabica* para o enxerto, como: alta produtividade, maior tamanho dos frutos e a qualidade de bebida. Com a junção destes

fatores, 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.

FAHL et al. (1998), realizando trabalhos em áreas isentas de nematóides, verificaram que cafeeiros enxertados apresentavam maior vigor de copa, maior número de ramos e folhas, e conseqüentemente maior área foliar para ocorrer fotossíntese, maior produção de carboidratos e frutos, o qual chegou a superar em 30% as lavouras de pé-franco.

Segundo SACRAMENTO & ROSELEM (1998), as variáveis consideradas nos processos fisiológicos que abrangem a eficiência nutricional, tais como absorção de um dado elemento, sua translocação e utilização pela planta, sugerem controle genético da nutrição.

ALBUQUERQUE & DECHEN (2000) avaliando a absorção de macronutrientes por porta-enxertos e cultivares de videira, observaram diferenças significativas nas concentrações de minerais de um mesmo enxerto, sobre diversos porta-enxertos.

A utilização eficiente de nutrientes pelas plantas é de grande importância para a agricultura, pois, uma das principais limitações em mais da metade das terras cultivadas dos trópicos reside na baixa fertilidade dos solos que são, em sua maioria, ácidos e com deficiências generalizadas de nutrientes, principalmente fósforo (GOEDERT, 1983). Com isso, o desenvolvimento de cultivares mais eficientes na absorção e utilização de nutrientes, pode minimizar estes problemas reduzindo os gastos com adubações e os custos de produção.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento, a eficiência nutricional e a produção, de cafeeiros enxertados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, T.C.S. & DECHEN, A.R. Absorção de macronutrientes por porta-enxertos e cultivares de videira em hidroponia. **Scientia Agricola**, v.57, n.1, p.135-139, 2000.

FAHL, J.I., CARELLI, M.L.C., GALLO, P.B., COSTA, W.M. & NOVO, M.C.S.S. Enxertia de *Coffea arabica* sobre Progênies de *C. canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. **Bragantia**, v.57, n.2, p.297-312, 1998.

FERWERDA, F.P. The vegetative propagation of Coffea. **Emp. J. Exp. Agric.**, v.2, p.189-199, 1934.

GOEDERT, W.J. Management of the Cerrado soils of Brazil: a review. **Journal of Soil Science**, v.34, p.405-428, 1983.

MORAES, M.V. & FRANCO, C.M. Método expedito para enxertia em café. **Instituto Brasileiro do Café** – Gerca, 1968. 17p.

SACRAMENTO, L.V.S. & ROSELEM, C.A. Eficiência de absorção e utilização de potássio por plantas de soja em solução nutritiva. **Bragantia**, v.57 n.2, p.355-65, 1998.

ABSORÇÃO, TRANSLOCAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ZINCO, COBRE E MANGANÊS POR MUDAS ENXERTADAS DE *Coffea arabica*

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar, em cultivo hidropônico, a eficiência da absorção, translocação e utilização de zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn) por mudas de *Coffea arabica* L., em função do porta-enxerto. O experimento foi realizado em casa de vegetação, por um período de 170 dias, em vasos contendo areia como substrato, recebendo solução nutritiva circulante. Utilizaram-se como enxerto quatro genótipos de *C. arabica*: as cultivares Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 e as progênies 'H 419-10-3-1-5' e 'H 514-5-5-3', e, como porta-enxerto, quatro genótipos, sendo três de *Coffea canephora* Pierre ex Froenher: Apoatã LC 2258, Conilon Muriaé-1 e RC EMCAPA 8141 (recombinação entre clones da variedade Robustão Capixaba - EMCAPA 8141) e uma variedade de *C. arabica*: Mundo Novo IAC 376-4, além da utilização de quatro pés-francos. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 20 tratamentos, 4 repetições e uma planta por parcela. A eficiência nutricional das mudas de cafeeiro quanto ao Zn, Cu e Mn variou em função da combinação enxerto/porta-enxerto. A progênie 'H 514-5-5-3' foi mais eficiente quanto a utilização de Zn, Cu e Mn e produção de matéria seca quando combinada com os porta-enxertos Apoatã LC 2258 e Mundo Novo IAC 376-4. O Catuaí Vermelho IAC 15 foi mais eficiente na utilização de Cu e Mn quando combinado com Apoatã LC 2258.

Palavras chave: *Coffea canephora*, enxertia, hidroponia, solução nutritiva

ABSORPTION, TRANSLOCATION AND UTILIZATION OF ZINC, COPPER AND MANGANESE IN *Coffea arabica* YOUNG PLANTS.

ABSTRACT

Our objective of the present study was the evaluation of the efficiency of uptake, translocation and utilization of Zn, Cu and Mn in young Coffee plants. The experiment was accomplished in greenhouse for a period of 170 days using the circulant method of nutritive solution, and sand as substratum. As grafts, four *C. arabica* genotypes were used: the varieties Catuaí Vermelho IAC 15 and Oeiras MG 6851, and the progenies 'H 419-10-3-1-5' and 'H 514-5-5-3'. As rootstocks, three genotypes of *Coffea canephora* Pierre et Froenher were used: Apatã LC 2258, Conilon Muriaé-1 and RC EMCAPA 8141 (recombination among clones of the variety Robustão Capixaba - EMCAPA 8141) and one variety of *C. arabica*: Mundo Novo IAC 376-4, besides four non-grafted plants. The experimental design was randomized blocks design, with 20 treatments, four replications and one plant per plot. Most of the times, grafted plants, in hydroponically cultivated presented performance equal to or worse than the non-grafted plant, regarding the nutritional efficiency and dry matter yield. The 'H 514-5-5-3' progeny showed the best performance in Zn, Cu and Mn efficiency of use and dry matter yield, when combined with the rootstocks Apatã LC 2258 and Mundo Novo IAC 376-4 and Catuaí Vermelho IAC 15 an improved use efficiency of Cu and Mn in Apatã LC 2258 plants combinations.

Key words: *Coffea canephora*, grafting, hydroponics, nutritive solution

INTRODUÇÃO

A deficiência de micronutrientes pode provocar diminuição no crescimento da planta e quebra de até 30% na produção. O desequilíbrio provocado pela falta de micronutrientes no metabolismo vegetal pode tornar a cultura mais sensível a doenças, obrigando a gastos adicionais com defensivos e onerando o custo da cultura (MALAVOLTA, 1986).

A busca de uma agricultura com menor consumo energético e ecologicamente sustentável tem estimulado a pesquisa a identificar mecanismos responsáveis pela maior eficiência nutricional, visando ao seu aproveitamento por meio de seleção e de outros métodos de melhoramento de plantas. Ademais, tem-se constatado ampla diversidade genética decorrente de uma série de mecanismos fisiológicos, morfológicos e bioquímicos desenvolvidos pelas plantas quando submetidas às condições adversas de fertilidade do solo (MOURA et al., 1999). Como a absorção, o transporte e a redistribuição de nutrientes apresentam controle genético, existe a possibilidade de se melhorar e, ou, selecionar cultivares mais eficientes quanto à utilização de nutrientes (GABELMAN & GERLOFF, 1983).

Vários mecanismos relacionados às características morfológicas e fisiológicas da planta contribuem para a utilização eficiente de nutrientes, tais como: sistema radicular extenso (que possibilita a exploração de maior volume de solo), alta relação entre raízes e parte aérea, habilidade do sistema radicular em modificar a rizosfera (possibilitando superar baixos níveis de nutrientes), maior eficiência de absorção ou de utilização de nutrientes, capacidade de manter o metabolismo normal com baixo teor de nutrientes nos tecidos, e alta taxa fotossintética (FAGERIA & BALIGAR, 1993).

A enxertia do cafeeiro é uma prática, na qual se aproveita as qualidades do sistema radicular de determinados genótipos usados como porta-enxertos, aliado às características de alta produtividade e qualidade de bebida do *Coffea arabica* L., usado como enxerto.

Trabalhos de enxertia do cafeeiro com o objetivo de estudar a absorção de micronutrientes são bastante escassos. Em culturas como fruteiras, nas quais o processo de enxertia já é estudado há mais tempo, trabalhos têm demonstrado a influência positiva da enxertia na absorção e na composição mineral, tanto de macro como de micronutrientes (GENÚ, 1985).

A cultura do café é exigente em micronutrientes, especialmente em relação ao zinco, que sob deficiência causa encurtamento dos internódios da base do ramo para a ponta (MALAVOLTA et al., 1993) além de tornar as folhas novas menores, levemente coriáceas e quebradiças (IBC, 1985). Com relação ao cobre, apesar de ser um nutriente exigido em pequenas quantidades, participa de diversos processos metabólicos (MARSCHNER, 1995) e tem importância na nutrição mineral, em processos bioquímicos e fisiológicos da

planta. Para o manganês, em cafeeiros deficientes neste nutriente podem ocorrer reduções na quantidade de frutos (MALAVOLTA,1997), o que pode ser explicado pela grande demanda das flores pelo elemento, superando os micronutrientes boro e zinco (MALAVOLTA et al., 2002).

O estudo da eficiência nutricional de micronutrientes na cultura do cafeeiro é de expressiva importância, pois a maioria dos solos de fronteiras agrícolas, onde a cultura está sendo implantada, apresenta características de baixa fertilidade, alta acidez e pobreza de bases.

FAHL et al. (1998), em experimento de enxertia de *Coffea arabica* L. sobre progênies de *C. canephora* e de *C. congensis*, verificaram que as plantas enxertadas apresentavam menores teores de manganês do que as não enxertadas.

Este trabalho teve como objetivo avaliar em cultivo hidropônico a eficiência de absorção, translocação e utilização de zinco, cobre e manganês por mudas de *C. arabica*, em função do porta-enxerto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, utilizando-se o cultivo em areia, fornecendo-se os nutrientes com solução nutritiva circulante.

Utilizaram-se como enxerto quatro genótipos de *C. arabica*: as cultivares Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 e as progênies 'H 419-10-3-1-5' e 'H 514-5-5-3', e, como porta-enxerto, quatro genótipos, sendo três de *Coffea canephora* Pierre ex Froenher: Apatã LC 2258, Conilon Muriaé-1 e RC EMCAPA 8141 (recombinação entre clones da variedade Robustão Capixaba - EMCAPA 8141) e uma variedade de *C. arabica*: Mundo Novo IAC 376-4, além da utilização de quatro pés-francos. A sementeira foi feita em caixas com areia lavada e peneirada. Estas caixas foram mantidas em casa de vegetação até que as plântulas atingissem o estágio "palito de fósforo", o qual ocorreu 70 dias após o semeio. Depois deste período, efetuaram-se as enxertias que foram do tipo hipocotiledonar, conforme MORAES & FRANCO (1973). Após a enxertia, as plantas foram transplantadas para caixas, contendo areia peneirada lavada, e mantidas em câmara de nebulização fechada por um

período de 12 dias. Depois deste período, elas foram colocadas em ambiente aberto, onde permaneceram por 15 dias para aclimação, e passaram a ser irrigadas periodicamente. Depois de aclimatadas, as plantas foram levadas para casa de vegetação para montagem do experimento.

O substrato utilizado no experimento foi areia peneirada, lavada e tratada com HCl comercial para purificação do material. A areia permaneceu no ácido por 24 horas, depois passou por lavagens sucessivas com água corrente para retirar o excesso de H^+ até que o pH atingisse valores em torno de 6,0.

Foram utilizados vasos cilíndricos com capacidade de 3,0 L perfurados no fundo, colocando-se uma mangueira de $\frac{1}{2}$ polegada para fazer a ligação com o recipiente coletor da solução nutritiva.

Empregou-se a solução de CLARK (1975) modificada, que apresenta para os macronutrientes as concentrações ($mmol L^{-1}$) de 5,7 de $N^+NO_3^-$; 1,0 de $N^-NH_4^+$; 0,1 de P; 2,4 de K; 1,2 de Ca; 0,6 de Mg; e 0,7 de S. Para os micronutrientes as concentrações ($\mu mol L^{-1}$) foram de 19 de B; 0,5 de Cu; 40 de Fe; 7,0 de Mn; 0,09 de Mo; e 2,0 de Zn.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 20 tratamentos e quatro repetições, sendo quatro pés-francos e 16 combinações de enxertia (Tabela 1). Utilizou-se o teste “ t ” de Student, a 5% de probabilidade para comparação entre as médias. O processamento foi realizado com o Aplicativo Computacional em Genética e Estatística - GENES (CRUZ, 2001).

O plantio foi realizado após a seleção quanto à uniformidade de tamanho e ao vigor da planta, colocando uma unidade por vaso no estádio “orelha de onça”. A parte superior da casa de vegetação foi recoberta com sombrite com malha de 50% para amenizar a insolação e a temperatura.

Cada vaso recebeu 2,0 L de solução nutritiva e à medida que ocorria diminuição do volume da solução devido à evapotranspiração, fez-se uma reposição com água deionizada até completar o volume de 2,0 L. A circulação da solução nutritiva foi realizada duas vezes ao dia. No decorrer do experimento, a concentração da solução foi aumentada mensalmente para 1,5 (vezes), 2,5 (vezes) e 3,0 (vezes), respectivamente, a da solução inicial. O pH das soluções foi mantido a $5,5 \pm 0,5$ mediante ajustes diários com NaOH. As trocas das soluções foram feitas periodicamente, quando a condutividade elétrica atingia $60\% \pm 10\%$ da CE inicial.

Tabela 1. Relação das combinações de enxertia em mudas de genótipos de cafeeiro

Mudas enxertadas ^{/1}	Identificação no texto
Catuaí Vermelho IAC 15	Catuaí 15
Catuaí Vermelho IAC 15 / Apatã LC 2258	Catuaí 15 / Apatã
Catuaí Vermelho IAC 15 / Conilon Muriaé 1	Catuaí 15 / Conilon M.1
Catuaí Vermelho IAC 15 / Mundo Novo IAC 376-4	Catuaí 15 / M. Novo
Catuaí Vermelho IAC 15 / RC EMCAPA 8141	Catuaí 15 / RC EMCAPA
Oeiras MG 6851	Oeiras
Oeiras MG 6851 / Apatã LC 2258	Oeiras / Apatã
Oeiras MG 6851 / Conilon Muriaé1	Oeiras / Conilon M.1
Oeiras MG 6851 / Mundo Novo IAC 376-4	Oeiras / M. Novo
Oeiras MG 6851 / RC EMCAPA 8141	Oeiras / RC EMCAPA
H 419-10-3-1-5	H 419
H 419-10-3-1-5 / Apatã LC 2258	H 419 / Apatã
H 419-10-3-1-5 / Conilon Muriaé1	H 419 / Conilon M.1
H 419-10-3-1-5 / Mundo Novo IAC 376-4	H 419 / M. Novo
H 419-10-3-1-5 / RC EMCAPA 8141	H 419 / RC EMCAPA
H 514-5-5-3	H 514
H 514-5-5-3 / Apatã LC 2258	H 514 / Apatã
H 514-5-5-3 / Conilon Muriaé1	H 514 / Conilon M.1
H 514-5-5-3 / Mundo Novo IAC 376-4	H 514 / M. Novo
H 514-5-5-3 / RC EMCAPA 8141	H 514 / RC EMCAPA

^{/1} Enxerto / porta-enxerto

A avaliação foi realizada 170 dias após o transplante para os vasos, separando-se a planta em raízes, caule e folhas. O material colhido foi lavado com água desmineralizada, 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 analisado quimicamente, para determinação dos teores de Zn, Cu e Mn por espectrofotometria de absorção atômica (MALAVOLTA et al., 1997). A partir do conteúdo dos nutrientes na planta e da matéria seca, foram calculados os índices: a) eficiência de utilização de nutriente = (matéria seca total produzida)²/(conteúdo total do nutriente na planta) - SIDDIQI & GLASS, 1981; b) eficiência de absorção = (conteúdo total do nutriente na planta / matéria seca de raízes) - SWIADER et al., 1994; c) eficiência de translocação =

100 X (conteúdo do nutriente na parte aérea / conteúdo total do nutriente na planta) - LI et al., 1991.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Eficiência nutricional quanto ao zinco

Observou-se aumento da eficiência de utilização de zinco (EUZn) de 70,5% e 64,2%, respectivamente, para as combinações H514/Apoatã e H514/M. Novo, em relação ao pé-franco H514. No entanto, as combinações Catuaí/Conilon, Oeiras/Conilon, Oeiras/RC EMCAPA, H419/Conilon M.1, H419/RC EMCAPA e H514/Conilon M.1 apresentaram reduções significativas quanto à (EUZn), em relação ao pé franco, variando de 50,8 a 54,6% (Tabela 2).

A análise dos resultados de conteúdo total de zinco (CTZn) na planta (Tabela 2) e da matéria seca total (MST), (Tabela 5), indica que a taxa de aumento ou decréscimo dessas variáveis, na maioria das vezes, foi diretamente proporcional aos valores observados para EUZn.

SOUZA et al. (2001), avaliando o efeito de doses de zinco via solo em três cultivares de cafeeiro, observaram que a eficiência de utilização de zinco foi uma característica satisfatória para explicar a produção de matéria seca por cultivares de cafeeiro, na fase de muda, quando esse nutriente se encontra em baixas quantidades no solo.

Aumento na eficiência de absorção de zinco (EAZn) ocorreu na combinação Catuaí 15/Conilon M.1. Isto pode ser devido à redução na produção de matéria seca de raízes (Tabela 5), ou por parâmetros fisiológicos de absorção. Ocorreu diminuição na EAZn para as combinações Catuaí 15/RC EMCAPA, H419/Apoatã e H419/Conilon M.1. Quanto à eficiência de translocação de zinco (ETZn), somente a combinação H514/M. Novo apresentou aumento em relação ao pé-franco (Tabela 2).

Tabela 2. Eficiência quanto a utilização de zinco (EUZn), absorção de zinco (EAZn), translocação de zinco (ETZn) e conteúdo total de zinco (CTZn) em cafeeiros não enxertados (controle) e enxertados em diversas combinações, em solução nutritiva.

CONTRASTES	EUZn	EAZn	ETZn	CTZn
	g ² mg ⁻¹	µg g ⁻¹	%	µg planta ⁻¹
Catuaí15 (pé-franco)	298,28	72,04	63,03	75,64
vs Catuaí / Apoatã	391,54 ^{ns}	69,29 ^{ns}	56,21 ^{ns}	89,38 ^{ns}
vs Catuaí / Conilon	141,40*	133,28*	61,65 ^{ns}	71,97 ^{ns}
vs Catuaí / M. Novo	324,87 ^{ns}	71,88 ^{ns}	64,26 ^{ns}	93,45 ^{ns}
vs Catuaí / RC EMCAPA	214,33 ^{ns}	55,77*	58,09 ^{ns}	50,19 ^{ns}
Oeiras (pé-franco)	449,09	68,97	64,99	119,31
vs Oeiras / Apoatã	331,03 ^{ns}	55,78 ^{ns}	63,08 ^{ns}	56,9*
vs Oeiras / Conilon	203,96*	55,90 ^{ns}	59,91 ^{ns}	35,22*
vs Oeiras / M. Novo	449,69 ^{ns}	66,2 ^{ns}	66,02 ^{ns}	105,26 ^{ns}
vs Oeiras / RC EMCAPA	207,28*	62,55 ^{ns}	63,39 ^{ns}	34,40*
H 419 (pé-franco)	355,43	77,43	61,23	80,53
vs H 419 / Apoatã	327,22 ^{ns}	51,59*	56,86 ^{ns}	55,72 ^{ns}
vs H 419 / Conilon	190,68*	53,58*	66,21 ^{ns}	25,15*
vs H 419 / M. Novo	388,73 ^{ns}	74,03 ^{ns}	65,99 ^{ns}	107,35*
vs H 419 / RC EMCAPA	157,85*	75,89 ^{ns}	61,40 ^{ns}	42,50*
H 514 (pé-franco)	269,52	72,98	57,40	68,60
vs H 514 / Apoatã	459,46*	64,74 ^{ns}	60,07 ^{ns}	89,99 ^{ns}
vs H 514 / Conilon	132,58*	69,78 ^{ns}	61,66 ^{ns}	25,82*
vs H 514 / M. Novo	442,54*	78,10 ^{ns}	67,45*	111,68*
vs H 514 / RC EMCAPA	174,75 ^{ns}	71,42 ^{ns}	56,68 ^{ns}	39,28*
Coeficiente de Variação:	28,6	15,9	11,2	27,1

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

Eficiência nutricional quanto ao cobre

O contraste entre médias de mudas de pé-franco e enxertadas mostra que as combinações de enxertia Catuaí 15/Apoatã, H514/Apoatã e H514/M. Novo proporcionaram aumento de 52,5; 62,0; e 75,3%, respectivamente, na eficiência quanto à utilização de cobre (EUCu) em relação aos respectivos pés-francos. No entanto, os porta-enxertos Conilon M.1 e RC EMCAPA proporcionaram decréscimos significativos em todas as combinações de enxertias na (EUCu) (Tabela 3).

Tabela 3. Eficiência quanto a utilização cobre (EUCu), absorção de cobre (EACu), translocação de cobre (ETCu) e conteúdo total de cobre (CTCu) em cafeeiros não enxertados (controle) e enxertados em diversas combinações, em solução nutritiva

CONTRASTES	EUCu	EACu	ETCu	CTCu
	g ² mg ⁻¹	µg g ⁻¹	%	µg planta ⁻¹
Catuaí 15 (pé-franco)	710,66	30,23	50,59	31,75
vs Catuaí / Apoatã	1083,98*	25,03 ^{ns}	51,72 ^{ns}	29,03 ^{ns}
vs Catuaí / Conilon	276,47*	68,17*	62,70*	36,81 ^{ns}
vs Catuaí / M. Novo	781,15 ^{ns}	29,92 ^{ns}	55,25 ^{ns}	38,90 ^{ns}
vs Catuaí / RC EMCAPA	469,66*	25,46 ^{ns}	52,81 ^{ns}	22,91 ^{ns}
Oeiras (pé-franco)	929,30	33,32	52,10	57,66
vs Oeiras / Apoatã	840,02 ^{ns}	21,98*	47,23 ^{ns}	22,42*
vs Oeiras / Conilon	466,75*	24,42*	54,83 ^{ns}	15,39*
vs Oeiras / M. Novo	945,94 ^{ns}	31,47 ^{ns}	52,05 ^{ns}	50,04 ^{ns}
vs Oeiras / RC EMCAPA	455,65*	28,45 ^{ns}	62,41*	15,65*
H 419 (pé-franco)	952,49	28,89	53,16	30,05
vs H 419 / Apoatã	766,40 ^{ns}	22,04*	45,57 ^{ns}	23,80 ^{ns}
vs H 419 / Conilon	342,29*	29,18 ^{ns}	57,95 ^{ns}	14,01*
vs H 419 / M. Novo	992,06 ^{ns}	29,01 ^{ns}	51,19 ^{ns}	42,07 ^{ns}
vs H 419 / RC EMCAPA	367,83*	32,57 ^{ns}	61,42 ^{ns}	18,24*
H 514 (pé-franco)	635,10	30,97	46,29	29,11
vs H 514 / Apoatã	1028,88*	28,91 ^{ns}	52,54 ^{ns}	40,18*
vs H 514 / Conilon	281,22*	32,89 ^{ns}	63,52*	12,17*
vs H 514 / M. Novo	1113,29*	31,04 ^{ns}	54,30 ^{ns}	44,39*
vs H 514 / RC EMCAPA	381,21*	32,74 ^{ns}	58,47*	18,01*
Coeficiente de Variação:	20,5	14,74	11,42	26,04

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

Aumento quanto à absorção de cobre (EACu) em 125% foi registrado na combinação Catuaí 15/Conilon M.1 e reduções, variando de 15,7 a 34% foram observadas nos tratamentos Catuaí 15/RC EMCAPA, Oeiras/Apoatã, Oeiras/Conilon M.1 e H419/Apoatã quando comparados com os respectivos pés-francos. No entanto, para a eficiência da translocação de cobre (ETCu) ocorreram aumentos de 23,9; 19,8; 37,2 e 26,3%, respectivamente, nas combinações Catuaí 15/Conilon M.1, Oeiras/RC EMCAPA, H514/Conilon M.1 e H514/RC EMCAPA (Tabela 3). Apesar da combinação Catuaí 15/Conilon M.1

ter sido eficiente quanto à absorção e à translocação de cobre (Tabela 3), não correspondeu na produção de matéria seca da planta (Tabela 5).

Quanto ao conteúdo total de Cu (CTCu) (Tabela 3) e MST (Tabela 5), os resultados foram semelhantes entre si. Os porta-enxertos Conilon M.1 e RC ENCAPA quando combinados com Oeiras, H419 e H514 e mais a combinação Oeiras/Apoatã tiveram resultados inferiores aos respectivos pés-francos quanto a essas variáveis. Porém de todos os tratamentos, somente as combinações H514/Apoatã e H514/M.Novo suplantaram os pés-francos quanto a estes índices.

GENÚ (1985), comparando o teor de cobre obtido sob condição pé-franco e enxertado em *Citrus*, verificou que determinados porta-enxertos induziam acréscimos positivos de Cu nos enxertos, sugerindo uma boa afinidade entre copa e porta-enxerto.

Eficiência nutricional quanto ao manganês

As combinações Catuaí15 /Apoatã, H514/Apoatã, e H 514/M. Novo apresentaram aumento significativo na eficiência de utilização de manganês (EUMn), quando comparadas com os respectivos pés-francos, da ordem de 59,9; 121,0 e 60,8%, respectivamente. No entanto, houve redução de 44,7 a 57,4% da EUMn para as combinações Oeiras/Conilon M.1, Oeiras/RC EMCAPA, H 419/Conilon M.1 e H 419/RC EMCAPA (Tabela 4).

Verificou-se que a combinação H514/M. Novo foi a única que mostrou aumento significativo do conteúdo total de manganês (CTMn), em 66,2%. Entretanto, houve decréscimo do CTMn em todas as plantas enxertadas em Conilon e RC EMCAPA e mais as combinações Oeiras/Apoatã e H419/Apoatã, as quais variaram de 39,5 a 75,7%, respectivamente (Tabela 4).

Com relação à eficiência de absorção de Manganês (EAMn), ocorreram reduções nas combinações Catuaí/RC EMCAPA, Oeiras/Apoatã, Oeiras/Conilon, Oeiras/RC EMCAPA, H 419/Apoatã e H 514/Apoatã quando comparadas aos respectivos pés-francos. Quanto à eficiência de translocação de Manganês (ETMn), verificou-se redução nas combinações com Apoatã, com exceção do Catuaí (Tabela 4).

Apesar de algumas combinações de enxertia apresentarem maior EUMn, estas não mostraram aumento na absorção e translocação do nutriente. Isto é importante em solos onde o manganês se apresenta em altos níveis,

pois, as plantas enxertadas poderiam ser menos afetadas por toxidez deste micronutriente.

Plantas da espécie de *C. canephora* são mais sensíveis ao manganês do que as de *C. arabica* (WILLSON, 1987). No entanto, a diminuição da absorção de Mn em plantas de *C. canephora* pode ter ocorrido por fatores ligados à seletividade do sistema radicular das mesmas, não deixando que este micronutriente atinja níveis prejudiciais à planta.

Tabela 4. Eficiência quanto a utilização Manganês (EUMn), absorção de Manganês (EAMn), translocação de Manganês (ETMn) e conteúdo total de Manganês (CTMn) em cafeeiros não enxertados (controle) e enxertados em diversas combinações, em solução nutritiva.

CONTRASTES	EUMn	EAMn	ETMn	CTMn
	g ² mg ⁻¹	µg g ⁻¹	%	µg planta ⁻¹
Catuaí 15 (pé-franco)	18,95	1133,93	88,60	1190,63
vs Catuaí 15 / Apoatã	30,30*	895,41 ^{ns}	84,38 ^{ns}	1038,68 ^{ns}
vs Catuaí 15 / Conilon	15,21 ^{ns}	1238,96 ^{ns}	88,91 ^{ns}	669,04*
vs Catuaí 15 / M. Novo	22,54 ^{ns}	1036,11 ^{ns}	89,02 ^{ns}	1346,94 ^{ns}
vs Catuaí 15 / RC EMCAPA	18,76 ^{ns}	637,20*	84,42 ^{ns}	573,48*
Oeiras (pé-franco)	27,56	1123,82	87,73	1944,21
vs Oeiras / Apoatã	21,68 ^{ns}	851,76*	75,67*	868,80*
vs Oeiras / Conilon	15,23*	748,57*	87,31 ^{ns}	471,60*
vs Oeiras / M. Novo	27,91 ^{ns}	1066,65 ^{ns}	87,72 ^{ns}	1695,97 ^{ns}
vs Oeiras / RC EMCAPA	15,07*	860,10*	88,78 ^{ns}	473,05*
H 419 (pé-franco)	24,43	1126,55	90,54	1171,61
vs H 419 / Apoatã	25,74 ^{ns}	655,87*	81,6*	708,34*
vs H 419 / Conilon	10,41*	959,83 ^{ns}	87,19 ^{ns}	460,72*
vs H 419 / M. Novo	27,59 ^{ns}	1043,14 ^{ns}	88,23 ^{ns}	1512,56 ^{ns}
vs H 419 / RC EMCAPA	11,44*	1047,10 ^{ns}	87,13 ^{ns}	586,37*
H 514 (pé-franco)	17,74	1108,81	89,74	1042,28
vs H 514 / Apoatã	39,22*	758,40*	81,81*	1054,18 ^{ns}
vs H 514 / Conilon	10,12 ^{ns}	914,03 ^{ns}	86,61 ^{ns}	338,19*
vs H 514 / M. Novo	28,53*	1211,36 ^{ns}	88,47 ^{ns}	1732,24*
vs H 514 / RC EMCAPA	12,39 ^{ns}	1007,33 ^{ns}	89,37 ^{ns}	554,03*
Coeficiente de Variação:	30,85	18,20	6,09	26,75

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

FAHL et al. (1998) avaliando enxertia de *Coffea arabica* sobre progênies de *C. canephora* e de *C. congensis* observou que dentre os micronutrientes, houve decréscimo expressivo no teor de manganês nas folhas das plantas enxertadas, em relação às não enxertadas, tanto para o 'Catuaí' como para o 'Mundo Novo'.

Tabela 5. Matéria seca de raiz (MSR), parte aérea (MSPA) e total (MST) em cafeeiros não enxertados (pé-franco) e enxertados em diversas combinações, em solução nutritiva

CONTRASTES	MSR	MSPA	MST
	----- g planta ⁻¹ -----		
Catuaí 15 (pé-franco)	1,05	3,69	4,75
vs Catuaí 15 / Apoatã	1,16 ^{ns}	4,45 ^{ns}	5,61 ^{ns}
vs Catuaí 15 / Conilon	0,54 [*]	2,66 ^{ns}	3,19 ^{ns}
vs Catuaí 15 / M. Novo	1,30 ^{ns}	4,20 ^{ns}	5,51 ^{ns}
vs Catuaí 15 / EMCAPA	0,90 ^{ns}	2,38 ^{ns}	3,28 ^{ns}
Oeiras (pé-franco)	1,73	5,59	7,32
vs Oeiras / Apoatã	1,02 [*]	3,32 [*]	4,34 [*]
vs Oeiras / Conilon	0,63 [*]	2,06 [*]	2,68 [*]
vs Oeiras / M. Novo	1,59 ^{ns}	5,29 ^{ns}	6,88 ^{ns}
vs Oeiras / EMCAPA	0,55 [*]	2,13 [*]	2,67 [*]
H 419 (pé-franco)	1,04	4,32	5,35
vs H 419 / Apoatã	1,08 ^{ns}	3,18 ^{ns}	4,27 ^{ns}
vs H 419 / Conilon	0,48 [*]	1,71 [*]	2,19 [*]
vs H 419 / M. Novo	1,45 ^{ns}	5,01 ^{ns}	6,46 ^{ns}
vs H 419 / EMCAPA	0,56 [*]	2,04 [*]	2,59 [*]
H 514 (pé-franco)	0,94	3,37	4,30
vs H 514 / Apoatã	1,39 [*]	5,04 [*]	6,43 [*]
vs H 514 / Conilon	0,37 [*]	1,48 [*]	1,85 [*]
vs H 514 / M. Novo	1,43 [*]	5,60 [*]	7,03 [*]
vs H 514 / EMCAPA	0,55 ^{ns}	2,08 ^{ns}	2,62 [*]
Coeficiente de variação:	28,7	26,4	25,2

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

CONCLUSÕES

1. A eficiência de absorção, translocação e utilização de Zn, Cu e Mn em mudas de cafeeiro variou, na maioria das vezes, quando se comparam as combinações de enxertias com os respectivos pés-francos.
2. A cultivar Oeiras MG 6851 e a progênie 'H 419-10-3-1-5' não foram beneficiadas pelas enxertias testadas quanto a eficiência de absorção e utilização de Zn, Cu e Mn e produção de matéria seca.
3. A progênie 'H 514-5-5-3' combinada com os porta-enxertos Apatã e Mundo Novo foi beneficiada na eficiência de utilização de Zn, Cu, Mn e produção de matéria seca.
4. Algumas combinações de enxertia apresentaram maior eficiência de utilização de Mn, mas não apresentaram aumento na absorção e translocação desse nutriente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CLARK, R.B. Characterization of phosphatase of intact maize roots. **J. Agric. Food Chem.**, v.23, p.458-460, 1975.

CRUZ, C.D. 2001. **Programa genes: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, MG: UFV, 2001. [CDROM].

FAGERIA, N.K. & BALIGAR, V.C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: **Workshop on Adaptation of Plants to Soil Stresses**. Lincoln. Proceedings... Lincoln: University of Nebraska. 1993. p. 142-159.

FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; GALLO, P.B.; COSTA, W.M. & NOVO, M.C.S.S. Enxertia de *Coffea arabica* sobre Progênies de *C. canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. **Bragantia**, v.57, n.2, p.297-312, 1998.

GABELMAN, W.H. & GERLOFF, G.C. The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macronutrient. **Plant Soil**, v.72, p.335-350, 1983.

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**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1985. 156p. (Tese de Doutorado).

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. **Cultura do café no Brasil**: manual de recomendações. 5 ed. Rio de Janeiro: IBC, 1985, 580p.

JOHNSON, C.M. & ULRICH, A. **Analytical methods for use in plants analyses**. Los Angeles, University of California, 1959. Bull. 766, p.32-33.

LI, B.; MCKEAND, S.E. & ALLEN, H.L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, v.37, n.2, p.613-626, 1991.

MALAVOLTA, E. **Micronutrientes na adubação**. Paulínia, Nutriplant Indústria e Comércio, 1986, 70p.

MALAVOLTA, E.; FERNANDES, D.R. & ROMERO, J.P. Seja doutor do seu cafezal. **Informações Agronômicas**, v.64, p.1-12, 1993.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral do cacaueteiro e cafeeiro**. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1997, 127p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba, Potafos, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J.L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C.P.; HEINRICHS, R. & SILVEIRA, J.S. M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.7, n.7, p.1017-1022, 2002.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London, Academic Press, 1995. 889p.

MORAES M.V. & FRANCO, C.M. **Método expedito para enxertia em café**. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1973. 8p.

MOURA, W.M.; CASALI, V.W.D.; CRUZ, C.D. & LIMA, P.C. Divergência genética em linhagens de pimentão em relação à eficiência nutricional de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.34, p.217-224, 1999.

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**, New York, v. 4, n.3, p.289-302, 1981.

SOUZA, C.A.S.; GUIMARÃES, P.T.G.; FURTINI NETO, A. E. & NOGUEIRA, F. D. Efeito de doses de zinco via solo em três cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência Agrotécnica**. v.25, n.4, p.890-899, 2001.

SWIADER, J.M.; CHYAN, Y. & FREIJI, F.G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **J. Plant Nut.**, v.17, p.1687-1699, 1994.

WILLSON, K.C. Mineral nutrition and fertiliser needs. In: CLIFFORD, M.M.N & WILLSON, K.C., eds. **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. London, Croom Helm, 1987. p.135-156.

PORTA-ENXERTOS AFETANDO O DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE *Coffea arabica* L.

RESUMO

O desenvolvimento de plantas de *Coffea arabica* L., em função do porta-enxerto, foi avaliado em condições de campo na fazenda Jatobá, município de Paula Cândido – MG. Utilizaram-se como enxerto quatro genótipos de *C. arabica*: as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 e as progênies 'H 419-10-3-1-5' e 'H 514-5-5-3', e, como porta-enxerto, três genótipos de *Coffea canephora* Pierre ex Froenher: Aboatã LC 2258, Conilon Muriaé-1, sementes oriundas de um campo de recombinação entre os clones da variedade Robustão Capixaba - EMCAPA 8141 e um genótipo de *C. arabica*: Mundo Novo IAC 376-4, além da utilização de quatro pés-francos. A enxertia em café pode influenciar o desenvolvimento das plantas, quando se compararam diferentes combinações enxerto/porta-enxerto com os respectivos pés-francos. A progênie 'H 419-10-3-1-5' foi beneficiada na produção de café pelos porta-enxertos Aboatã e RC EMCAPA, e no crescimento apenas pelo RC EMCAPA.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, enxertia, porta-enxertos, propagação.

ROOTSTOCKS AFFECTING THE DEVELOPMENT OF *Coffea arabica* L. PLANTS

ABSTRACT

The development of *Coffea arabica* L. plants, influenced by the rootstock were evaluated under field condition, on the Jatobá farm, located at Paula Cândido city, Minas Gerais State. As grafts, four *C. arabica* genotypes were used: the varieties Catuaí Vermelho IAC 15 and Oeiras MG 6851, and the progenies 'H 419-10-3-1-5' and 'H 514-5-5-3'. As rootstocks, three genotypes of *Coffea canephora* Pierre et Froenher were used: Apoatã LC 2258, Conilon Muriaé-1 and RC EMCAPA 8141 (recombination among clones of the variety Robustão Capixaba - EMCAPA 8141) and one variety of *C. arabica*: Mundo Novo IAC 376-4, besides four non-grafted plants. The grafting in coffee trees may influence the plants development, when non-grafted plants and graft/rootstock combinations are compared. In the field-led trial the 'H 419-10-3-1-5' progeny was the only one that yielded greater than the non-grafted plant, when combined with the rootstocks Apoatã LC 2258 or RC EMCAPA 8141 and the only one showing greater growth than the non-grafted plant when combined with the RC EMCAPA 8141 rootstock.

Key words: *Coffea canephora*, grafting, propagation, rootstocks.

INTRODUÇÃO

Das formas de propagação de plantas existentes, a mais usual em *Coffea arabica* L. é por meio de mudas obtidas de sementes; um dos principais problemas à sua propagação é a perda do poder germinativo que dificulta o armazenamento e a preservação de estoques genéticos superiores.

Para a espécie *Coffea canephora* Pierre ex Froenher, planta alógama, a multiplicação a partir de fragmentos de ramos com pegamento de 95 – 100%, tem sido uma alternativa para obtenção de lavouras com maior uniformidade e mais produtivas (SILVEIRA & FONSECA, 1995). No entanto, para a espécie *C.*

arabica a clonagem por estaquia é pouco utilizada pela baixa brotação das mudas.

Um outro método de propagação assexuada muito utilizado em frutíferas, que vem ganhando espaço na cultura do cafeeiro, é a enxertia. A prática é antiga, mas pesquisas atuais mostram novas vantagens desta técnica, que aproveita o sistema radicular mais desenvolvido do *C. canephora*, usado como porta-enxerto, aliado às características do *C. arabica* para o enxerto, podendo contribuir para o aumento da produtividade, maior tamanho dos frutos sem prejudicar a qualidade de bebida.

A enxertia consiste em inserir parte de uma planta em outra, de tal maneira que ambas se unam e, assim, continue o crescimento. As diferentes interações que ocorrem entre copa e os porta-enxertos podem condicionar em distintos equilíbrios fisiológicos ou grau de afinidade, podendo influenciar o crescimento e a produção (ZULUAGA, 1943). Esse equilíbrio é resultado de mecanismos de reciprocidade entre o porta-enxerto e a copa, envolvendo a absorção e a translocação de água e nutrientes, e fatores endógenos de crescimento (HARTMANN & KESTER, 1990). Observa-se, freqüentemente, que porta-enxertos mais vigorosos apresentam maior capacidade de absorção e translocação de água e nutrientes, e maior produção de substâncias estimuladoras de crescimento, o que pode favorecer o desempenho da copa (PAULETTO et al., 2001).

Em fruticultura, trabalhos de enxertia realizados em citros, videira, maçã e pêssigo têm mostrado a influência positiva deste processo de propagação. Em videiras, verificou-se que as plantas enxertadas apresentam maior produção do que as de pé-franco (PAULETTO et al., 2001). Para citros, diversos porta-enxertos utilizados na produção apresentam diferenças relacionadas com o vigor ou a velocidade de crescimento, podendo refletir, também, variações com relação às necessidades nutricionais (CARVALHO, 1994).

Na cultura do cafeeiro, em regiões infestadas por *Meloidogyne incognita* verificaram-se aumentos na altura, no diâmetro de copa e na produção de plantas de café enxertadas, em relação às não enxertadas (FAZUOLI et al., 1983). A eficiência da enxertia em áreas infestadas por nematóides foi confirmada também por COSTA et al. (1991), os quais verificaram que a produção de café beneficiado por hectare foi de 26,3 sacas

para a cultivar Mundo Novo enxertada em *C. canephora*, e 5,7 sacas da mesma sem enxertia. Nos últimos anos, a enxertia de progênies produtivas sobre progênies tolerante-resistentes vem sendo utilizada com bons resultados em regiões de ocorrência generalizada de nematóides, oferecendo aos cafeicultores uma alternativa para o cultivo de cafeeiros suscetíveis nestas áreas (FAHL et al., 1998).

Em condições isentas de nematóides, FAHL & CARELLI (1985) observaram que plantas jovens de *C. arabica*, enxertadas sobre *C. canephora* var. *robusta*, apresentaram taxa de crescimento superior às plantas não enxertadas, tanto para altura como para área foliar. FAHL et al. (1998) verificaram maior desenvolvimento da parte aérea (altura e diâmetro de copa), e maior formação de gemas frutíferas em plantas adultas de *C. arabica* enxertadas sobre progênies de *C. canephora* e de *C. congensis* em áreas não infestadas por nematóides.

Em relação à utilização de porta-enxertos na cafeicultura, além da possibilidade de controle ao ataque de nematóides, também deve-se considerar a probabilidade de melhoria no vigor da planta, aumento de produção de frutos, maior eficiência no aproveitamento de nutrientes, adaptação às condições adversas de solo e áreas com precipitação pluviométrica reduzida, pelo fato de alguns porta-enxertos terem sistema radicular mais desenvolvido.

O objetivo deste trabalho foi avaliar, em condições de campo, o desenvolvimento de plantas de *C. arabica* influenciadas pelos porta-enxertos.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se como enxertos as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 e as progênies 'H 419-10-3-1-5', 'H 514-5-5-3' de *C. arabica*, sendo as três últimas resistentes a *Hemileia vastatrix*, agente etiológico da ferrugem do cafeeiro. Como porta-enxerto empregou-se três genótipos de *C. canephora*: Aboatã LC 2258, Conilon M-1, coletado em Muriaé, MG e sementes oriundas de um campo de recombinação entre os clones da variedade Robustão Capixaba - EMCAPA 8141 que serão chamados de RC EMCAPA 8141 e, também, um genótipo de *C. arabica*: Mundo Novo IAC 376-4.

A semeadura foi feita em caixas com areia fina que foram colocadas em casa de vegetação até atingir o estágio “palito de fósforo”, o que ocorreu em torno de 60 dias após a semeadura para os enxertos e 75 dias para os porta-enxertos de *C. canephora*.

A enxertia realizada foi do tipo hipocotiledonar, conforme MORAES & FRANCO (1973). Após a enxertia, as plantas foram transplantadas em sacolas plásticas e mantidas em câmara de nebulização fechada por um período de 12 dias. Depois deste período, retiraram-se as plantas da câmara, colocando-as em ambiente aberto, onde permaneceram por 20 dias sob sombrite e 40 dias fora, para aclimatação. Neste local, as mudas passaram por irrigações periódicas. Depois de aclimatadas, as plantas foram levadas para o campo para montagem do experimento.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 20 tratamentos e quatro repetições, sendo 4 pés-francos e 16 combinações de enxertia (Tabela 1). Utilizou-se o teste “t” de Student, a 5% de probabilidade para a comparação entre as médias. O processamento foi feito, utilizando-se o programa GENES – Aplicativo Computacional em Genética e Estatística (CRUZ, 2001).

O plantio foi realizado na fazenda Jatobá, município de Paula Cândido – MG, em março de 2000 após a seleção quanto à uniformidade de tamanho e vigor da planta. Utilizaram quatro plantas por parcela com 6 pares de folhas, e espaçamento 3,0 x 0,80 metros. As adubações foram realizadas de acordo com o recomendado para a cultura mediante análises de solo. Os tratamentos culturais e fitossanitários foram efetuados de acordo com a necessidade.

As mensurações (altura da planta, número de nós da haste principal, número de ramos plagiotrópicos da haste principal, diâmetro do caule, comprimento do ramo plagiotrópico mediano e número de nós do ramo plagiotrópico mediano) foram realizadas em três épocas fenológicas, setembro e dezembro de 2002 e março de 2003. Com os dados destes três períodos de avaliação, calculou-se a taxa de crescimento a partir do coeficiente de regressão da variável em função do tempo. Utilizou-se, também, a última medição de cada variável para representar o crescimento final.

Tabela 1. Relação dos pés-francos (controles) e das combinações de enxertia em mudas de genótipos de cafeeiro

Mudas enxertadas ^{/1}	Identificação no texto
Catuaí Vermelho IAC 15	Catuaí 15
Catuaí Vermelho IAC 15 / Apatã LC 2258	Catuaí 15 / Apatã
Catuaí Vermelho IAC 15 / Conilon Muriaé 1	Catuaí 15 / Conilon M.1
Catuaí Vermelho IAC 15 / Mundo Novo IAC 376-4	Catuaí 15 / M. Novo
Catuaí Vermelho IAC 15 / RC EMCAPA 8141	Catuaí 15 / RC EMCAPA
Oeiras MG 6851	Oeiras
Oeiras MG 6851 / Apatã LC 2258	Oeiras / Apatã
Oeiras MG 6851 / Conilon Muriaé1	Oeiras / Conilon M.1
Oeiras MG 6851 / Mundo Novo IAC 376-4	Oeiras / M. Novo
Oeiras MG 6851 / RC EMCAPA 8141	Oeiras / RC EMCAPA
H 419-10-3-1-5	H 419
H 419-10-3-1-5 / Apatã LC 2258	H 419 / Apatã
H 419-10-3-1-5 / Conilon Muriaé1	H 419 / Conilon M.1
H 419-10-3-1-5 / Mundo Novo IAC 376-4	H 419 / M. Novo
H 419-10-3-1-5 / RC EMCAPA 8141	H 419 / RC EMCAPA
H 514-5-5-3	H 514
H 514-5-5-3 / Apatã LC 2258	H 514 / Apatã
H 514-5-5-3 / Conilon Muriaé1	H 514 / Conilon M.1
H 514-5-5-3 / Mundo Novo IAC 376-4	H 514 / M. Novo
H 514-5-5-3 / RC EMCAPA 8141	H 514 / RC EMCAPA

^{/1} Enxerto / porta-enxerto

A produção foi avaliada em junho de 2003. Para isto fez-se a pesagem do café cereja de cada parcela, separando-se para cada uma, amostras de 500g de café cereja. As amostras foram secas em estufa a 70° C até atingir \pm 11% de umidade. O café seco foi beneficiado, calculando-se o rendimento e a produção média de café beneficiado por hectare.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A enxertia proporcionou aumento na altura da planta somente na combinação H419/RC EMCAPA quando comparada com o respectivo pé-franco enquanto que a taxa de crescimento da altura da planta não se

diferenciou entre os genótipos (Tabela 2). Plantas com maior crescimento em altura são desejáveis, desde que ocorra aumento da produtividade sem comprometer o custo de produção.

Tabela 2. Altura de planta (cm) (AP), taxa de crescimento mensal de altura de planta (cm) (TXAP), número de nós da haste principal (NNHP) e taxa de crescimento mensal do número de nós da haste principal (TXNNHP) em cafeeiros não enxertados (pé-franco) e enxertados em diversas combinações. Fazenda Jatobá, Paula Cândido-MG, 2002 e 2003

CONTRASTES	AP	TXAP	NNHP	TXNNHP
Catuaí 15 (pé-franco)	109,2	2,32	29	0,94
vs Catuaí 15 / Apoatã	108,4 ^{ns}	2,60 ^{ns}	28 ^{ns}	0,72 ^{ns}
vs Catuaí 15 / Conilon M.1	106,7 ^{ns}	2,91 ^{ns}	27 ^{ns}	0,78 ^{ns}
vs Catuaí 15 / M. Novo	103,5 ^{ns}	2,81 ^{ns}	28 ^{ns}	0,72 ^{ns}
vs Catuaí 15 / RC EMCAPA	109,6 ^{ns}	2,67 ^{ns}	29 ^{ns}	0,83 ^{ns}
Oeiras (pé-franco)	116,2	2,12	29	0,55
vs Oeiras / Apoatã	112,5 ^{ns}	2,95 ^{ns}	28 ^{ns}	0,67 ^{ns}
vs Oeiras / Conilon M.1	102,2 ^{ns}	2,43 ^{ns}	27 ^{ns}	0,89 [*]
vs Oeiras / M. Novo	106,5 ^{ns}	2,03 ^{ns}	28 ^{ns}	0,56 ^{ns}
vs Oeiras / RC EMCAPA	109,7 ^{ns}	2,34 ^{ns}	29 ^{ns}	0,67 ^{ns}
H 419 (pé-franco)	99,5	2,12	27	1,11
vs H 419 / Apoatã	111,4 ^{ns}	2,19 ^{ns}	28 ^{ns}	0,83 ^{ns}
vs H 419 / Conilon M.1	113,4 ^{ns}	2,52 ^{ns}	26 ^{ns}	0,56 [*]
vs H 419 / M. Novo	96,2 ^{ns}	1,98 ^{ns}	26 ^{ns}	0,61 [*]
vs H 419 / RC EMCAPA	134,6 [*]	2,40 ^{ns}	31 [*]	0,72 [*]
H 514 (pé-franco)	107,1	2,46	24	0,56
vs H 514 / Apoatã	115,5 ^{ns}	2,88 ^{ns}	21 [*]	0,61 ^{ns}
vs H 514 / Conilon M.1	107,5 ^{ns}	2,31 ^{ns}	24 ^{ns}	0,89 [*]
vs H 514 / M. Novo	106,7 ^{ns}	2,56 ^{ns}	25 ^{ns}	0,83 ^{ns}
vs H 514 / RC EMCAPA	104,8 ^{ns}	3,24 ^{ns}	22 ^{ns}	0,44 ^{ns}
Coeficiente de variação:	8,93	21,8	6,17	26,15

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

Em estudo da interação copa/porta-enxerto em cafeeiros, FAHL & CARELLI (1985) observaram que plantas de *C. arabica*, enxertadas sobre *C. canephora* var. *robusta*, apresentaram altura superior aos controles e concluíram que o maior crescimento dessas plantas pode ser devido às

características fisiológicas, como maior eficiência de absorção ou utilização de nutrientes e também a características genéticas.

Com relação ao número de nós da haste principal a combinação H419/RC EMCAPA foi superior ao pé-franco e a combinação H514/Apoatã inferior; já para taxa de crescimento do número de nós da haste principal, houve aumento significativo para os tratamentos Oeiras/Conilon e H514/Conilon e diminuição das combinações H419/Conilon, H419/M. Novo e H419/RC EMCAPA quando comparados com os respectivos pés-francos (Tabela 2). Uma menor taxa de crescimento indica que a planta teve um crescimento mensal inferior ao pé-franco no período avaliado.

O aumento do número de nós pode resultar no aumento dos ramos plagiotrópicos primários, com isso a planta tem a possibilidade de produzir um maior número de ramificações secundárias, podendo com isso beneficiar a produção. A diminuição do número de nós da combinação H514/Apoatã não está relacionada com o comprimento da haste principal, pois o mesmo não teve redução de seu crescimento. No entanto, deve estar relacionado com o espaçamento dos internódios.

Os resultados referentes ao número de ramos plagiotrópicos da haste principal indicou crescimento para a combinação H419/RC EMCAPA e redução para H514/Apoatã quando comparados como os respectivos pés-francos; enquanto que para a taxa de crescimento do número de ramos plagiotrópicos da haste principal apenas a combinação H419/Apoatã teve crescimento superior no período avaliado com relação ao pé-franco (Tabela 3).

Normalmente, porta-enxertos mais vigorosos apresentam maior capacidade de absorção e translocação de água e nutrientes, e maior produção de substâncias estimuladoras de crescimento, o que favorece o desempenho da copa (PAULETTO et al., 2001).

Para o diâmetro de caule, somente a combinação H419/RC EMCAPA teve um crescimento superior ao pé-franco, as demais combinações não apresentaram diferenças significativas quando comparadas aos respectivos pés-francos (Tabela 3).

Para a taxa de crescimento do diâmetro de caule, as combinações Oeiras/Apoatã e H514/Apoatã apresentaram aumentos significativos comparativamente aos respectivos pés-francos (Tabela 3). Resultado semelhante foi encontrado por FERRARI (2003), o qual avaliou o crescimento

inicial de cafeeiros enxertados, em condição de campo, no período de estiagem (março-setembro), e encontrou um aumento no diâmetro médio de caule para a combinação H419/RC EMCAPA quando comparada com o respectivo pé-franco.

Tabela 3. Número de ramos plagiotrópicos da haste principal (NRPHP), taxa de crescimento mensal dos ramos plagiotrópicos da haste principal (TXNRPHP), diâmetro do caule (cm) (DC) e taxa de crescimento mensal do diâmetro de caule (cm) (TXDC) em cafeeiros não enxertados (pé-franco) e enxertados em diversas combinações. Fazenda Jatobá, Paula Cândido-MG, 2002 e 2003

CONTRASTES	NRPHP	TXNRPHP	DC	TXDC
Catuaí 15 (pé-franco)	56	1,22	3,13	0,06
vs Catuaí 15 / Apatã	54 ^{ns}	1,35 ^{ns}	3,17 ^{ns}	0,09 ^{ns}
vs Catuaí 15 / Conilon M.1	53 ^{ns}	1,55 ^{ns}	3,17 ^{ns}	0,06 ^{ns}
vs Catuaí 15 / M. Novo	53 ^{ns}	1,50 ^{ns}	2,97 ^{ns}	0,05 ^{ns}
vs Catuaí 15 / RC EMCAPA	55 ^{ns}	1,61 ^{ns}	3,10 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Oeiras (pé-franco)	55	1,06	3,20	0,03
vs Oeiras / Apatã	53 ^{ns}	1,56 ^{ns}	3,20 ^{ns}	0,10 [*]
vs Oeiras / Conilon M.1	50 ^{ns}	1,74 ^{ns}	2,90 ^{ns}	0,04 ^{ns}
vs Oeiras / M. Novo	53 ^{ns}	1,00 ^{ns}	3,03 ^{ns}	0,04 ^{ns}
vs Oeiras / RC EMCAPA	55 ^{ns}	1,33 ^{ns}	3,23 ^{ns}	0,03 ^{ns}
H 419 (pé-franco)	50	1,33	3,23	0,08
vs H 419 / Apatã	54 ^{ns}	2,28 [*]	3,30 ^{ns}	0,08 ^{ns}
vs H 419 / Conilon M.1	48 ^{ns}	0,67 ^{ns}	3,40 ^{ns}	0,06 ^{ns}
vs H 419 / M. Novo	50 ^{ns}	1,06 ^{ns}	3,23 ^{ns}	0,08 ^{ns}
vs H 419 / RC EMCAPA	61 [*]	1,28 ^{ns}	3,80 [*]	0,07 ^{ns}
H 514 (pé-franco)	45	1,17	3,47	0,08
vs H 514 / Apatã	34 [*]	0,89 ^{ns}	2,97 ^{ns}	0,12 [*]
vs H 514 / Conilon M.1	44 ^{ns}	1,89 ^{ns}	2,97 ^{ns}	0,09 ^{ns}
vs H 514 / M. Novo	46 ^{ns}	1,50 ^{ns}	3,17 ^{ns}	0,07 ^{ns}
vs H 514 / RC EMCAPA	41 ^{ns}	0,89 ^{ns}	3,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Coeficiente de variação:	7,81	33,75	10,24	28,35

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

Com relação ao comprimento do ramo plagiotrópico mediano a enxertia não promoveu diferenças significativas, enquanto que para a taxa de crescimento do ramo plagiotrópico mediano houve um aumento nas combinações H514/Apoatã, H514/Conilon, H514/M.Novo comparativamente aos respectivos pés-francos (Tabela 4). Uma maior taxa de crescimento do ramo, do período fenológico avaliado, pode condicionar à planta uma maior produção no ano seguinte.

Tabela 4. Comprimento do ramo plagiotrópico mediano (cm) (CRPM), taxa de crescimento mensal do ramo plagiotrópico mediano (cm) (TXRPM), número de nós do ramos plagiotrópico mediano (NNRPM) e taxa de crescimento mensal do número de nós do ramos plagiotrópico mediano (TXNNRPM) em materiais de café não enxertados (pé-franco) e enxertados em diversas combinações. Fazenda Jatobá, Paula Cândido-MG, 2002 e 2003

CONTRASTES	CRPM	TXCRPM	NNRPM	TXNNRPM
Catuai 15 (pé-franco)	56,63	1,33	21	0,67
vs Catuai 15 / Apoatã	55,07 ^{ns}	1,26 ^{ns}	20 ^{ns}	0,67 ^{ns}
vs Catuai 15 / Conilon M.1	58,10 ^{ns}	1,53 ^{ns}	20 ^{ns}	0,72 ^{ns}
vs Catuai 15 / M. Novo	54,43 ^{ns}	1,52 ^{ns}	20 ^{ns}	0,78 ^{ns}
vs Catuai 15 / RC EMCAPA	57,40 ^{ns}	1,64 ^{ns}	21 ^{ns}	0,78 ^{ns}
Oeiras (pé-franco)	52,30	1,03	18	0,33
vs Oeiras / Apoatã	49,67 ^{ns}	1,17 ^{ns}	17 ^{ns}	0,50 ^{ns}
vs Oeiras / Conilon M.1	49,87 ^{ns}	1,45 ^{ns}	18 ^{ns}	0,67 [*]
vs Oeiras / M. Novo	50,67 ^{ns}	0,98 ^{ns}	20 ^{ns}	0,72 [*]
vs Oeiras / RC EMCAPA	54,30 ^{ns}	1,22 ^{ns}	19 ^{ns}	0,61 [*]
H 419 (pé-franco)	56,47	1,59	20	0,72
vs H 419 / Apoatã	59,43 ^{ns}	1,47 ^{ns}	21 ^{ns}	0,78 ^{ns}
vs H 419 / Conilon M.1	63,50 ^{ns}	1,78 ^{ns}	21 ^{ns}	0,67 ^{ns}
vs H 419 / M. Novo	56,07 ^{ns}	1,98 ^{ns}	20 ^{ns}	0,78 ^{ns}
vs H 419 / RC EMCAPA	64,30 ^{ns}	1,59 ^{ns}	23 [*]	0,83 ^{ns}
H 514 (pé-franco)	67,43	1,78	21	0,78
vs H 514 / Apoatã	60,13 ^{ns}	4,08 [*]	17 [*]	0,89 ^{ns}
vs H 514 / Conilon M.1	61,53 ^{ns}	2,53 [*]	19 ^{ns}	0,61 ^{ns}
vs H 514 / M. Novo	62,63 ^{ns}	2,38 [*]	19 ^{ns}	0,94 ^{ns}
vs H 514 / RC EMCAPA	59,50 ^{ns}	2,04 ^{ns}	19 ^{ns}	0,72 ^{ns}
Coeficiente de variação:	10,88	19,86	6,92	19,62

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

A enxertia H419/RC EMCAPA teve aumento significativo no número de nós do ramo plagiotrópico mediano, enquanto que a combinação H514/Apoatã teve diminuição desta variável com relação aos respectivos pés-francos (Tabela 4). Observou-se também aumento da taxa de crescimento do número de nós do ramo plagiotrópico mediano nas combinações Oeiras/Conilon, Oeiras/M.Novo, Oeiras/RC EMCAPA (Tabela 4). Um maior número de nós por ramo pode condicionar um maior número de rosetas florais, podendo com isso, incrementar a produção da planta.

A produção média das combinações H419/Apoatã H419/RC EMCAPA mostrou-se superior aos respectivos pés-francos; enquanto que as combinações Catuaí/Apoatã, H514/Apoatã, H514/Conilon e H514/RC EMCAPA tiveram reduções na produtividade quando comparadas com os respectivos pés-francos (Tabela 5).

Com os três parâmetros de produção: café beneficiado por hectare, por planta e sacas beneficiadas por hectare, pode-se ter uma idéia da produtividade e também da produção individual das plantas. Verifica-se que a maioria das combinações de enxertias não teve resultado satisfatório. Observa-se, por meio da produção por planta que, com um menor espaçamento entre linhas, a produtividade poderia ter um aumento bem satisfatório.

Alguns estudos têm demonstrado que plantas de *C. arabica* enxertadas sobre *C. canephora* apresentam melhor desempenho produtivo que aquelas de café arábica enxertadas sobre arábica (FAHL et al., 2001). Acredita-se que os cafés do grupo canéfora, em relação aos arábicas, tenham sistemas radiculares mais extensos e eficientes, tanto em termos de maior absorção de água e nutrientes como em maior resistência a fatores adversos do ambiente (RAMOS & LIMA, 1980).

A combinação H419/Apoatã, apesar de não ter apresentado aumento no desenvolvimento da planta com relação ao pé-franco, mostrou ter boa afinidade entre enxerto/porta-enxerto, acarretando maior produção. Já a combinação H419/RC EMCAPA, apresentou melhor desenvolvimento em altura, e no número de ramos plagiotrópicos acarretando um aumento no número de gemas produtivas e beneficiando a produção.

Tabela 5. Produção de café beneficiado por hectare (kg) (PB/ha), produção de café beneficiado por planta (kg) (PB/Planta) e sacas beneficiadas por hectare (60kg) (ScB/ha). Fazenda Jatobá, Paula Cândido-MG, 2003

CONTRASTES	PB ha ⁻¹	PB planta ⁻¹	ScB ha ⁻¹
Catuai 15 (pé-franco)	1867,73	0,45	31,13
vs Catuai 15 / Apoatã	1235,93*	0,29*	20,60*
vs Catuai 15 / Conilon	2042,73 ^{ns}	0,49 ^{ns}	34,05 ^{ns}
vs Catuai 15 / M. Novo	1571,97 ^{ns}	0,38 ^{ns}	26,2 ^{ns}
vs Catuai 15 / RC EMCAPA	1745,47 ^{ns}	0,42 ^{ns}	29,09 ^{ns}
Oeiras (pé-franco)	1342,87	0,32	22,38
vs Oeiras / Apoatã	1419,2 ^{ns}	0,34 ^{ns}	23,65 ^{ns}
vs Oeiras / Conilon M.1	1463,67 ^{ns}	0,35 ^{ns}	24,39 ^{ns}
vs Oeiras / M. Novo	1598,37 ^{ns}	0,38 ^{ns}	26,64 ^{ns}
vs Oeiras / RC EMCAPA	1503,93 ^{ns}	0,36 ^{ns}	25,07 ^{ns}
H 419 (pé-franco)	899,83	0,21	15,00
vs H 419 / Apoatã	1394,20*	0,33*	23,24*
vs H 419 / Conilon M.1	1020,70 ^{ns}	0,25 ^{ns}	17,01 ^{ns}
vs H 419 / M. Novo	1174,83 ^{ns}	0,28 ^{ns}	19,58 ^{ns}
vs H 419 / RC EMCAPA	2421,83*	0,58*	40,36*
H 514 (pé-franco)	1415,07	0,34	23,59
vs H 514 / Apoatã	347,17*	0,08*	5,79*
vs H 514 / Conilon M.1	888,73*	0,21*	14,82*
vs H 514 / M. Novo	1281,73 ^{ns}	0,31 ^{ns}	21,36 ^{ns}
vs H 514 / RC EMCAPA	1044,30*	0,25*	17,41*
Coeficiente de variação:	15,93	15,87	15,92

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

Nas combinações que provocaram diminuição da produção, podem ter ocorrido problemas de compatibilidade entre enxerto/porta-enxerto. Para confirmar este efeito seriam necessárias avaliações de produção em anos subsequentes para examinar esta questão.

CONCLUSÕES

A enxertia em café pode influenciar positiva ou negativamente o desenvolvimento das plantas, quando se compararam diferentes combinações enxerto/porta-enxerto com os respectivos pés-francos. A progênie 'H 419-10-3-1-5' foi a única beneficiada na produção de café pelos porta-enxertos Apoatã LC 2258 e RC EMCAPA 8141 , e no crescimento pelo RC EMCAPA 8141.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, S.A. Produção de porta-enxertos cítricos, sob doses crescentes de nitrato de potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.87-90, 1994

COSTA, W.M.; GONÇALVES, W. & FASUOLI. L.C. Produção de café Mundo Novo em porta-enxertos de *Coffea canephora* em áreas infestadas com *Meloidogyne incognita* raça 1. **Nematologia Brasileira**, v.15, n.1, p. 43-50, 1991.

CRUZ, C.D. 2001. **Programa genes: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, MG: UFV, 2001. [CDROM].

FAHL, J.I. & CARELLI, M.L.C. Estudo fisiológico da interação enxerto e porta-enxerto em plantas de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, 1985, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro, MIC/IBC, 1985. p.115-117.

FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; GALLO, P.B.; COSTA, W.M. & NOVO, M.C.S.S. Enxertia de *Coffea arabica* sobre Progênies de *C. canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. **Bragantia**, v.57, n.2, p.297-312, 1998.

FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; MENEZES, H.C.; GALLO, P.B. & TRIVELIN, P.C.O. Gas exchange, growth, yield and beverage quality of *Coffea arabica* cultivars grafted on to *C. canephora* and *C. congensis*. **Experimental Agriculture**, v.37, p.241-252, 2001.

FAZUOLI, L.C.; COSTA, W.M. & BORTOLETTO, N. Efeito do porta-enxerto LC2258 de *Coffea canephora*, resistente a *Meloidogyne incognita*, no desenvolvimento e produção iniciais de dois cultivares de *Coffea arabica*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1983, p.113-115.

FERRARI, R.B. **Crescimento inicial de cafeeiros enxertados, em condições de campo**. 2003. 61f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

HARTMANN, H. T. & KESTER, D. E. **Propagación de plantas: principios y practices**. México: Continental, 1990. 760p.

MORAES M.V. & FRANCO, C.M. **Método expedito para enxertia em café**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1973. 8p.

PAULETTO, D.; MOURÃO FILHO, F.A.A.; KLUGE, R.A. & SCARPARE FILHO, J. A. Produção e vigor da videira 'Niágara Rosada' relacionados com o porta-enxerto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.115-121, 2001.

RAMOS, L.C.S. & LIMA, M.M.A. Avaliação da superfície relativa do sistema radicular do cafeeiro. **Bragantia**, v.39, n.1, p.1-5, 1980.

SILVEIRA, J.S.M. & FONSECA, A.F.A. **Produção de mudas clonais de café conilon em câmara úmida sob cobertura de folhas de palmeira**. Vitória: EMCAPA, 1995. 15p. (EMCAPA. Documentos, 85).

ZULUAGA, A.P. **Consideraciones sobre afinidad de variedades viníferas com porta-enjertos americanos**. Faculdade de Ciencias Agrárias, 1943. 34p. (Boletín Técnico, 2).

CRESCIMENTO DE RAIZ E PARTE AÉREA DE PLANTAS DE CAFEEIRO ENXERTADAS, CULTIVADAS EM VASO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento de raiz e parte aérea de plantas de cafeeiro enxertadas, cultivadas em vaso. Utilizaram-se como enxertos as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851, as progênies 'H 419-10-3-4-4' e 'H 514-5-5-3' de *C. arabica*. Como porta-enxerto foram empregadas cinco progênies do clone de *Coffea canephora* cv. Conilon (meio irmãos), 'ES 21', 'ES 36', 'ES 26', 'ES 23' e 'ES 38'. Não houve efeito significativo da interação copa/porta-enxerto para as variáveis altura de planta e número de ramos plagiotrópicos da haste principal. Para o diâmetro de caule, a combinação Oeiras/ES 36 apresentou maior crescimento. Com relação ao comprimento do ramo plagiotrópico mediano, as plantas das combinações Catuaí/ES 26, Catuaí//ES 23 e H419/ES 26 tiveram crescimento superior às plantas controles. Analisando-se a variável número de nós do ramo plagiotrópico mediano, observou-se que esta apresentou aumento significativo para a combinação Catuaí/ES 26. Com relação ao sistema radicular, houve aumento tanto no comprimento quanto na superfície de raiz para a combinação Catuaí/ES 26 e diminuição para as combinações H419/ES 36, H419/ES 23, H419/ES 38, H514/ES 21, H514/ES 26 e H514/ES 38. A melhor combinação de enxertia foi Catuaí/ES 26, que apresentou grande afinidade entre copa/porta-enxerto, o que condicionou maior desenvolvimento da planta.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, porta-enxerto, sistema radicular

ROOT AND CANOPY GROWTH OF GRAFTED COFFEE PLANTS CULTIVATED IN POTS

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the root and canopy growth of grafted coffee plants cultivated in pots. The varieties Catuaí Vermelho IAC 15 and Oeiras MG 6851, and the breeding progenies 'H 419-10-3-4-4' and 'H 514-5-5-3' of *C. arabica* were used as grafts. Five progenies of the *Coffea canephora* cv. Conilon (half siblings) clone were used as rootstocks: 'ES 21', 'ES 36', 'ES 26', 'ES 23' and 'ES 38'. For the variables plant height and number of plagiotropic branches on the main stem, there were not significant effects of the interaction canopy/ rootstock. For the stem diameter, the combination Oeiras/ES 36 presented larger growth. Regarding to the medium plagiotropic branch length, the plant combinations Catuaí/ES 26, Catuaí//ES 23, and H419/ES 26 showed superior growth than the control plants. Significant increase in the number of nodes of the medium plagiotropic branch was observed, for the combination Catuaí/ES 26. Regarding to the root system, there was increase even in the root length or in the root surface, for the combination Catuaí/ES 26 and decrease for the combinations H419/ES 36, H419/ES 23, H419/ES 38, H514/ES 21, H514/ES 26, and H514/ES 38. The best grafting combination was Catuaí/ES 26, that presented great affinity between canopy/ rootstock, promoting larger development of the plant.

Key words: *Coffea canephora*, rootstocks, roots sistem

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a enxertia de progênies produtivas sobre progênies tolerante-resistentes vem sendo utilizada com bons resultados em regiões de ocorrência generalizada de nematóides, oferecendo aos cafeicultores uma alternativa para o cultivo do café nestas áreas (FAHL et al., 1998).

Acredita-se que os cafés do grupo robusta, em relação aos arábicas, tenham sistemas radiculares mais extensos e eficientes, tanto em termos de

maior absorção de água e nutrientes como em maior resistência a fatores adversos do ambiente (RAMOS & LIMA, 1980). Todavia, em face do alto polimorfismo, isso pode não ser exatamente o que ocorre na realidade para todos os cafeeiros robustas (RENA & DAMATTA, 2002).

Para PERES & KERBAUY (2000), o crescimento radicular é controlado geneticamente e depende de uma série de fatores, como o estímulo hormonal, a disponibilidade de fotoassimilados e condições do solo, como textura, estrutura, pH e nutrientes.

Em condições isentas de nematóides, observou-se que plantas jovens de *C. arabica*, enxertadas sobre *C. canephora*, apresentaram taxas de crescimento relativo superiores às plantas não enxertadas, tanto para altura como para parte aérea foliar (FAHL & CARELLI, 1985). A enxertia de *C. arabica* sobre progênies de *C. canephora* e de *C. congensis* também conferiu maior desenvolvimento da parte aérea possibilitando, assim, a formação de maior número de gemas frutíferas nas cultivares de *C. arabica* (FAHL et al., 1998).

Pelo estudo de combinações de quatro genótipos de *Coffea arabica*, envolvendo progênies de Catimor e progênies de Caturra, Catuaí Vermelho e Mundo Novo, ALVES (1986) verificou que o Catimor enxertado sobre Caturra, Catuaí e Mundo Novo apresentou aumentos significativos na taxa de crescimento da área foliar em relação às cultivares não enxertadas.

TOMAZ et al. (2002), comparando diferentes combinações enxerto/porta-enxerto com os respectivos pés-francos em mudas de cafeeiro, em cultivo hidropônico, verificaram melhoria no crescimento das mudas quando enxertadas sobre Mundo Novo e Apoatã, para a maioria das variáveis estudadas.

Em relação à utilização de porta-enxertos na cafeicultura, em áreas isentas de nematóides, deve-se considerar a possibilidade de melhoria no vigor da planta, aumento de produção de frutos, maior eficiência no aproveitamento de nutrientes, adaptação ao ecossistema, pelo fato de alguns porta-enxertos terem sistema radicular mais desenvolvido.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento de raízes e parte aérea de plantas de cafeeiro enxertadas, cultivadas em vaso.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, MG, utilizando-se vasos de 20 L.

Utilizaram-se como enxertos da espécie *C. arabica* as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 as progênies 'H 419-10-3-4-4' e 'H 514-5-5-3' do programa de melhoramento da EPAMIG/UFV. Como porta-enxerto foram empregados cinco progênies famílias de meio-irmãos de clones de *Coffea canephora* Pierre cv. Conilon 'ES 21', 'ES 36', 'ES 38', 'ES 26' e 'ES 23', que são plantas muito vigorosas do programa de melhoramento de café robusta do INCAPER.

A semeadura foi feita em caixas com areia fina, as quais foram colocadas em casa de vegetação até que as plântulas atingissem o estágio "palito de fósforo". Depois deste período, efetuaram-se 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. Neste local, as plantas receberam irrigações periódicas. Depois de aclimatadas, no estágio de 3 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 os vasos, foi terra com areia lavada peneirada e esterco de galinha na proporção de 3:1:1, respectivamente.

A irrigação foi realizada de acordo com a exigência das plantas, de maneira que não ocorresse nem excesso nem falta de água. O controle fitossanitário foi realizado quando necessário, antes que a infestação causasse danos à planta. A adubação foi feita com base na marcha de acúmulo de nutrientes para plantas das variedades Catuaí e M. Novo, conforme MALAVOLTA (1993).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 24 tratamentos e 3 repetições, sendo quatro pés-francos e 20 combinações de enxertia (Tabela 1). Utilizou-se o teste “ t ” de Student, a 5% de probabilidade para comparação entre as médias. O processamento foi realizado, utilizando-se o Aplicativo Computacional em Genética e Estatística – GENES (CRUZ, 2001).

Tabela 1. Relação das combinações de enxertia em mudas de genótipos de cafeeiro

Mudas enxertadas ^{/1}	Identificação no texto
Catuaí Vermelho IAC 15	Catuaí 15
Catuaí Vermelho IAC 15 / Clone ES 21	Catuaí 15 / ES 21
Catuaí Vermelho IAC 15 / Clone ES 36	Catuaí 15 / ES 36
Catuaí Vermelho IAC 15 / Clone ES 26	Catuaí 15 / ES 26
Catuaí Vermelho IAC 15 / Clone ES 23	Catuaí 15 / ES 23
Catuaí Vermelho IAC 15 / Clone ES 38	Catuaí 15 / ES 38
Oeiras MG 6851	Oeiras
Oeiras MG 6851 / Clone ES 21	Oeiras / ES 21
Oeiras MG 6851 / Clone ES 36	Oeiras / ES 36
Oeiras MG 6851 / Clone ES 26	Oeiras / ES 26
Oeiras MG 6851 / Clone ES 23	Oeiras / ES 23
Oeiras MG 6851 / Clone ES 38	Oeiras / ES 38
H 419-10-3-4-4	H 419
H 419-10-3-4-4 / Clone ES 21	H 419 / ES 21
H 419-10-3-4-4 / Clone ES 36	H 419 / ES 36
H 419-10-3-4-4 / Clone ES 26	H 419 / ES 26
H 419-10-3-4-4 / Clone ES 23	H 419 / ES 23
H 419-10-3-4-4 / Clone ES 38	H 419 / ES 38
H 514-5-5-3	H 514
H 514-5-5-3 / Clone ES 21	H 514 / ES 21
H 514-5-5-3 / Clone ES 36	H 514 / ES 36
H 514-5-5-3 / Clone ES 26	H 514 / ES 26
H 514-5-5-3 / Clone ES 23	H 514 / ES 23
H 514-5-5-3 / Clone ES 38	H 514 / ES 38

^{/1} Enxerto / porta-enxerto

Dezoito meses após o plantio em vaso avaliaram-se as seguintes características: altura de planta, número de ramos plagiotrópicos da haste principal, diâmetro do caule, comprimento do ramo plagiotrópico mediano e

número de nós do ramo plagiotrópico mediano. Posteriormente, as plantas foram cortadas na altura do colo separando-se as raízes da parte aérea. As raízes foram retiradas dos vasos, lavadas em água corrente, separadas em partes laterais e pivotante, e medidas quanto ao volume e peso de matéria fresca.

Das raízes laterais de cada tratamento, retirou-se uma amostra de aproximadamente 2% do peso de matéria fresca, para estimativa de comprimento radicular pelo método da intercepção de linha descrita por TENNANT (1975). Após medição, fez-se a conversão para 100% obtendo-se o comprimento radicular total da planta. Com o comprimento de raiz e diâmetro médio, efetuou-se o cálculo de superfície radicular segundo BOHM (1979). O restante do material foi seco em estufa com ventilação forçada a 70°C, até atingir peso constante e posteriormente avaliou-se o peso de matéria seca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito significativo da interação copa/porta-enxerto para as variáveis altura de planta e número de ramos plagiotrópicos da haste principal (Tabela 2).

Para o diâmetro de caule, a combinação Oeiras/ES 36 teve aumento significativo quando comparado com o pé-franco Oeiras (Tabela 2). Com relação ao comprimento do ramo plagiotrópico mediano, as combinações Catuaí/ES 26, Catuaí/ES 23, H419/ES 26 apresentaram crescimento superior aos respectivos pés-francos.

Analisando-se a variável número de nós do ramo plagiotrópico mediano, observou-se que a combinação Catuaí/ES 26 teve aumento significativo quando comparada com o pé-franco Catuaí (Tabela 3).

O aumento do comprimento de ramo é desejável, pois são dos ramos que se originam as ramificações secundárias e parte das primeiras produções. Portanto, o crescimento do ramo, associado a um maior número de nós, pode condicionar maior número de rosetas florais, podendo com isso incrementar a produção da planta. A produção de folhas está associada ao crescimento de ramos laterais (RENA & MAESTRI, 1986).

Tabela 2. Altura de planta (AP), número de ramos plagiotrópicos da haste principal (NRPHP), diâmetro do caule (DC) comprimento do ramo plagiotrópico mediano (CRPM) em cafeeiros não enxertados (controle) e enxertados em diversas combinações, cultivados em vasos

CONTRASTES	AP	NRPHP	DC	CRPM
	cm	un	cm	cm
Catuaí 15 (controle)	75,27	34	1,80	33,83
vs Catuaí / ES 21	75,70 ^{ns}	32 ^{ns}	1,87 ^{ns}	36,47 ^{ns}
vs Catuaí / ES 36	73,77 ^{ns}	32 ^{ns}	1,83 ^{ns}	36,50 ^{ns}
vs Catuaí / ES 26	78,43 ^{ns}	35 ^{ns}	1,93 ^{ns}	40,20*
vs Catuaí / ES 23	77,43 ^{ns}	34 ^{ns}	1,93 ^{ns}	38,93*
vs Catuaí / ES 38	69,87 ^{ns}	32 ^{ns}	1,83 ^{ns}	32,77 ^{ns}
H 419-10-3-4-4 (controle)	74,13	33	1,87	36,33
vs H 419 / ES 21	69,77 ^{ns}	32 ^{ns}	1,97 ^{ns}	38,67 ^{ns}
vs H 419 / ES 36	75,73 ^{ns}	32 ^{ns}	1,97 ^{ns}	37,60 ^{ns}
vs H 419 / ES 26	78,53 ^{ns}	35 ^{ns}	1,87 ^{ns}	41,20*
vs H 419 / ES 23	69,83 ^{ns}	32 ^{ns}	1,93 ^{ns}	36,73 ^{ns}
vs H 419 / ES 38	62,03 ^{ns}	30 ^{ns}	1,87 ^{ns}	34,00 ^{ns}
H 514-5-5-3 (controle)	78,67	28	1,90	40,93
vs H 514 / ES 21	78,03 ^{ns}	30 ^{ns}	1,93 ^{ns}	38,80 ^{ns}
vs H 514 / ES 36	87,53 ^{ns}	28 ^{ns}	2,00 ^{ns}	40,43 ^{ns}
vs H 514 / ES 26	81,50 ^{ns}	28 ^{ns}	1,87 ^{ns}	38,23 ^{ns}
vs H 514 / ES 23	76,77 ^{ns}	28 ^{ns}	1,93 ^{ns}	39,50 ^{ns}
vs H 514 / ES 38	79,77 ^{ns}	27 ^{ns}	1,93 ^{ns}	38,13 ^{ns}
Oeiras (controle)	83,1	34	1,86	35,67
vs Oeiras / ES 21	75,27 ^{ns}	33 ^{ns}	1,87 ^{ns}	34,83 ^{ns}
vs Oeiras / ES 36	72,97 ^{ns}	32 ^{ns}	2,10*	33,50 ^{ns}
vs Oeiras / ES 26	74,93 ^{ns}	33 ^{ns}	1,80 ^{ns}	31,40 ^{ns}
vs Oeiras / ES 23	72,50 ^{ns}	32 ^{ns}	1,87 ^{ns}	33,50 ^{ns}
vs Oeiras / ES 38	74,53 ^{ns}	33 ^{ns}	1,83 ^{ns}	33,67 ^{ns}
Coeficiente de Variação	10,79	6,83	7,40	7,96

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

Com relação ao sistema radicular, os resultados referentes ao comprimento de raiz e superfície de raiz foram semelhantes. Houve aumento no sistema radicular da combinação Catuaí/ES 26 e diminuição das combinações H419/ES 36, H419/ES 23, H419/ES 38, H514/ES 21, H514/ES

26, H514/ES 38 quando comparadas com os respectivos pés-francos (Tabela 3).

Tabela 3. Número de nós do ramo plagiotrópico mediano (NNRPM), comprimento de raiz (CR) superfície de raiz (SR), em cafeeiros não enxertados (controle) e enxertados em diversas combinações, cultivados em vasos

CONTRASTES	NNRPM	CR	SR
	un	m	m ²
Catuaí 15 (controle)	12	942,45	8,88
vs Catuaí / ES 21	14 ^{ns}	815,11 ^{ns}	7,66 ^{ns}
vs Catuaí / ES 36	13 ^{ns}	792,99 ^{ns}	7,22 ^{ns}
vs Catuaí / ES 26	15*	1346,79*	12,98*
vs Catuaí / ES 23	14 ^{ns}	939,07 ^{ns}	8,84 ^{ns}
vs Catuaí / ES 38	13 ^{ns}	875,54 ^{ns}	8,09 ^{ns}
H 419-10-3-4-4 (controle)	14	1651,98	15,27
vs H 419 / ES 21	15 ^{ns}	1452,36 ^{ns}	13,21 ^{ns}
vs H 419 / ES 36	14 ^{ns}	1246,12*	11,44*
vs H 419 / ES 26	16 ^{ns}	1478,35 ^{ns}	13,92 ^{ns}
vs H 419 / ES 23	14 ^{ns}	923,98*	7,99*
vs H 419 / ES 38	13 ^{ns}	1000,87*	9,76*
H 514-5-5-3 (controle)	13	1226,43	11,50
vs H 514 / ES 21	12 ^{ns}	931,81*	8,71*
vs H 514 / ES 36	13 ^{ns}	938,30*	8,91*
vs H 514 / ES 26	11 ^{ns}	1160,46 ^{ns}	9,95 ^{ns}
vs H 514 / ES 23	13 ^{ns}	993,50 ^{ns}	9,14 ^{ns}
vs H 514 / ES 38	12 ^{ns}	712,61*	6,58*
Oeiras (controle)	13	858,83	8,22
vs Oeiras / ES 21	13 ^{ns}	883,52 ^{ns}	8,47 ^{ns}
vs Oeiras / ES 36	11 ^{ns}	1005,60 ^{ns}	9,50 ^{ns}
vs Oeiras / ES 26	13 ^{ns}	920,40 ^{ns}	8,88 ^{ns}
vs Oeiras / ES 23	13 ^{ns}	903,59 ^{ns}	8,81 ^{ns}
vs Oeiras / ES 38	12 ^{ns}	964,68 ^{ns}	9,25 ^{ns}
Coeficiente de Variação	10,63	14,25	16,02

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

O aumento do sistema radicular e da parte aérea da combinação Catuaí/ES 26 pode ter ocorrido pela maior afinidade entre copa/porta-enxerto, acarretando maior desenvolvimento da planta. As alterações na morfologia do sistema radicular podem alterar a eficiência de absorção de água e nutrientes, principalmente aqueles imóveis no solo, e cujo contato com as raízes ocorre por difusão (BERNARDI et al., 2000).

Os clones utilizados como porta-enxertos possuem boas características de vigor. No entanto, a redução ocorrida no sistema radicular de determinadas combinações pode ter ocorrido pela maior competição das brotações por água, nutrientes e carbono. Segundo PAULETTO et al. (2001), os efeitos do porta-enxerto não são passíveis de serem detectados sem considerar o sistema como um todo (copa/porta-enxerto), uma vez que existe ação recíproca entre as partes envolvidas.

É natural esperar que o sistema radicular se modifique de acordo com a espécie, variedades dentro da espécie e mesmo com a combinação enxerto/porta-enxerto (RENA & GUIMARÃES, 2000).

Em estudos de enxertia de plantas jovens de *Citrus*, verificou-se o favorecimento do crescimento da parte aérea da muda em detrimento do sistema radicular, mesmo não ocorrendo limitação da temperatura e umidade do solo (BEVINGTON & CASTLE, 1985).

CONCLUSÕES

1. Há variação do crescimento dos cafeeiros cultivados em vaso, quando se compararam diferentes combinações enxerto/porta-enxerto com os respectivos pés-francos.
2. O porta-enxerto 'ES 26' contribuiu no desenvolvimento vegetativo da planta, quando combinado com o enxerto copa Catuaí Vermelho IAC 15.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A.A.C. **Efeito da enxertia na nutrição mineral, no crescimento vegetativo, na fotossíntese e na redução do nitrato, em *Coffea arabica* L.** Viçosa: UFV, 1986. 61p. (Mestrado em Fisiologia Vegetal). Universidade Federal de Viçosa, 1986.

BERNARDI, A.C.C.; CARMELLO, Q.A.C. & CARVALHO, S.A. Desenvolvimento de mudas de citros cultivadas em vaso em resposta à adubação NPK. **Scientia Agrícola**, v.57, n.4, p.733-738, 2000.

BEVINGTON, K. & CASTLE, W.S. Annual root growth pattern of young citrus trees in relation to shoot growth, soil temperature, and soil water content. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.110, p.840-845, 1985.

BOHM, W. **Methods of studying root systems**. Springer-Verlag. New York, 1979. 188p.

CRUZ, C.D. 2001. **Programa Genes: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, MG: UFV, 2001. [CDROM].

FAHL, J.I. & CARELLI, M.L.C. Estudo fisiológico da interação enxerto e porta-enxerto em plantas de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12, 1985, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro, MIC/IBC, 1985. p.115-117.

FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; GALLO, P.B.; COSTA, W.M. & NOVO, M.C.S.S. Enxertia de *Coffea arabica* sobre Progenies de *C. canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.2, p.297-312, 1998.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 1993, 210p.

MORAES M.V. & FRANCO, C.M. Método expedito para enxertia em café. Rio de Janeiro, **Instituto Brasileiro do Café**, 1973. 8p.

PAULETTO, D.; MOURÃO FILHO, F.A.A.; KLUGE, R.A. & SCARPARE FILHO, J. A. Produção e vigor da videira ' Niágara Rosada' relacionados com o porta-enxerto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.115-121, 2001.

PERES, L. E. P. & KERBAUY, G. B. Controle hormonal do desenvolvimento das raízes. **Universa**, v.8, p.181-195, 2000.

RAMOS, L.C.S. & LIMA, M.M.A. Avaliação da superfície relativa do sistema radicular do cafeeiro. **Bragantia**, v. 39, n.1, p.1-5, 1980.

RENA, A.B. & MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: Rena, A.B.; Malavolta, E.; Rocha, M. & Yamada, T. **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.13 - 85.

RENA, A. B. & GUIMARÃES, P. T. G. Sistema radicular do cafeeiro: Estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 80p. - (EPAMIG. **Série Documentos**, 37).

RENA, A.B. & DAMATTA, F.M. O sistema radicular do cafeeiro: estrutura e ecofisiologia. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.), **O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de Café**. Viçosa: UFV, 2002, 568p.

TENNANT, D. A test of a modified line intersects method of estimating root length. **Journal of Ecology**. South Perth, v.63, p.995-1001, 1975.

TOMAZ, M. A.; SAKIYAMA, N. S.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, A. A.; ZAMBOLIM, L. & CRUZ, C. D. Grafted young coffee tree growth in a greenhouse. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.2, n.3, p.425-430, 2002.

EFICIÊNCIA QUANTO À ABSORÇÃO, TRANSLOCAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E ENXOFRE, POR PLANTAS DE CAFEIROS ENXERTADAS, CULTIVADAS EM VASOS

RESUMO

Foram avaliadas as eficiências das plantas de cafeeiro enxertadas, cultivadas em vasos de 20 litros, quanto à absorção, à translocação e à utilização de N, P e S. Utilizaram-se como enxertos as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 e as progênies 'H 419-10-3-4-4' e 'H 514-5-5-3' de *C. arabica*. Como porta-enxerto foram empregadas cinco progênies família de meio-irmãos de clones de *Coffea canephora* cv. Conilon: 'ES 21', 'ES 36', 'ES 26', 'ES 23' e 'ES 38'. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 24 tratamentos e 3 repetições, sendo quatro pés-francos e 20 combinações de enxertia. Houve variação da eficiência nutricional das plantas de cafeeiro quanto ao N, P, e S na maioria das plantas enxertadas. A variedade Catuaí Vermelho IAC 15 foi beneficiada na eficiência de utilização de N e P e produção de matéria seca total pelo porta-enxerto 'ES 26' e 'ES 23', respectivamente. Na maioria das vezes, as plantas enxertadas cultivadas em vaso tiveram desempenho inferior ao do pé-franco quanto a eficiência nutricional e produção de matéria seca.

Palavras chaves: eficiência nutricional, enxertia, porta-enxertos, utilização de nutrientes

EFFICIENCY OF ABSORPTION, TRANSLOCATON AND USE OF NITROGEN, PHOSPHORUS, AND SULPHUR, IN POTS CULTIVATED GRAFTED COFFE PLANTS.

ABSTRACT

The efficiencies of the grafted coffee plants, cultivated in 20 liter pots, regarding the absorption, translocação and use of N, P and S were evaluated. The varieties Catuaí Vermelho IAC 15 and Oeiras MG 6851, and the breeding progenies 'H 419-10-3-4-4' and 'H 514-5-5-3' of *C. arabica* were used as grafts. As rootstocks, five half-sibling progenies of *Coffea canephora* Pierre cv. Conilon clones were used: 'ES 21', 'ES 36', 'ES 26', 'ES 23', and 'ES 38'. The completely randomized experimental design was used, with 24 treatments and 3 repetitions, being four control plants and 20 grafting combinations. There were variation of the coffee plants nutritional efficiency regarding to N, P, and S in most of the grafted plants. When compared with the respective control variety, the Catuaí Vermelho IAC 15 showed the best performance in the use of N and P, and total dry matter yield when combined with the rootstock 'ES 26' and 'ES 23' respectively. Most of the time, the pot cultivated grafted coffee plants showed inferior performance than the control varieties, regarding to the nutritional efficiency and dry matter yield.

Key words: grafting, nutrition efficiency, nutrient use, rootstocks

INTRODUÇÃO

O crescimento das plantas e a exigência nutricional variam de acordo com a espécie e a cultivar (MARTINEZ et al. 1993; FAGERIA 1998), dependendo da sua eficiência de absorção (DUNCAN & BALIGAR 1990; SWIADER et al. 1994), de translocação (LI et al. 1991) e de utilização dos nutrientes (SIDDIQI & GLASS 1981; SANDS & MULLIGAN 1990).

Vários mecanismos relacionados às características morfológicas e fisiológicas da planta contribuem para a utilização eficiente de nutrientes, tais como: sistema radicular extensivo (que possibilita a exploração de maior

volume de solo), alta relação entre raízes e parte aérea, habilidade do sistema radicular em modificar a rizosfera (possibilitando superar baixos níveis de disponibilidade de nutrientes), maior eficiência de absorção ou de utilização de nutrientes, capacidade de manter o metabolismo normal com baixo teor de nutrientes nos tecidos e alta taxa fotossintética (FAGERIA & BALIGAR 1993).

Em videira, GONÇALVES (1996) relata que para cada combinação copa/porta-enxerto, existe um equilíbrio fisiológico ou grau de afinidade que pode influenciar o crescimento e a produção das plantas.

Na cultura do café, alguns estudos têm demonstrado que plantas de *Coffea arabica* L. (café arábica) enxertadas sobre *C. canephora* Pierre ex. Froenher (café robusta) apresentam melhor desempenho produtivo que aquelas de café arábica enxertadas sobre arábica (RAGHUMARULU & PURUSHOTHAM, 1987; FAHL et al., 2001). Acredita-se que os cafés do grupo robusta, em relação aos arábicas, tenham sistemas radiculares mais extensos e eficientes, tanto em termos de maior absorção de água e nutrientes como em maior resistência a fatores adversos do ambiente (RAMOS & LIMA, 1980), embora isso não ocorra para todos os robustas (RENA & DAMATTA, 2002).

Em experimento de enxertia de *Coffea arabica* L. sobre progênies de *C. canephora* e de *C. congensis*, FAHL et al. (1998), verificaram-se que as plantas enxertadas apresentaram maiores teores foliares de potássio e menores teores de manganês do que as não enxertadas.

TOMAZ et al. (2003), estudando a eficiência nutricional de plantas jovens de cafeeiro enxertadas, em cultivo hidropônico, observaram bom desempenho dos porta-enxertos Apoatã LC 2258 e Mundo Novo IAC 376-4 na absorção, translocação e utilização de N, P e K em determinadas combinações de enxertias.

FIGUEIREDO et al. (2003), estudando a translocação de nutrientes em mudas enxertadas de sete cultivares de cafeeiro, verificaram que o porta-enxerto Apoatã 2258 não influenciou a translocação de fósforo e cálcio em todas as cultivares analisadas, porém restringiu a translocação do manganês.

Uma das principais limitações para a agricultura, em mais da metade das terras cultivadas dos trópicos, reside na baixa fertilidade dos solos que são, em sua maioria, ácidos e com deficiências generalizadas de nutrientes, principalmente fósforo (GOEDERT, 1983). A percepção destas dificuldades tem levado a pesquisa a buscar soluções mais adequadas e eficientes às

condições existentes, de forma a aperfeiçoar o processo e obter melhores produções. Uma das soluções encontradas é o estudo e a seleção de genótipos com maior eficiência nutricional.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência quanto a absorção, translocação e utilização de nitrogênio, fósforo e enxofre, por plantas de cafeeiros enxertadas, cultivadas em vaso.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, MG, utilizando vasos de 20 Litros.

Utilizaram-se como enxertos da espécie *C. arabica* as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 as progênies 'H 419-10-3-4-4' e 'H 514-5-5-3' do programa de melhoramento da EPAMIG/UFV. Como porta-enxerto foram empregados cinco progênies famílias de meio-irmãos de clones de *Coffea canephora* cv. Conilon 'ES 21', 'ES 36', 'ES 38', 'ES 26' e 'ES 23', que são plantas muito vigorosas do programa de melhoramento de café robusta da INCAPER.

A semeadura foi feita em caixas com areia fina, as quais foram colocadas em casa de vegetação até que as plântulas atingissem o estágio "palito de fósforo". Depois deste período, efetuaram-se 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. Neste local, as mudas receberam irrigações periódicas. Depois de aclimatadas, no estágio de 3 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 os vasos foi terra com areia lavada peneirada 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 fitossanitário foi realizado quando necessário, antes que a infestação começasse a causar danos à planta. A adubação foi realizada com base na marcha de acúmulo de nutrientes para plantas das variedades Catuaí e Mundo Novo, conforme MALAVOLTA (1993).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 24 tratamentos e 3 repetições, sendo quatro pés-francos e 20 combinações de enxertia (Tabela 1). Utilizou-se o teste “ t ” de Student, a 5% de probabilidade para comparação entre as médias. O processamento foi feito, utilizando-se o programa GENES – Aplicativo Computacional em Genética e Estatística (CRUZ, 2001).

A avaliação foi realizada 18 meses após transplântio em vaso, 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. As amostras destinadas à determinação do N foram submetidas à digestão sulfúrica, sendo este determinado por colorimetria, usando-se o reagente de Nessler (JACKSON, 1958). Para a determinação de P e S, as amostras foram submetidas à digestão nitricoperclórica (JOHNSON & ULRICH, 1959) e, a partir dos extratos obtidos, determinou-se a concentração por colorimetria para P e turbidimetria para S (MALAVOLTA et al. 1997). A partir da massa seca e dos conteúdos dos nutrientes na planta, foram calculados os índices: a) eficiência de utilização de nutriente = $(\text{massa seca total produzida})^2 / (\text{conteúdo total do nutriente na planta})$ - SIDDIQI & GLASS, 1981); b) eficiência de absorção = $(\text{conteúdo total do nutriente na planta} / \text{massa seca de raízes})$ - 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.

Tabela 1. Relação das combinações de enxertia em mudas de genótipos de cafeeiro

Mudas enxertadas ^{/1}	Identificação no texto
Catuaí Vermelho IAC 15	Catuaí 15
Catuaí Vermelho IAC 15 / Clone ES 21	Catuaí 15 / ES 21
Catuaí Vermelho IAC 15 / Clone ES 36	Catuaí 15 / ES 36
Catuaí Vermelho IAC 15 / Clone ES 26	Catuaí 15 / ES 26
Catuaí Vermelho IAC 15 / Clone ES 23	Catuaí 15 / ES 23
Catuaí Vermelho IAC 15 / Clone ES 38	Catuaí 15 / ES 38
Oeiras MG 6851	Oeiras
Oeiras MG 6851 / Clone ES 21	Oeiras / ES 21
Oeiras MG 6851 / Clone ES 36	Oeiras / ES 36
Oeiras MG 6851 / Clone ES 26	Oeiras / ES 26
Oeiras MG 6851 / Clone ES 23	Oeiras / ES 23
Oeiras MG 6851 / Clone ES 38	Oeiras / ES 38
H 419-10-3-4-4	H 419
H 419-10-3-4-4 / Clone ES 21	H 419 / ES 21
H 419-10-3-4-4 / Clone ES 36	H 419 / ES 36
H 419-10-3-4-4 / Clone ES 26	H 419 / ES 26
H 419-10-3-4-4 / Clone ES 23	H 419 / ES 23
H 419-10-3-4-4 / Clone ES 38	H 419 / ES 38
H 514-5-5-3	H 514
H 514-5-5-3 / Clone ES 21	H 514 / ES 21
H 514-5-5-3 / Clone ES 36	H 514 / ES 36
H 514-5-5-3 / Clone ES 26	H 514 / ES 26
H 514-5-5-3 / Clone ES 23	H 514 / ES 23
H 514-5-5-3 / Clone ES 38	H 514 / ES 38

^{/1} Enxerto / porta-enxerto

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Eficiência nutricional das plantas quanto ao nitrogênio (N)

Quanto à absorção, as combinações Catuaí 15/ES 26, Catuaí 15/ES 23, Catuaí 15/ES 38, H419/ES 21 e todas as combinações com Oeiras, tiveram redução na absorção deste nutriente quando comparadas com as plantas controles enquanto que as combinações H419/ES 36, H514/ES 21 e H514/ES 38 apresentaram incremento. Com relação à translocação, nenhuma enxertia foi superior às plantas controles. No entanto, as combinações Catuaí 15/ES 26,

Catuaí 15/ES 23, H419/ES 21 e todas as combinações com H514 e Oeiras, com exceção do H514/ES 38 e Oeiras/ES 38 apresentaram redução do transporte de N para a parte aérea (Tabela 2).

Tabela 2. Eficiência de absorção de nitrogênio (EAN), translocação de nitrogênio (ETN), utilização de nitrogênio (EUN) e conteúdo total de nitrogênio (CTN) em cafeeiros não enxertados (controle) e enxertados em diversas combinações, cultivados em vasos

CONTRASTES	EAN	ETN	EUN	CTN
	mg g ⁻¹	%	g ² mg ⁻¹	g/planta
Catuaí 15 (controle)	159,45	81,36	7,24	5,936
vs Catuaí 15/ ES 21	148,00 ^{ns}	79,70 ^{ns}	7,86 ^{ns}	5,108*
vs Catuaí 15/ ES 36	155,47 ^{ns}	77,90 ^{ns}	8,35 ^{ns}	5,591 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 26	117,37*	73,34*	9,47*	6,464 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 23	131,52*	77,40*	9,77*	5,886 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 38	132,74*	79,39 ^{ns}	7,16 ^{ns}	4,361*
H 419-10-3-4-4 (controle)	122,24	76,81	9,29	7,208
vs H 419 / ES 21	100,70*	70,57*	9,06 ^{ns}	5,784*
vs H 419 / ES 36	140,65*	79,91 ^{ns}	9,32 ^{ns}	6,022*
vs H 419 / ES 26	124,25 ^{ns}	77,31 ^{ns}	10,23 ^{ns}	6,906 ^{ns}
vs H 419 / ES 23	128,18 ^{ns}	77,68 ^{ns}	8,39 ^{ns}	5,096*
vs H 419 / ES 38	120,50 ^{ns}	75,09 ^{ns}	7,79*	5,397*
H 514-5-5-3 (controle)	136,59	82,95	9,03	6,553
vs H 514 / ES 21	158,59*	78,26*	8,61 ^{ns}	5,849 ^{ns}
vs H 514 / ES 36	149,00 ^{ns}	78,57*	8,72 ^{ns}	5,384*
vs H 514 / ES 26	142,47 ^{ns}	78,54*	8,96 ^{ns}	5,404*
vs H 514 / ES 23	129,50 ^{ns}	77,88*	8,94 ^{ns}	4,835*
vs H 514 / ES 38	158,61*	81,51 ^{ns}	8,46 ^{ns}	4,486*
Oeiras (controle)	171,68	82,21	7,94	6,829
vs Oeiras / ES 21	130,09*	76,48*	7,42 ^{ns}	4,939*
vs Oeiras / ES 36	117,44*	77,44*	8,75 ^{ns}	4,812*
vs Oeiras / ES 26	131,52*	76,63*	7,06 ^{ns}	5,469*
vs Oeiras / ES 23	125,06*	76,65*	7,08 ^{ns}	4,597*
vs Oeiras / ES 38	151,05*	79,20 ^{ns}	6,88 ^{ns}	5,026*
Coeficiente de Variação	7,15	2,79	18,3	19,12

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

Avaliando a utilização do N, as combinações Catuaí 15/ES 26 e Catuaí 15/ES 23 foram superiores na utilização quando comparadas com os respectivos controles, enquanto que a combinação H419/ES 38 mostrou-se inferior. Para o conteúdo total de N, constatou-se redução na grande maioria das combinações de enxertias quando comparadas com as plantas controle, com exceção dos tratamentos Catuaí 15/ES 36, Catuaí 15/ES 26, Catuaí 15 ES 23, H419/ES 26 e H514/ES 21 que não diferiram dos pés-francos (Tabela 2).

O nitrogênio é o elemento mais acumulado na cultura do cafeeiro (CORREA et al., 1984, citados por MALAVOLTA, 1993). Faz parte integrante das moléculas de proteínas, e sua deficiência pode acarretar drástica redução no crescimento. É um elemento bastante móvel no floema. O seu suprimento adequado é importante na formação de estruturas vegetativas (folhas, caule e raízes), no florescimento e enchimento dos frutos, tendo grande influência na produtividade (TAIZ & ZEIGER, 1991).

O aumento na absorção de N em determinadas combinações de enxertias não foi convertido em aumento de produção de matéria seca, podendo ter ocorrido maior gasto no metabolismo da planta.

O movimento dos íons através das raízes e seu descarregamento no xilema envolvem vários passos que podem limitar sua ascensão para a parte aérea e que podem ser à base das diferenças genotípicas na absorção e movimento dos nutrientes (GERLOFF & GABELMAN, 1983).

A redução do transporte do N para a parte aérea, em determinadas combinações pode ter ocorrido pelo maior gasto das raízes na assimilação do nutriente, não ocorrendo a redistribuição para a parte aérea.

A maior eficiência de utilização de N sugere ter ocorrido melhor utilização no metabolismo e crescimento, pois mesmo com redução na absorção e translocação deste nutriente estas plantas tiveram maior produção de matéria seca de raiz e parte aérea quando comparadas com as plantas controles.

A redução do conteúdo do nutriente nas plantas pode ter ocorrido na grande maioria, pela redução de uma ou mais variáveis de crescimento (raiz e parte aérea).

Eficiência nutricional das plantas quanto ao fósforo (P)

Quanto a absorção e translocação, todas as combinações de enxertias comparadas com as plantas controles apresentaram redução nestas variáveis, com exceção da combinação H419/ES 26, que não teve variação nestas características avaliadas e H419/ES 36, que não apresentou variação na translocação do P. Com relação à utilização de P, todas as combinações, com exceção das Catuaí 15/ES 21, Catuaí 15/ES 38, H419/ES 21, H419/ES 26, H419/ES 38, Oeiras/ES 26 e Oeiras/ES 38, suplantaram as plantas controles. Para o conteúdo total da planta, o resultado foi semelhante aos das eficiências de absorção e translocação sendo que somente as combinações Catuaí 15/ES 26 e H419/ES 26 não apresentaram redução deste nutriente (Tabela 3).

A absorção de fósforo depende das características morfológicas e fisiológicas das raízes, porém, a importância destas no processo de absorção depende do acesso da raiz ao nutriente. Quando não há limitação da chegada do íon à superfície radicular, os fatores fisiológicos são mais importantes que os morfológicos quanto à absorção do nutriente (BARBER, 1992).

Em pesquisa da absorção diferencial de fósforo em cultivares de cacau, ROSAND & MARIANO (1985) verificaram que, para efetivar a diferenciação das cultivares, deve-se considerar a extensão do sistema radicular conjuntamente com o fluxo de absorção por unidade de área ou comprimento radicular.

A translocação de fósforo ineficiente para a parte aérea pode afetar o suprimento do nutriente aos sítios fotossinteticamente ativos da planta. Alguns dos fatores que podem estar relacionados a esta baixa translocação são o estado nutricional das células da raiz e a taxa de transpiração das variedades (MARSCHNER, 1995).

O aumento na utilização de P pelas plantas pode ter acontecido pelo seu melhor uso no metabolismo e crescimento, pois, mesmo havendo redução na absorção, translocação e conteúdo deste nutriente, houve uma maior produção de massa seca por mg de nutriente.

A maior eficiência de utilização pode ser devida à menor necessidade de fósforo para as reações bioquímicas da planta, à maior redistribuição do nutriente para os pontos de crescimento e à maior mobilização do fósforo armazenado nos vacúolos das células em situação de deficiência (GERLOFF & GABELMAN, 1983).

Tabela 3. Eficiência de absorção de fósforo (EAP), translocação de fósforo (ETP), utilização de fósforo (EUP) e conteúdo total de fósforo (CTP) em cafeeiros não enxertados (controle) e enxertados em diversas combinações, cultivados em vasos

CONTRASTES	EAP	ATP	EUP	CTP
	mg g ⁻¹	%	g ² mg ⁻¹	g/planta
Catuaí 15 (controle)	8,35	87,07	141,13	0,312
vs Catuaí 15/ ES 21	4,75*	80,96*	146,24 ^{ns}	0,164*
vs Catuaí 15/ ES 36	5,16*	80,91*	258,58*	0,182*
vs Catuaí 15/ ES 26	4,65*	80,12*	240,78*	0,256 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 23	4,32*	78,46*	304,87*	0,193*
vs Catuaí 15/ ES 38	4,86*	81,31*	196,66 ^{ns}	0,159*
H 419-10-3-4-4 (controle)	7,47	86,45	153,04	0,444
vs H 419 / ES 21	5,24*	76,02*	172,48 ^{ns}	0,302*
vs H 419 / ES 36	5,50*	82,75 ^{ns}	247,23*	0,233*
vs H 419 / ES 26	6,65 ^{ns}	83,45 ^{ns}	191,57 ^{ns}	0,374 ^{ns}
vs H 419 / ES 23	4,53*	80,75*	238,81*	0,180*
vs H 419 / ES 38	4,93*	78,11*	193,87 ^{ns}	0,219*
H 514-5-5-3 (controle)	9,91	88,96	126,93	0,476
vs H 514 / ES 21	6,15*	84,03*	221,96*	0,227*
vs H 514 / ES 36	5,57*	82,02*	235,12*	0,201*
vs H 514 / ES 26	5,55*	81,46*	230,77*	0,211*
vs H 514 / ES 23	5,55*	82,88*	218,45*	0,204*
vs H 514 / ES 38	6,06*	82,16*	221,99*	0,171*
Oeiras (controle)	11,24	88,00	121,41	0,446
vs Oeiras / ES 21	4,40*	78,13*	219,15*	0,168*
vs Oeiras / ES 36	4,43*	75,58*	242,08*	0,184*
vs Oeiras / ES 26	5,49*	82,92*	169,62 ^{ns}	0,229*
vs Oeiras / ES 23	4,47*	78,22*	201,87*	0,164*
vs Oeiras / ES 38	6,11*	82,47*	175,55 ^{ns}	0,208*
Coeficiente de Variação	16,23	3,05	11,67	11,63

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

Em condições limitantes de P, a maior eficiência de utilização deste nutriente pode ser um fator de grande importância, pois a planta poderia produzir mais com uma menor exigência do nutriente. Em estudo da enxertia na nutrição mineral de *Coffea arabica*, ALVES (1986) verificou que o Catimor utilizado como porta-enxerto proporcionou aumento de 31% nos teores de P

nas folhas de Mundo Novo e Caturra, mostrando que o porta-enxerto pode alterar a eficiência nutricional da planta.

ALBICHEQUER & BOHNEN (1998), estudando a eficiência de absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo, verificaram que as cultivares eficientes e ineficientes no aproveitamento deste nutriente da solução nutritiva diferiram entre si quanto à capacidade de translocar o fósforo para a parte aérea e utilizá-lo na produção de matéria seca.

Eficiência nutricional das plantas quanto ao enxofre (S)

Com relação à absorção, as combinações Catuaí 15/ES 26, Catuaí 15/ES 38, Oeiras/ES 21, Oeiras/ES 36 e Oeiras/ES 23 apresentaram redução desta eficiência, enquanto que as combinações entre a progênie 419 e os clones ES 36, ES 26 e ES 23 suplantaram os respectivos controles. Quanto à eficiência de translocação, não houve diferença entre as enxertias e as plantas controles (Tabela 4).

Para a variável eficiência de utilização, nenhuma enxertia suplantou as plantas controles na utilização deste nutriente; no entanto, as combinações H419/ES 23 e H419/ES 38 apresentaram redução dessa eficiência. Quanto ao conteúdo total, as enxertias Catuaí 15/ES 38, H419/ES 23, H514/ES 36, H514/ES 26, H514/ES 38, Oeiras/ES 21, Oeiras/ES 36, Oeiras/ES 23, Oeiras/ES 38 apresentaram diminuição do conteúdo deste nutriente na planta e somente a combinação Catuaí 15/ES 26 suplantou o controle (Tabela 4).

A redução na eficiência de utilização de S verificada deve-se, principalmente, a uma maior exigência do nutriente no metabolismo, podendo com isso reduzir a redistribuição do nutriente para os pontos de crescimento, afetando o desenvolvimento da planta.

Em estudos de porta-enxertos para videiras, IANNINI (1984) verificou que estes apresentavam grande variação em vigor, em consequência das diferentes exigências nutricionais, pois suas raízes apresentavam a seletividade na absorção de íons da solução do solo. No entanto, a variabilidade genética dos porta-enxertos pode ser a principal causa da maior ou menor eficiência de utilização de S.

Tabela 4. Eficiência de absorção de enxofre (EAS), translocação de enxofre (ETS), utilização de enxofre (EUS) e conteúdo total de enxofre (CTS) em cafeeiros não enxertados (controle) e enxertados em diversas combinações, cultivados em vasos

CONTRASTES	EAS	ETS	EUS	CTS
	mg g ⁻¹	%	g ² mg ⁻¹	g/planta
Catuaí 15 (controle)	11,70	50,53	98,81	0,436
vs Catuaí 15/ ES 21	10,81 ^{ns}	58,19 ^{ns}	108,59 ^{ns}	0,372 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 36	11,32 ^{ns}	52,47 ^{ns}	114,25 ^{ns}	0,409 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 26	9,96 [*]	44,36 ^{ns}	112,41 ^{ns}	0,549 [*]
vs Catuaí 15/ ES 23	11,47 ^{ns}	48,84 ^{ns}	112,14 ^{ns}	0,516 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 38	9,58 [*]	56,54 ^{ns}	98,96 ^{ns}	0,316 [*]
H 419-10-3-4-4 (controle)	8,80	51,77	127,90	0,522
vs H 419 / ES 21	8,23 ^{ns}	43,98 ^{ns}	111,26 ^{ns}	0,472 ^{ns}
vs H 419 / ES 36	10,56 [*]	51,39 ^{ns}	123,44 ^{ns}	0,454 ^{ns}
vs H 419 / ES 26	10,47 [*]	47,59 ^{ns}	121,19 ^{ns}	0,584 ^{ns}
vs H 419 / ES 23	10,59 [*]	48,11 ^{ns}	102,24 [*]	0,421 [*]
vs H 419 / ES 38	10,21 ^{ns}	45,02 ^{ns}	91,94 [*]	0,460 ^{ns}
H 514-5-5-3 (controle)	9,99	55,40	127,14	0,475
vs H 514 / ES 21	11,55 ^{ns}	52,86 ^{ns}	120,32 ^{ns}	0,426 ^{ns}
vs H 514 / ES 36	10,80 ^{ns}	55,42 ^{ns}	120,94 ^{ns}	0,390 [*]
vs H 514 / ES 26	9,86 ^{ns}	53,53 ^{ns}	129,94 ^{ns}	0,375 [*]
vs H 514 / ES 23	10,37 ^{ns}	50,53 ^{ns}	112,46 ^{ns}	0,388 ^{ns}
vs H 514 / ES 38	11,31 ^{ns}	59,62 ^{ns}	119,11 ^{ns}	0,319 [*]
Oeiras (controle)	13,13	57,87	104,00	0,522
vs Oeiras / ES 21	10,48 [*]	52,40 ^{ns}	92,70 ^{ns}	0,399 [*]
vs Oeiras / ES 36	9,65 [*]	51,29 ^{ns}	107,31 ^{ns}	0,399 [*]
vs Oeiras / ES 26	11,48 ^{ns}	50,44 ^{ns}	81,52 ^{ns}	0,477 ^{ns}
vs Oeiras / ES 23	10,00 [*]	52,16 ^{ns}	88,82 ^{ns}	0,368 [*]
vs Oeiras / ES 38	12,12 ^{ns}	55,99 ^{ns}	85,50 ^{ns}	0,408 [*]
Coeficiente de Variação	9,58	9,87	14,02	12,81

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

Para SUNARPI & ANDERSON (1996), um fator que pode determinar a eficiência de utilização de enxofre é a capacidade do genótipo em redistribuir as frações, solúvel e insolúvel, de S de folhas maduras para as novas. Esses fatores são dependentes do estado nutricional de S na planta.

Produção de matéria seca

Um aumento na matéria seca das raízes foi observado nas combinações Catuaí15/ES 26 e Catuaí 15/ES 23, enquanto que as combinações H419/ES 36, H419/ES 23, H419/ES 38 e todas as combinações com 'H 514-5-5-3' apresentaram redução quando comparadas com as plantas controles (Tabela 4). Com relação à produção de matéria seca da parte aérea e total, os resultados foram semelhantes, ocorrendo aumento desta variável para a variedade Catuaí 15 quando enxertado nas progênies 'ES 26' e 'ES 23' e redução nas enxertias Catuaí/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).

É interessante verificar que as duas combinações que suplantaram as plantas controles na produção de matéria seca foram as que apresentaram maior eficiência de utilização quanto ao nitrogênio e ao fósforo e isso pode ter ocorrido devido à melhor eficiência metabólica destas plantas, pois as mesmas não tiveram aumento na absorção, translocação e conteúdo de N e P.

FURLANI et al. (1986), estudando o comportamento diferencial de linhagens de arroz na absorção e utilização de nitrogênio em solução nutritiva, verificaram que a diferenciação entre as plantas foi devida, principalmente, à capacidade de utilização de N, uma vez que a relação de eficiência (matéria seca produzida por unidade de N absorvido) foi a variável que apresentou o maior coeficiente de correlação (r) com a variação nos pesos de matéria seca total.

A redução da produção de matéria seca da parte aérea do Oeiras deve-se, principalmente, à redução na absorção e translocação de N e P, limitando a ascensão dos mesmos para a parte aérea.

TOMAZ et al. (2004), no estudo da eficiência nutricional de mudas de cafeeiro em cultivo hidropônico, verificaram que a cultivar Oeiras MG 6851 apresentava excelente resultado quando cultivada como pé-franco, não sendo beneficiada por nenhuma enxertia quanto à eficiência nutricional e à produção de matéria seca.

Se plantas enxertadas juntamente com as controles, crescendo nas mesmas condições, mostram comportamentos diferenciados quanto à eficiência nutricional, infere-se que os principais fatores que podem estar ocorrendo são: as diferenças de afinidade entre copa e porta-enxerto, que podem afetar positiva ou negativamente a morfologia e fisiologia da planta e a

genética da planta, que envolve complexos mecanismos moleculares de absorção relacionados com o padrão de expressão de genes transportadores que são de grande importância para o melhoramento de cultivares e, no entanto, ainda precisam ser muito estudados.

Tabela 5. Matéria seca de raiz (MSR), parte aérea (MSPA) e total (MST) em cafeeiros não enxertados (controle) e enxertados em diversas combinações, cultivados em vasos

CONTRASTES	MSR	MSPA	MST
	----- g / planta -----		
Catuai 15 (controle)	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 (controle)	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 (controle)	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 (controle)	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*
Coeficiente de Variação	9,44	7,79	7,58

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

CONCLUSÕES

1. Há variação da eficiência nutricional das plantas de cafeeiro quanto ao N, P, e S na maioria das plantas enxertadas.
2. Na maioria das vezes, as plantas enxertadas cultivadas em vaso tiveram desempenho inferior ao do pé-franco quanto a eficiência nutricional e produção de matéria seca.
3. A variedade Catuaí Vermelho IAC 15 foi beneficiada na eficiência de utilização de N e P e produção de matéria seca pelo porta-enxerto 'ES 26' e 'ES 23' .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBICHEQUER, A.D. & BOHNEN, H. Eficiência de absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.1, p.21-26. 1998.

ALVES, A. A. C. **Efeito da enxertia na nutrição mineral, no crescimento vegetativo, na fotossíntese e na redutase do nitrato, em *Coffea arabica* L.** Viçosa: UFV, 1986. 61p. (Mestrado em Fisiologia Vegetal), Universidade Federal de Viçosa, 1986.

BARBER, S.A. Mecanismos de absorção de fósforo sob condições de estresse ambiental. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: o milho em perspectiva. 1992. **Resumos**. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 1992, p.28-29.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. [CDROM].

DUNCAN, R.R. & BALIGAR, V.C. Genetics and physiological basis of nutrient uptake and use efficiency. In: BALIGAR, V.C., DUNCAN, R.R., ed. **Crops as enhancers of nutrient use**. New York, Academic Press, 1990. p.3-35.

FAGERIA, N.K. & BALIGAR, V.C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESSES. 1993. **Proceedings...** Lincoln, University of Nebraska, 1993, p.142-159.

FAGERIA, N.K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.1, p.6-16, 1998.

FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; GALLO, P.B.; COSTA, W.M. & NOVO, M.C.S.S. Enxertia de *Coffea arabica* sobre Progênies de *C. canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. **Bragantia**, v.57, n.2, p.297-312, 1998.

FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; MENEZES, H.C.; GALLO, P.B. & TRIVELIN, P.C.O. Gas exchange, growth, yield and beverage quality of *Coffea arabica* cultivars grafted on to *C. canephora* and *C. congensis*. **Experimental Agriculture**, v.37, p.241-252, 2001.

FIGUEIREDO, F. C.; OLIVEIRA, A. L.; FIGUEIREDO JUNIOR, W. P.; GUIMARÃES, R.J.; CARVALHO, J.G. & MENDES, A. N. G. Translocação de nutrientes em mudas enxertadas de sete cultivares do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3, 2003, Porto Seguro, **Anais...** Embrapa café, 2003, p.79.

FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C. & AZZINI, L.E. Comportamento diferencial de linhagens de arroz na absorção e utilização de nitrogênio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.51-59, 1986.

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.

GOEDERT, W.J. Management of the Cerrado soils of Brazil: a review. **Journal of Soil Science**, v.34, p.405-428, 1983.

GONÇALVES, C. A. A. **Comportamento da cultivar Folha de Figo (*Vitis tabrusca* L.) sobre diferentes porta-enxertos de videira.** Lavras: UFLA, 1996, 45p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, 1996.

IANNINI, B. Importanza e funzioni del portinnesto nella viticoltura moderna. **Riv. Vitic. Enol.**, v.7-8, p.394-419, 1984.

JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis.** Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1958, 458p.

JOHNSON, C.M. & ULRICH, A. **Analytical methods for use in plants analyses.** Los Angeles, University of California, 1959, p.32-33. (Boletim Técnico, 766).

LI, B.; MCKEAND, S.E. & ALLEN, H.L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, v.37, n.2, p.613-626, 1991.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1993, 210p.

MALAVOLTA, E.; FERNANDES, D.R. & ROMERO, J.P. **Seja doutor do seu cafezal.** Informações Agronômicas, v.64, p.1-12, 1993.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba, Potafos, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London: Academic Press, 1995. 889p.

MARTINEZ, H.E.P.; NOVAIS, R.F.; SACRAMENTO, L.V.S. & RODRIGUES L.A. Comportamento de variedades de soja cultivadas sob diferentes níveis de fósforo: II. Translocação do fósforo absorvido e eficiência nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.17, p.239-244, 1993.

MORAES M.V. & FRANCO, C.M. **Método expedito para enxertia em café.** Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1973. 8p.

RAGHURAMULU, Y. & PURUSHOTHAN, K. Root-stock trials in coffee: I. Studies on success in grafting and scion influence on growth of plants in some graft combinations. **Journal of Coffee Research**, v.17, p.8-15, 1987.

RAMOS, L.C.S. & LIMA, M.M.A. Avaliação da superfície relativa do sistema radicular do cafeeiro. **Bragantia**, v.39, n.1, p.1-5, 1980.

RENA, A.B. & DAMATTA, F.M. O sistema radicular do cafeeiro: estrutura e ecofisiologia. In: ZAMBOLIM, L. ed., **O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de Café**. Viçosa: UFV, 2002, 568p.

ROSAND, P.C. & MARIANO, A.H. Absorção diferencial de fósforo em cultivares de cacau. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.2, p.159-167, 1985.

SANDS, R. & MULLIGAN, D.R. Water and nutrient dynamics and tree growth. **For. Ecol. Manage**, v.30, n.1, p.91-111, 1990.

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**, New York, v. 4, n.3, p.289-302, 1981.

SWIADER, J.M.; CHYAN, Y. & FREIJI, F.G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, v.17, n.10, p.1687-1699, 1994.

SUNARPI & ANDERSON, J.W. Effect of sulfur nutrition on the redistribution of sulfur in vegetative soybean plants. **Plant Physiology**. v.112, p.623-631, 1996.

TAIZ, I. & ZEIGER, E. **Plant physiology**. California/USA: Redwood City, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1991. 565p.

TOMAZ, M. A.; SILVA, S. R.; SAKIYAMA, N. S. & MARTINEZ, H. E. P. 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.

TOMAZ, M. A.; SAKIYAMA, N. S.; MARTINEZ, H. E. P.; CRUZ, C. D.; ZAMBOLIM, L. & PEREIRA, A. A. Comparison of nutritional efficiency among hydroponic grafted young coffee trees for N, P, and K. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.4, p.92-99, 2004.

EFICIÊNCIA DE PLANTAS DE CAFEIEIRO ENXERTADAS, CULTIVADAS EM VASOS, QUANTO À ABSORÇÃO, TRANSLOCAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE K, Ca E Mg

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de plantas de cafeeiro enxertadas, cultivadas em vasos, quanto a absorção, translocação e utilização de K, Ca e Mg. O plantio foi realizado em vasos de 20 litros, contendo como substrato terra, areia e esterco na proporção de 3:1:1, onde as plantas permaneceram por 18 meses até a coleta do experimento. Utilizaram-se como enxertos as variedades Catuaí Vermelho IAC 15, Oeiras MG 6851 e as progênies 'H419-10-3-4-4' e 'H514-5-5-3' de *Coffea arabica*. Como porta-enxerto foram empregadas cinco progênies famílias de meio-irmãos de clones de *Coffea canephora* cv. Conilon (meio irmãos): 'ES 21', 'ES 36', 'ES 26', 'ES 23' e 'ES 38'. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 24 tratamentos e 3 repetições, sendo quatro pés-francos e 20 combinações de enxertia. A eficiência nutricional de K, Ca e Mg das plantas de cafeeiro variou em função da combinação enxerto/porta-enxerto. A variedade Catuaí Vermelho IAC 15 foi beneficiada na eficiência de utilização de K e Mg e produção de matéria seca total pelo porta-enxerto 'ES 23' e na eficiência de Mg e produção de matéria seca total pelo clone 'ES 26'. Na maioria das vezes, as plantas enxertadas cultivadas em vaso tiveram desempenho inferior ao do pé-franco quanto à eficiência nutricional e à produção de matéria seca.

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

EFFICIENCY OF GRAFTED COFFEE PLANTS, POTS CULTIVATED, REGARDING TO THE ABSORPTION, TRANSLOCATION AND USE OF K, Ca AND Mg

ABSTRACT

The present work had as objective to evaluate the efficiency of pots cultivated grafted coffee plants, regarding to the absorption, translocation and use of K, Ca and Mg. The planting was accomplished in 20 liter pots containing as substratum soil, sand, and manure in the proportion of 3:1:1, where the plants stand for 18 months, until the harvest. The varieties Catuaí Vermelho IAC 15, Oeiras MG 6851, and the breeding progenies 'H 419-10-3-4-4' and 'H 514-5-5-3' of *Coffea arabica* were used as grafts. As rootstocks, five half-sibling progenies of *Coffea canephora* cv. Conilon clones were used: 'ES 21', 'ES 36', 'ES 26', 'ES 23', and 'ES 38'. The completely randomized experimental design was used, with 24 treatments and 3 repetitions, being four control plants and 20 grafting combinations. The nutritional efficiency of the coffee trees regarding to K, Ca and Mg varied as function of the graft/rootstock combination. When compared with the respective control variety, the Catuaí Vermelho IAC 15 showed the best performance in the use of K and Mg and in the total dry matter yield, when combined with the rootstock 'ES 23', and Mg and in the total dry matter yield, when combined with the rootstock 'ES 26'. Most of the time, the pot cultivated grafted coffee plants showed inferior performance than the control varieties, regarding to the nutritional efficiency and dry matter yield.

Key words: *Coffea arabica*, nutritional efficiency, rootstocks

INTRODUÇÃO

Muitas espécies e mesmo variedades de plantas diferem marcadamente em suas respostas à disponibilidade de nutrientes no solo; as causas residem nas exigências nutricionais diferenciadas e na 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); 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 pela habilidade em produzir altos rendimentos em solos que apresentem limitações para um ou mais nutrientes minerais (GRAHAM, 1984). Isto é importante para seleção e melhoramento de genótipos a solos com baixa disponibilidade de nutrientes e com uma alta eficiência de utilização. As variáveis consideradas nos processos fisiológicos que abrangem a eficiência nutricional, tais como absorção de um dado elemento, sua translocação e utilização pela planta sugerem controle genético da nutrição (SACRAMENTO & ROSOLEM, 1998).

Em culturas como fruteiras, onde a enxertia já é estudada há mais tempo, trabalhos têm demonstrado a influência positiva desta técnica na absorção e na composição mineral (LIMA et al., 1980; GENÚ, 1985). Em experimento de absorção de macronutrientes por porta-enxertos 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 experimento de enxertia de *C. arabica* sobre progênies de *C. canephora* e de *Coffea congensis*, FAHL et al. (1998) verificaram que plantas enxertadas de Catuaí e Mundo Novo apresentavam maiores teores foliares de potássio em 11 e 8%, respectivamente.

Em estudos de eficiência nutricional de Ca, Mg e S em plantas jovens de cafeeiro enxertadas, em cultivo hidropônico, observaram-se grandes variações na absorção, translocação e utilização de nutrientes, influenciadas pelo porta-enxerto (TOMAZ et al., 2003).

O conhecimento das características que determinam a capacidade dos porta-enxertos absorverem e utilizarem nutrientes poderá fornecer as características desejáveis de crescimento e produção a serem fixadas nas plantas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de plantas de cafeeiro enxertadas cultivadas em vasos, quanto a absorção, translocação e utilização de K, Ca e Mg.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de café do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, utilizando-se vasos de 20 Litros.

Utilizaram-se como enxertos da espécie *C. arabica* L. as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 as progênies '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 meio-irmãos de clones de *Coffea canephora* Pierre ex Froenher cv. Conilon 'ES 21', 'ES 36', 'ES 38', 'ES 26' e 'ES 23', que são plantas muito vigorosas do programa de melhoramento de café robusta da 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". Depois deste período, efetuaram-se 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. Neste local, as mudas receberam irrigações periódicas. Depois de aclimatadas, no estágio de 3 pares de folhas, as mudas foram transplantadas para os vasos, após a seleção quanto a uniformidade de tamanho e vigor da planta, colocando-se uma muda por vaso.

O substrato utilizado, tanto para sacolas plásticas quanto para os vasos, foi terra com areia lavada peneirada e esterco de galinha na proporção de 3:1:1, respectivamente.

As irrigações foram realizadas 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 sempre que necessário de forma preventiva. A adubação foi feita com base na marcha de acúmulo de nutrientes para plantas das variedades Catuaí e Mundo Novo, conforme MALAVOLTA (1993).

Tabela 1. Relação das combinações de enxertia em mudas de genótipos de cafeeiro

Mudas enxertadas ^{/1}	Identificação no texto
Catuaí Vermelho IAC 15	Catuaí 15
Catuaí Vermelho IAC 15 / Clone ES 21	Catuaí 15 / ES 21
Catuaí Vermelho IAC 15 / Clone ES 36	Catuaí 15 / ES 36
Catuaí Vermelho IAC 15 / Clone ES 26	Catuaí 15 / ES 26
Catuaí Vermelho IAC 15 / Clone ES 23	Catuaí 15 / ES 23
Catuaí Vermelho IAC 15 / Clone ES 38	Catuaí 15 / ES 38
Oeiras MG 6851	Oeiras
Oeiras MG 6851 / Clone ES 21	Oeiras / ES 21
Oeiras MG 6851 / Clone ES 36	Oeiras / ES 36
Oeiras MG 6851 / Clone ES 26	Oeiras / ES 26
Oeiras MG 6851 / Clone ES 23	Oeiras / ES 23
Oeiras MG 6851 / Clone ES 38	Oeiras / ES 38
H 419-10-3-4-4	H 419
H 419-10-3-4-4 / Clone ES 21	H 419 / ES 21
H 419-10-3-4-4 / Clone ES 36	H 419 / ES 36
H 419-10-3-4-4 / Clone ES 26	H 419 / ES 26
H 419-10-3-4-4 / Clone ES 23	H 419 / ES 23
H 419-10-3-4-4 / Clone ES 38	H 419 / ES 38
H 514-5-5-3	H 514
H 514-5-5-3 / Clone ES 21	H 514 / ES 21
H 514-5-5-3 / Clone ES 36	H 514 / ES 36
H 514-5-5-3 / Clone ES 26	H 514 / ES 26
H 514-5-5-3 / Clone ES 23	H 514 / ES 23
H 514-5-5-3 / Clone ES 38	H 514 / ES 38

^{/1} Enxerto / porta-enxerto

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 24 tratamentos e 3 repetições, sendo quatro pés-francos e 20 combinações de enxertia (Tabela 1). Utilizou-se o teste “ t ” de Student, a 5% de probabilidade para comparação entre as médias. O processamento foi realizado, utilizando-se o programa GENES – Aplicativo Computacional em Genética e Estatística (CRUZ, 2001).

A avaliação foi efetuada 18 meses após transplântio em vaso, 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 nitricoperclórica (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 massa seca e do conteúdo dos nutrientes na planta, foram calculados os índices: a) eficiência de utilização de nutriente = $(\text{massa seca total produzida})^2 / (\text{conteúdo total do nutriente na planta})$ - SIDDIQI & GLASS 1981; b) eficiência de absorção = $(\text{conteúdo total do nutriente na planta} / \text{massa seca de raízes})$ - 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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Potássio

Houve aumento da eficiência de absorção 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, as demais não diferiram. Com relação à eficiência de utilização, somente a combinação Catuaí 15/ES 23 apresentou aumento desta variável quando comparada com as plantas controles, não ocorrendo diferença entre as demais combinações (Tabela 2).

Observando os dados de conteúdo de potássio (Tabela 2) e matéria seca total das plantas (Tabela 5), verifica-se que para a maioria das combinações houve paridade dos resultados, ou seja, maiores ou menores valores do conteúdo acarretaram em aumento e diminuição da matéria seca total, respectivamente, com exceção das combinações Catuaí15/ES 23 e H419/ES 21 que não diferiram das plantas controles quanto ao conteúdo, no entanto tiveram aumento e diminuição da matéria seca total das plantas, respectivamente.

Tabela 2. Eficiência de absorção de potássio (EAK), translocação de potássio (ETK), utilização de potássio (EUK) e conteúdo total de potássio (CTK) por cafeeiros não enxertados (controle) e enxertados em diversas combinações, cultivadas em vasos

CONTRASTES	EAK	ETK	EUK	CTK
	mg g ⁻¹	%	g ² mg ⁻¹	g planta ⁻¹
Catuaí 15 (controle) vs	130,75	80,34	8,85	4,863
vs Catuaí 15/ ES 21	133,14 ^{ns}	86,45 ^{ns}	8,77 ^{ns}	4,587 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 36	129,85 ^{ns}	84,36 ^{ns}	10,12 ^{ns}	4,629 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 26	107,29 [*]	76,76 ^{ns}	10,39 ^{ns}	5,909 [*]
vs Catuaí 15/ ES 23	115,93 ^{ns}	81,80 ^{ns}	11,03 [*]	5,214 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 38	108,47 [*]	88,38 [*]	8,76 ^{ns}	3,565 [*]
H 419-10-3-4-4 (controle) vs	97,32	84,05	11,59	5,760
vs H 419 / ES 21	90,13 ^{ns}	77,34 ^{ns}	10,06 ^{ns}	5,201 ^{ns}
vs H 419 / ES 36	121,98 [*]	82,47 ^{ns}	10,92 ^{ns}	5,231 ^{ns}
vs H 419 / ES 26	107,27 ^{ns}	77,69 ^{ns}	11,83 ^{ns}	6,005 ^{ns}
vs H 419 / ES 23	110,06 ^{ns}	79,18 ^{ns}	9,83 ^{ns}	4,374 [*]
vs H 419 / ES 38	96,45 ^{ns}	77,59 ^{ns}	9,74 ^{ns}	4,347 [*]
H 514-5-5-3 (controle) vs	113,66	80,71	10,98	5,445
vs H 514 / ES 21	142,34 [*]	81,30 ^{ns}	9,62 ^{ns}	5,246 ^{ns}
vs H 514 / ES 36	126,76 ^{ns}	86,83 ^{ns}	10,25 ^{ns}	4,584 ^{ns}
vs H 514 / ES 26	131,59 [*]	83,88 ^{ns}	9,72 ^{ns}	5,000 ^{ns}
vs H 514 / ES 23	119,24 ^{ns}	82,82 ^{ns}	9,69 ^{ns}	4,441 [*]
vs H 514 / ES 38	140,16 [*]	88,55 [*]	9,58 ^{ns}	3,962 [*]
Oeiras (controle) vs	155,02	84,05	8,83	6,172
vs Oeiras / ES 21	109,35 [*]	81,56 ^{ns}	8,88 ^{ns}	4,138 [*]
vs Oeiras / ES 36	108,61 [*]	78,76 ^{ns}	9,43 ^{ns}	4,448 [*]
vs Oeiras / ES 26	118,42 [*]	77,69 ^{ns}	7,85 ^{ns}	4,941 [*]
vs Oeiras / ES 23	105,66 [*]	81,45 ^{ns}	8,40 ^{ns}	3,878 [*]
vs Oeiras / ES 38	122,77 [*]	82,12 ^{ns}	8,51 ^{ns}	4,106 [*]
Coeficiente de Variação	9,25	5,11	11,67	11,63

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

O potássio é o segundo nutriente mais exigido pela cultura do cafeeiro, aparecendo em grande quantidade nas partes vegetativas e frutos desta cultura. Esse elemento pode ser caracterizado como ativador de enzimas, sendo muitas delas essenciais para a fotossíntese e respiração. Além de ser importante na abertura e no fechamento dos estômatos, na síntese de

proteínas e nos movimentos násticos, este elemento participa da manutenção do equilíbrio eletrostático e turgescência nas células, juntamente com outros cátions (MARSCHNER, 1995).

Com relação à eficiência de absorção de potássio verifica-se que as plantas mais eficientes em absorver este nutriente não condicionaram os valores em maiores produções de matéria seca. No entanto a menor absorção deste nutriente resultou em diminuição da produção de matéria seca na maioria das combinações, com exceção da combinação Catuaí15/ES 26 que apesar da redução na absorção do nutriente, teve aumento na produção de matéria seca total das plantas.

Os mecanismos responsáveis pela alta eficiência de absorção diferem entre as espécies. Determinadas plantas produzem sistema radicular extensivo, contribuindo para o aumento da superfície radicular de absorção enquanto outras que podem contribuir para aumento da absorção de nutrientes enquanto outras têm alta capacidade de absorção por unidade de comprimento radicular (FÖHSE et al., 1988). A movimentação dos íons através das raízes e seu descarregamento no xilema envolve vários mecanismos que podem limitar sua ascensão para a parte aérea e que podem ser à base das diferenças genótípicas na absorção e movimento dos nutrientes (GERLOFF & GABELMAN, 1983).

Quanto à alocação de K na parte aérea, a maior porcentagem do nutriente ocorrida nas combinações Catuaí 15/ES 38 e H514/ES 38, pode ser devida ao maior teor deste elemento na parte aérea, pois, mesmo com a redução na absorção e no conteúdo total de K, as mesmas tiveram percentuais elevados na translocação do nutriente (Tabela 2).

A melhor eficiência de utilização de K, na combinação Catuaí 15/ES 23 pode ser devida a seu melhor emprego no metabolismo e crescimento, pois mesmo não havendo aumento na absorção, translocação e conteúdo do elemento na planta quando comparada com o controle, observa-se um aumento da produção de matéria seca.

Em estudo da eficiência nutricional quanto ao nitrogênio e potássio em *C. arabica*, os maiores índices de eficiência apresentado pela progênie UFRV 2983, material genético portador de resistência à ferrugem do cafeeiro proporcionou a planta uma maior capacidade produtiva de grãos (PEREIRA, 1999).

Cálcio

Para a eficiência de absorção, as combinações H514/ES 23 e H514/ES 38 apresentaram aumento na absorção do nutriente, 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 na utilização do nutriente quando comparadas com os controles. Com relação ao conteúdo total, não houve diferenças entre as enxertias e os controles (Tabela 3).

Quanto à translocação, apesar do Ca ser um nutriente de baixa mobilidade no floema, não apresentou problema de distribuição na parte aérea. No entanto, as altas porcentagens encontradas na maioria das enxertias não proporcionaram aumento da produção de matéria seca das plantas (Tabela 5) com exceção da combinação Catuaí 15/ES 23.

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 nas combinações, observaram-se reduções nas variáveis de crescimento, comprovando a baixa eficiência de utilização de Ca.

A relação entre a utilização eficiente de Ca e o crescimento da planta é um tanto complexa, podendo envolver vários controles fisiológicos, como a capacidade interna de redistribuição de Ca compartimentalizado em membranas e órgãos celulares de armazenamento (CAINES & CHENNAN, 1999).

Para SILVA et al. (1996), a eficiência de utilização diminui com o aumento da disponibilidade do nutriente no substrato, uma vez que, nesta condição, a produção de biomassa pelas plantas não apresenta incremento na mesma proporção que a absorção e o acúmulo do nutriente nos tecidos, havendo, neste caso, um declínio na utilização interna do nutriente para a produção de biomassa (SIDDIQI & GLASS, 1981).

Tabela 3. Eficiência de absorção de cálcio (EACa), translocação de cálcio (ETCa), utilização de cálcio (EUCa) e conteúdo total de cálcio (CTCa) por cafeeiros não enxertados (controle) e enxertados em diversas combinações, cultivadas em vasos

CONTRASTES	EACa	ETCa	EUCa	CTCa
	mg g ⁻¹	%	g ² mg ⁻¹	g planta ⁻¹
Catuaí 15 (controle) vs	29,77	74,13	39,01	1,110
Catuaí 15/ ES 21	31,97 ^{ns}	84,69*	36,30 ^{ns}	1,109 ^{ns}
Catuaí 15/ ES 36	33,78 ^{ns}	84,54*	40,59 ^{ns}	1,179 ^{ns}
Catuaí 15/ ES 26	24,42 ^{ns}	75,04 ^{ns}	46,16 ^{ns}	1,345 ^{ns}
Catuaí 15/ ES 23	30,22 ^{ns}	82,41*	43,96 ^{ns}	1,338 ^{ns}
Catuaí 15/ ES 38	32,79 ^{ns}	83,34*	29,60 ^{ns}	1,071 ^{ns}
H 419-10-3-4-4 (controle) vs	26,32	70,06	42,92	1,554
H 419 / ES 21	29,32 ^{ns}	76,22*	30,92*	1,694 ^{ns}
H 419 / ES 36	31,16 ^{ns}	82,38*	41,62 ^{ns}	1,350 ^{ns}
H 419 / ES 26	30,43 ^{ns}	70,06 ^{ns}	41,75 ^{ns}	1,710 ^{ns}
H 419 / ES 23	31,18 ^{ns}	84,78*	34,86 ^{ns}	1,247 ^{ns}
H 419 / ES 38	34,42 ^{ns}	82,33*	27,50*	1,534 ^{ns}
H 514-5-5-3 (controle) vs	28,10	73,85	44,69	1,342
H 514 / ES 21	35,77 ^{ns}	82,60*	38,44 ^{ns}	1,318 ^{ns}
H 514 / ES 36	34,28 ^{ns}	88,06*	38,40 ^{ns}	1,237 ^{ns}
H 514 / ES 26	33,13 ^{ns}	80,87*	38,64 ^{ns}	1,259 ^{ns}
H 514 / ES 23	36,62*	84,72*	32,78*	1,349 ^{ns}
H 514 / ES 38	40,36*	87,23*	33,24*	1,142 ^{ns}
Oeiras (controle) vs	34,09	75,28	39,98	1,353
Oeiras / ES 21	37,29 ^{ns}	85,62*	26,09*	1,418 ^{ns}
Oeiras / ES 36	34,65 ^{ns}	87,20*	30,61 ^{ns}	1,436 ^{ns}
Oeiras / ES 26	28,65 ^{ns}	77,03 ^{ns}	32,45 ^{ns}	1,191 ^{ns}
Oeiras / ES 23	37,90 ^{ns}	83,52*	23,78*	1,388 ^{ns}
Oeiras / ES 38	40,00 ^{ns}	82,52*	26,17*	1,355 ^{ns}
Coeficiente de Variação	15,59	4,29	16,11	16,34

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

Magnésio

Com relação à eficiência de absorção, as combinações Catuaí 15/ES 26, Catuaí 15/ES 23, Catuaí 15/ES 38 e todas as combinações com Oeiras tiveram redução desta variável quando comparadas com os controles. Quanto à eficiência de translocação, 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 35', 'ES 26' e 'ES 23' suplantaram as plantas controles (Tabela 4).

Tabela 4. Eficiência de absorção de magnésio (EAMg), translocação de magnésio (ETMg), utilização de magnésio (EUMg) e conteúdo total de magnésio (CTMg) por cafeeiros não enxertados (controle) e enxertados em diversas combinações, cultivadas em vasos

CONTRASTES	EAMg	ETMg	EUMg	CTMg
	mg g ⁻¹	%	g ² mg ⁻¹	g planta ⁻¹
Catuaí 15 (controle) vs	13,02	69,13	89,36	0,486
Catuaí 15/ ES 21	11,99 ^{ns}	67,68 ^{ns}	96,91 ^{ns}	0,414 ^{ns}
Catuaí 15/ ES 36	11,23 ^{ns}	62,35 ^{ns}	116,31 [*]	0,402 ^{ns}
Catuaí 15/ ES 26	9,55 [*]	57,96 [*]	116,47 [*]	0,526 ^{ns}
Catuaí 15/ ES 23	10,14 [*]	64,96 ^{ns}	127,59 [*]	0,452 ^{ns}
Catuaí 15/ ES 38	10,22 [*]	70,77 ^{ns}	92,74 ^{ns}	0,336 [*]
H 419-10-3-4-4 (controle) vs	10,62	65,99	106,26	0,628
H 419 / ES 21	8,53 ^{ns}	52,95 [*]	106,58 ^{ns}	0,490 [*]
H 419 / ES 36	10,10 ^{ns}	63,22 ^{ns}	131,90 ^{ns}	0,433 [*]
H 419 / ES 26	10,78 ^{ns}	59,35 ^{ns}	118,02 ^{ns}	0,603 ^{ns}
H 419 / ES 23	10,74 ^{ns}	62,15 ^{ns}	101,77 ^{ns}	0,430 [*]
H 419 / ES 38	10,18 ^{ns}	58,59 ^{ns}	93,54 ^{ns}	0,455 [*]
H 514-5-5-3 (controle) vs	11,48	71,02	109,33	0,547
H 514 / ES 21	13,02 ^{ns}	61,84 [*]	105,36 ^{ns}	0,481 ^{ns}
H 514 / ES 36	11,17 ^{ns}	63,61 ^{ns}	117,78 ^{ns}	0,404 [*]
H 514 / ES 26	12,01 ^{ns}	61,15 [*]	106,79 ^{ns}	0,457 ^{ns}
H 514 / ES 23	10,85 ^{ns}	65,77 ^{ns}	107,01 ^{ns}	0,406 [*]
H 514 / ES 38	11,42 ^{ns}	69,17 ^{ns}	118,01 ^{ns}	0,324 [*]
Oeiras (controle) vs	15,94	72,08	86,57	0,636
Oeiras / ES 21	11,02 [*]	67,46 ^{ns}	88,17 ^{ns}	0,417 [*]
Oeiras / ES 36	11,12 [*]	66,19 ^{ns}	93,80 ^{ns}	0,459 [*]
Oeiras / ES 26	10,77 [*]	64,23 [*]	87,00 ^{ns}	0,446 [*]
Oeiras / ES 23	10,50 [*]	63,36 [*]	87,33 ^{ns}	0,380 [*]
Oeiras / ES 38	12,42 [*]	70,23 ^{ns}	83,56 ^{ns}	0,414 [*]
Coeficiente de Variação	11,74	7,13	15,47	12,94

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

Verificando o conteúdo total de Mg (Tabela 4), observou-se que a redução desta variável foi acompanhada da redução da produção de matéria seca total (Tabela 5), 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.

Tabela 5. Matéria seca de raiz (MSR), parte aérea (MSPA) e total (MST) em cafeeiros não enxertados (controle) e enxertados em diversas combinações, cultivadas em vasos

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

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

Observou-se, também, que as combinações com maior produção de matéria seca (Tabela 4) foram as que tiveram aumento da utilização de magnésio (Tabela 5). 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.

CONCLUSÕES

1. Há variação da eficiência nutricional de K, Ca e Mg das plantas de cafeeiro em função da combinação enxerto/porta-enxerto.
2. Na maioria das vezes, as plantas enxertadas cultivadas em vaso tiveram desempenho inferior ao do pé-franco quanto à eficiência nutricional e à produção de matéria seca.
3. A variedade Catuaí Vermelho IAC 15 foi beneficiada na eficiência de utilização de K e Mg e produção de matéria seca total pelo porta-enxerto 'ES 23' e na eficiência de utilização de Mg e produção de matéria seca total pelo 'ES 26'

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBICHEQUER, A.D. & BOHNEN, H. Eficiência de absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 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.

CAINES, A.M. & SHENNAN, C. Growth and nutrient composition of Ca²⁺ use efficient and Ca²⁺ use inefficient genotypes of tomato. **Plant Physiology Biochem.**, v.37, p.559-567, 1999.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: versão Windows:** aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. [CDROM].

FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; GALLO, P.B.; COSTA, W.M. & NOVO, M.C.S.S. Enxertia de *Coffea arabica* sobre Progenies de *C. canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. **Bragantia**, v.57, n.2, p.297-312, 1998.

FÖHSE, D.; CLAASEEN, N. & JUNGK, A. 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. 156p. Tese (Doutorado) Programa de pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, 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.

GRAHAM, R.D. Breeding for nutritional characteristics in cereals. **Advances in Plant Nutrition**, v.1, p.57-102, 1984.

JOHNSON, C.M. & ULRICH, A. **Analytical methods for use in plants analyses.** Los Angeles, University of California, 1959, p.32-33. (Boletim Técnico, 766).

LI, B.; MCKEAND, S.E. & ALLEN, H.L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, v.37, n.2, p.613-626, 1991.

LIMA, L.A., MICHAN, M.M. & SALIBE, A.A. 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: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1993, 210p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba, Potafos, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.

MARTINEZ, H.E.P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: UFV, 2002. 61p.

MORAES M.V. & FRANCO, C.M. **Método expedito para enxertia em café**. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café, 1973. 8p.

PEREIRA, J.B.D. **Eficiência nutricional de nitrogênio e de potássio em plantas de café (*Coffea arabica* L.)**. 1999. 99p. 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.355-65, 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**, New York, v.4, n.3, p. 289-302, 1981.

SILVA, I.R. et al. Eficiência nutricional para potássio em espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.2, p.257-264, 1996.

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.

CONCLUSÕES GERAIS

As variações encontradas nas medidas relacionadas com o desenvolvimento, eficiência nutricional e produção de plantas de cafeeiros enxertados, estão relacionadas provavelmente as diferentes interações que ocorrem entre o enxerto / porta-enxerto e também ao ambiente onde as plantas são avaliadas. Verificam-se em vários casos que em condições controladas de água e nutrientes (hidroponia), as melhores combinações de enxertia não são as mesmas de ambientes não controlados (campo).

Em hidroponia a progênie 'H 514-5-5-3' apresentou melhor desempenho na eficiência de utilização de Zn, Cu, Mn e produção de matéria seca quando combinada com os porta-enxertos Apoatã e Mundo Novo.

No trabalho conduzido em campo, a progênie 'H 419-10-3-1-5' apresentou aumento na produção de café quando combinada com os porta-enxertos Apoatã LC 2258 e RC EMCAPA 8141, e no crescimento pelo RC EMCAPA 8141.

No experimento em vasos a variedade Catuaí Vermelho IAC 15 foi beneficiada na eficiência de utilização de N, P, Mg e produção de matéria seca total, quando combinada com os porta-enxertos 'ES 26' e 'ES 23' e na eficiência de utilização de K pelo porta-enxerto 'ES 23'.

Na maioria das vezes as plantas enxertadas, tiveram desempenho igual ou inferior ao do pé-franco.