

EFICIÊNCIA RELACIONADA À ABSORÇÃO E UTILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E ENXOFRE, EM PLANTAS DE CAFEIROS ENXERTADAS, CULTIVADAS EM VASOS¹

Efficiency of absorption and use of nitrogen, phosphorus and sulphur on grafted coffee plants cultivated in pots

Marcelo Antonio Tomaz², Hermínia Emília Prieto Martinez³, Cosme Damião Cruz⁴,
Rogério Soares de Freitas⁵, Antonio Alves Pereira⁶, Ney Sussumu Sakiyama⁷

RESUMO

O estudo da eficiência nutricional de plantas de cafeeiro (*Coffea arabica*) enxertadas visou conhecer preliminarmente os potenciais de clones de Conilon (*C. canephora*) como porta-enxertos quanto à absorção e utilização de N, P e S. O experimento foi realizado no viveiro do setor de cafeicultura do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, utilizando vasos de 20 litros em ambiente aberto. Foram empregados como porta-enxerto cinco progênies famílias de meio-irmãos de clones elites de *C. canephora* Pierre cv. Conilon do programa de melhoramento de cafeeiros robusta do INCAPER: 'ES 21', 'ES 36', 'ES 26', 'ES 23' e 'ES 38'. Utilizaram-se como enxertos as cultivares Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 e as linhagens H 419-10-3-4-4 e H 514-5-5-3 de *C. arabica*. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 24 tratamentos e 3 repetições, sendo quatro pés-francos e 20 combinações de enxertia. No cultivo em vasos, a cultivar Catuaí Vermelho IAC 15 quando combinada com os porta-enxertos ES 26 e ES 23 apresentou maior produção de matéria seca e utilização de N e P quando comparada com o pé-franco. Na maioria das vezes as plantas enxertadas cultivadas em vaso, tiveram desempenho igual ou inferior às plantas controles (pé-franco) quanto à eficiência nutricional e produção de matéria seca.

Termos para indexação: *Coffea canephora*, *Coffea arabica*, eficiência nutricional, porta-enxertos.

ABSTRACT

Studies of nutritional efficiency coffee (*Coffea arabica*) grafted plants were performed in order to verify the potential of Conilon (*C. canephora*) clones as rootstocks considering the absorption and use of N, P and S. The experiment was conducted in the coffee plant nursery of the Plant Pathology Department of the Federal University of Viçosa, Minas Gerais State, Brazil, in an open environment using 20 L pots. Five half-sibling elite clones of *C. canephora* Pierre cv. Conilon ('ES 21', 'ES 36', 'ES 26', 'ES 23' and 'ES 38') obtained from the INCAPER coffee breeding program were used as rootstocks. The cultivars Catuaí Vermelho IAC 15 and Oeiras MG 6851 and the progenies H 419-10-3-4-4 and H 514-5-5-3 of *C. Arabica* were used as grafts. The experimental design was completely randomized containing 24 treatments and 3 replicates with four control plants and 20 grafting combinations. Cultivating in pots, the cultivar Catuaí Vermelho IAC 15 combined with the rootstocks ES 26 and ES 23 presented higher production of dry matter and use of N and P compared with the control. In general, grafted plants cultivated in pots showed similar or inferior performance in relation to the control varieties, regarding nutritional efficiency and dry matter production.

Index terms: *Coffea arabica*, *Coffea canephora*, nutritional efficiency, rootstocks.

(Recebido em 9 de janeiro de 2008 e aprovado em 14 de outubro de 2008)

INTRODUÇÃO

O crescimento das plantas e a exigência nutricional variam de acordo com a espécie e cultivar (Martinez et al., 1993; Fageria, 1998), dependendo da sua eficiência de absorção (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 nutrientes), maior eficiência de absorção ou de utilização de nutrientes,

¹Parte da tese de doutorado do primeiro autor submetido à Universidade Federal de Viçosa.

²Engenheiro Agrônomo Dr. Professor do Departamento de Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo - Alegre, ES - 29500-000 - tomaz@cca.ufes.br

³Engenheira Agrônoma Dr^ª. Professora do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa - Viçosa, MG -36571-000 - herminia@ufv.br.

⁴Engenheiro Agrônomo Dr. Professor do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Viçosa - Viçosa, MG - 36571-000 - cdacruz@mail.ufv.br.

⁵Engenheiro Agrônomo Dr. Pesquisador Científico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - Votuporanga, SP - 15500-000 - freitasr10@yahoo.com

⁶Engenheiro Agrônomo Dr. Pesquisador da EPAMIG - Viçosa, MG -36571-000 - pereira@epamig.br

⁷Engenheiro Agrônomo Dr. Professor do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa - Viçosa, MG -36571-000 - sakiyama@ufv.br.

capacidade de manter o metabolismo normal com baixo teor de nutrientes nos tecidos, e alta taxa fotossintética (Fageria & Baligar, 1993).

Em videira, Gonçalves et al. (1999) relatam que, para cada combinação copa/porta-enxerto, existe um equilíbrio fisiológico ou grau de afinidade que pode influenciar o crescimento e a produção da plantas. Para Hartmann & Kester (1990), esse equilíbrio é resultante de mecanismos de reciprocidade entre o porta-enxerto e a copa, envolvendo a absorção e translocação de água e nutrientes e fatores endógenos de crescimento.

Na cultura do cafeeiro, alguns estudos têm demonstrado que plantas de *Coffea arabica* L. enxertadas sobre *C. canephora* Pierre apresentam melhor desempenho produtivo que aquelas de café arábica enxertadas sobre arábica (Raghuramulu & Purushotham, 1987; Fahl et al., 2001). Acredita-se que os cafés do grupo canéfora, em relação aos arábicas, tenham sistemas radiculares mais extensos e eficientes, o que resulta em melhor absorção de água e nutrientes, bem como em maior resistência a fatores adversos do ambiente (Ramos & Lima, 1980), embora isso não ocorra para todos os canéforas (Rena & Damatta, 2002).

Avaliando o desenvolvimento de duas cultivares de cafeeiros *Coffea arabica* L. enxertados ou não em *Coffea canephora* Pierre, cultivar Apatã IAC 2258, verificou-se que existe algum tipo de incompatibilidade entre o porta-enxerto Apatã com as copas de *C. arabica* estudadas. Esta incompatibilidade pode estar associada a diferenças anatômicas entre as duas espécies, dificultando o ajuste entre os tecidos; uma espécie pode apresentar um padrão de absorção de água e nutrientes em quantidade e composição que não seja adequado à outra espécie; e também pode ser em função da presença de alguma substância em uma das espécies, que interfira no comportamento da outra (Dias et al., 2008).

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

Tomaz et al. (2004), estudando a eficiência nutricional de plantas jovens de cafeeiro enxertadas, em cultivo hidropônico, observaram bom desempenho dos porta-enxertos Apatã 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 Apatã 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 aráveis dos trópicos, reside na baixa fertilidade dos solos que são, em sua maioria, ácidos e com deficiências generalizadas de nutrientes, principalmente fósforo (P) (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 rendimentos nas produções. Uma das soluções encontradas é o estudo e a seleção de genótipos com maior eficiência nutricional.

Neste trabalho, objetivou-se avaliar a eficiência relacionada à absorção e utilização de nitrogênio, fósforo e enxofre, por plantas de cafeeiros enxertadas, cultivadas em vaso.

MATERIALE MÉTODOS

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

Utilizaram-se como porta-enxertos cinco progênies famílias de meio-irmãos de clones de *C. canephora* cv. Conilon do programa de melhoramento do cafeeiro robusta do INCAPER, 'ES 21', 'ES 36', 'ES 26', 'ES 23' e 'ES 38'. Foram utilizadas como enxertos da espécie *C. arabica* as cultivares Catuaí Vermelho IAC 15 (Catuaí 15) e Oeiras MG 6851 (Oeiras) e as linhagens H 419-10-3-4-4 (H 419) e H 514-5-5-3 (H 514) do programa de melhoramento da EPAMIG/UFV.

A semeadura foi feita em caixas com areia fina, mantidas em casa-de-vegetação até o estágio "palito de fósforo" das plântulas, por volta de 60 dias após a semeadura para o enxerto e 75 dias para o porta-enxerto. Depois desse 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 passaram por irrigações periódicas. Depois de aclimatadas, no estádio de três pares de folhas, as mudas foram transplantadas para os vasos após a seleção quanto à uniformidade de tamanho e vigor da planta, colocando-se uma muda por vaso de 20 litro.

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

As irrigações foram realizadas diariamente nos primeiros dias e, posteriormente, de acordo com a exigência das plantas, de maneira que não ocorresse nem excesso nem falta de água, mantidas próximas à capacidade de campo.

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

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 24 tratamentos e três repetições, sendo quatro pés-francos e 20 combinações de enxertia. Utilizou-se o teste “t” de Student, a 5% de probabilidade para comparação entre as médias.

A colheita foi realizada, 18 meses após transplântio, para os vasos, dividindo-se as plantas 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 nítrico-perclórica (Johnson & Ulrich, 1959) e a partir dos extratos obtidos, determinou-se a concentração de P por colorimetria e de S por turbidimetria (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 = (massa seca total produzida)²/(conteúdo total do nutriente na planta) (Siddiqi & Glass, 1981); b) eficiência de absorção = (conteúdo total do nutriente na planta)/(massa seca de raízes) (Swiader et al., 1994); c) alocação percentual na parte aérea = 100 x (conteúdo do nutriente na parte aérea)/(conteúdo total do nutriente na planta) (Li et al., 1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de matéria seca

Um aumento na matéria seca das raízes (MSR) foi observado nas combinações Catuaí 15/ES 26 e Catuaí 15/ES 23, enquanto que as combinações H 419/ES 36, H 419/ES 120, H 419/ES 38 e todas as combinações com Oeiras apresentaram redução quando comparadas com as plantas controles. Com relação à produção de matéria seca da parte aérea e total (MSPA e MST), os resultados foram semelhantes, ocorrendo aumento dessas variáveis para a variedade Catuaí 15 quando enxertada nas progênies ES 26 e ES 23 e redução nas enxertias Catuaí 15 /ES 38, H 419/ES 21, H 419/ES 23, H 419/ES 38, H 514/ES 23, H 514/ES 38 e todas as combinações com Oeiras, (Tabela 1).

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 fósforo e isso pode ter ocorrido pelo seu uso mais eficiente na produção de biomassa.

No estudo da eficiência nutricional de mudas de cafeeiro em cultivo hidropônico, Tomaz et al. (2004) verificaram que a cultivar Oeiras MG 6851 apresentou excelente resultado quando cultivada como controle, não sendo beneficiada pela enxertia quanto à eficiência nutricional e produção de matéria seca, o que confirma os resultados obtidos nessa pesquisa (Tabela 1).

Eficiência nutricional das plantas quanto ao nitrogênio (N)

Quanto à absorção (EAN), as combinações Catuaí 15/ES 26, Catuaí 15/ES 23, Catuaí 15/ES 38, H 419/ES 21 e todas as combinações com Oeiras, tiveram redução na eficiência de absorção deste nutriente, quando comparadas com as plantas controles, enquanto as combinações H 419/ES 36, H 514/ES 21 e H 514/ES 38 apresentaram incremento. Com relação à sua alocação porcentual na parte aérea (ANPA), nenhuma enxertia foi superior às plantas controles, porém as combinações Catuaí 15/ES 26, Catuaí 15/ES 23, H 419/ES 21 e todas as combinações com H 514 e Oeiras, com exceção do H 514/ES 38 e Oeiras/ES 38 apresentaram redução do percentual de N alocado na parte aérea. Avaliando a eficiência de utilização do N (EUN), as combinações Catuaí 15/ES 26 e Catuaí 15/ES 23 foram superiores quando comparadas com os respectivos controles, enquanto que a combinação H 419/ES 38 mostrou-se inferior. Com relação ao conteúdo total de N (CTN), 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, H 419/ES 26 e H 514/ES 21 que não diferiram das plantas controle (Tabela 2).

Tabela 1 – Matéria seca de raiz (MSR), parte aérea (MSPA) e total (MST) em cafeeiros cultivados em vasos, controle (não enxertados) e sobre diferentes porta-enxertos.

Contrastes	MSR	MSPA	MST
	----- g planta ⁻¹ -----		
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*

(*) e (ns) contrastes significativos e não significativos, respectivamente, pelo teste “t” de Student a 5%.

A maior eficiência de utilização de N indica ter ocorrido melhor utilização do elemento no metabolismo e crescimento, pois mesmo com redução na absorção e translocação desse nutriente as plantas Catuai 15/ES 26 e Catuai 15/ES 23 tiveram maior produção de matéria seca de raiz e parte aérea, quando comparadas com as plantas controle.

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

Eficiência nutricional das plantas quanto ao fósforo (P)

Quanto à eficiência de absorção (EAP) e alocação porcentual do P (APPA) na parte aérea, todas as combinações

de enxertias apresentaram reduções nessas variáveis comparativamente às plantas controles, com exceção da combinação H 419/ES 26 que não teve variações nessas características e da combinação H 419/ES 36 que não apresentou variação do porcentual de P na parte aérea (Tabela 3). A absorção de fósforo depende das características morfológicas e fisiológicas das raízes, porém, a importância dessas no processo de absorção depende do acesso da raiz ao nutriente. Para Barber (1992), 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.

Para Marschner (1995), a redução do fósforo alocado na parte aérea da planta pode afetar o suprimento

do nutriente aos sítios fotossinteticamente ativos. 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.

Com relação à eficiência de utilização de P (EUP), todas as combinações, com exceção das Catuaí 15/ES 21, Catuaí 15/ES 38, H 419/ES 21, H 419/ES 26, H 419/ES 38, Oeiras/ES 26 e Oeiras/ES 38 suplantaram as plantas controles. Para o conteúdo total de P da planta (CTP) o resultado foi semelhante aos das eficiências de absorção e translocação, sendo que somente as combinações Catuaí 15/ES 26 e H 419/ES 26 não apresentaram redução (Tabela 3).

Em pesquisa sobre 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.

O aumento na eficiência de utilização de P pelas plantas pode ter acontecido pela sua melhor utilização no metabolismo e crescimento, pois, mesmo havendo redução na absorção, translocação e conteúdo desse nutriente, houve uma maior produção de massa seca.

Tabela 2 – Eficiência de absorção e de utilização de nitrogênio (EAN) e (EUN), alocação percentual de N na parte aérea (ANPA) e conteúdo total de nitrogênio (CTN) em cafeeiros cultivados em vasos, controle (não enxertados) e sobre diferentes portaenxertos.

Contrastes	EAN (mg g ⁻¹)	ANPA (%)	EUN (g ² mg ⁻¹)	CTN (g)
Catuaí 15 (controle)	159,45	81,36	7,24	5,94
vs Catuaí 15/ ES 21	148,00 ^{ns}	79,70 ^{ns}	7,86 ^{ns}	5,11*
vs Catuaí 15/ ES 36	155,47 ^{ns}	77,90 ^{ns}	8,35 ^{ns}	5,60 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 26	117,37*	73,34*	9,47*	6,46 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 23	131,52*	77,40*	9,77*	5,89 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 38	132,74*	79,39 ^{ns}	7,16 ^{ns}	4,36*
H 419-10-3-4-4 (controle)	122,24	76,81	9,29	7,21
vs H 419 / ES 21	100,70*	70,57*	9,06 ^{ns}	5,78*
vs H 419 / ES 36	140,65*	79,91 ^{ns}	9,32 ^{ns}	6,02*
vs H 419 / ES 26	124,25 ^{ns}	77,31 ^{ns}	10,23 ^{ns}	6,91 ^{ns}
vs H 419 / ES 23	128,18 ^{ns}	77,68 ^{ns}	8,39 ^{ns}	5,10*
vs H 419 / ES 38	120,50 ^{ns}	75,09 ^{ns}	7,79*	5,40*
H 514-5-5-3 (controle)	136,59	82,95	9,03	6,55
vs H 514 / ES 21	158,59*	78,26*	8,61 ^{ns}	5,85 ^{ns}
vs H 514 / ES 36	149,00 ^{ns}	78,57*	8,72 ^{ns}	5,38*
vs H 514 / ES 26	142,47 ^{ns}	78,54*	8,96 ^{ns}	5,40*
vs H 514 / ES 23	129,50 ^{ns}	77,88*	8,94 ^{ns}	4,84*
vs H 514 / ES 38	158,61*	81,51 ^{ns}	8,46 ^{ns}	4,49*
Oeiras (controle)	171,68	82,21	7,94	6,83
vs Oeiras / ES 21	130,09*	76,48*	7,42 ^{ns}	4,94*
vs Oeiras / ES 36	117,44*	77,44*	8,75 ^{ns}	4,81*
vs Oeiras / ES 26	131,52*	76,63*	7,06 ^{ns}	5,47*
vs Oeiras / ES 23	125,06*	76,65*	7,08 ^{ns}	4,60*
vs Oeiras / ES 38	151,05*	79,20 ^{ns}	6,88 ^{ns}	5,03*

(*) e (ns) contrastes significativos e não significativos, respectivamente, pelo teste “t” de Student a 5%.

Tabela 3 – Eficiência de absorção e utilização de fósforo (EAP) e (EUP), alocação percentual de P na parte aérea (APPA) e conteúdo total de fósforo (CTP) em cafeeiros cultivados em vasos, controle (não enxertados) e sobre diferentes portaenxertos.

Contrastes	EAP (mg g ⁻¹)	APPA (%)	EUP (g ² mg ⁻¹)	CTP (g)
Catuaí 15 (controle)	8,35	87,07	141,13	0,31
vs Catuaí 15/ ES 21	4,75*	80,96*	146,24 ^{ns}	0,16*
vs Catuaí 15/ ES 36	5,16*	80,91*	258,58*	0,18*
vs Catuaí 15/ ES 26	4,65*	80,12*	240,78*	0,26 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 23	4,32*	78,46*	304,87*	0,19*
vs Catuaí 15/ ES 38	4,86*	81,31*	196,66 ^{ns}	0,16*
H 419-10-3-4-4 (controle)	7,47	86,45	153,04	0,44
vs H 419 / ES 21	5,24*	76,02*	172,48 ^{ns}	0,30*
vs H 419 / ES 36	5,50*	82,75 ^{ns}	247,23*	0,23*
vs H 419 / ES 26	6,65 ^{ns}	83,45 ^{ns}	191,57 ^{ns}	0,37 ^{ns}
vs H 419 / ES 23	4,53*	80,75*	238,81*	0,18*
vs H 419 / ES 38	4,93*	78,11*	193,87 ^{ns}	0,22*
H 514-5-5-3 (controle)	9,91	88,96	126,93	0,48
vs H 514 / ES 21	6,15*	84,03*	221,96*	0,23*
vs H 514 / ES 36	5,57*	82,02*	235,12*	0,20*
vs H 514 / ES 26	5,55*	81,46*	230,77*	0,21*
vs H 514 / ES 23	5,55*	82,88*	218,45*	0,20*
vs H 514 / ES 38	6,06*	82,16*	221,99*	0,17*
Oeiras (controle)	11,24	88,00	121,41	0,45
vs Oeiras / ES 21	4,40*	78,13*	219,15*	0,17*
vs Oeiras / ES 36	4,43*	75,58*	242,08*	0,18*
vs Oeiras / ES 26	5,49*	82,92*	169,62 ^{ns}	0,23*
vs Oeiras / ES 23	4,47*	78,22*	201,87*	0,16*
vs Oeiras / ES 38	6,11*	82,47*	175,55 ^{ns}	0,21*

(* e (ns) contrastes significativos e não significativos, respectivamente, pelo teste “t” de Student a 5%.

Pode-se considerar mais eficiente na utilização de um nutriente, aquela planta que apresenta maior desenvolvimento com menor consumo. Para Gerloff & Gabelman (1983) a maior eficiência de utilização pode ser atribuída 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.

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 portaenxerto, proporcionou aumento de 31% nos teores de P nas folhas de Mundo Novo e Caturra, mostrando que o portaenxerto pode alterar a eficiência nutricional da planta. Esse autor ressalta que o Catimor teve um grande desempenho fisiológico em razão do melhor desenvolvimento do sistema radicular desse porta-enxerto.

Abichequer & 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 translocá-lo para a parte aérea e utilizá-lo na produção de matéria seca.

Eficiência nutricional das plantas quanto ao enxofre (S)

As combinações Catuaí 15/ES 26, Catuaí 15/ES 38, Oeiras/ES 21, Oeiras/ES 36 e Oeiras/ES 23 apresentaram redução da eficiência de absorção de S (EAS), enquanto que as combinações entre o híbrido 419 e os clones ES 36, ES 26 e ES 23 suplantaram os respectivos controles. Quanto à alocação na parte aérea (ASPA), não houve diferença entre as enxertias e as plantas controles. Para a variável eficiência de utilização (EUS), nenhuma enxertia suplantou as plantas controles, no entanto as combinações H 419/ES 23 e H419/ES 38 apresentaram redução dessa eficiência. As enxertias Catuaí 15/ES 38, H 419/ES 23, H 514/ES 36, H 514/ES 26, H 514/ES 38, Oeiras/ES 21, Oeiras/ES 36,

Oeiras/ES 23, Oeiras/ES 38 apresentaram diminuição do conteúdo total desse nutriente na planta (CTS) e somente a combinação Catuaí 15/ES 26 suplantou o controle (Tabela 4).

A redução verificada na eficiência de utilização de S (EUS) deve-se, provavelmente, a uma maior exigência do nutriente no metabolismo, ou à redução da redistribuição do nutriente para os pontos de crescimento, o que afeta o desenvolvimento da planta.

Em estudos de portaenxertos 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 portaenxertos pode ter sido a principal causa da maior ou menor eficiência de utilização de S.

Tabela 4 – Eficiência de absorção e utilização de enxofre (EAS) e (EUS), alocação percentual de S na parte aérea (ASPA) e conteúdo total de enxofre (CTS) em materiais de café cultivados em vasos, controle (não enxertados) e sobre diferentes porta-enxertos.

Contrastes	EAS (mg g ⁻¹)	ASPA (%)	EUS (g ² mg ⁻¹)	CTS (g)
Catuaí 15 (controle)	11,70	50,53	98,81	0,44
vs Catuaí 15/ ES 21	10,81 ^{ns}	58,19 ^{ns}	108,59 ^{ns}	0,37 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 36	11,32 ^{ns}	52,47 ^{ns}	114,25 ^{ns}	0,41 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 26	9,96*	44,36 ^{ns}	112,41 ^{ns}	0,55*
vs Catuaí 15/ ES 23	11,47 ^{ns}	48,84 ^{ns}	112,14 ^{ns}	0,52 ^{ns}
vs Catuaí 15/ ES 38	9,58*	56,54 ^{ns}	98,96 ^{ns}	0,32*
H 419-10-3-4-4 (controle)	8,80	51,77	127,90	0,52
vs H 419 / ES 21	8,23 ^{ns}	43,98 ^{ns}	111,26 ^{ns}	0,47 ^{ns}
vs H 419 / ES 36	10,56*	51,39 ^{ns}	123,44 ^{ns}	0,45 ^{ns}
vs H 419 / ES 26	10,47*	47,59 ^{ns}	121,19 ^{ns}	0,58 ^{ns}
vs H 419 / ES 23	10,59*	48,11 ^{ns}	102,24*	0,42*
vs H 419 / ES 38	10,21 ^{ns}	45,02 ^{ns}	91,94*	0,46 ^{ns}
H 514-5-5-3 (controle)	9,99	55,40	127,14	0,48
vs H 514 / ES 21	11,55 ^{ns}	52,86 ^{ns}	120,32 ^{ns}	0,43 ^{ns}
vs H 514 / ES 36	10,80 ^{ns}	55,42 ^{ns}	120,94 ^{ns}	0,39*
vs H 514 / ES 26	9,86 ^{ns}	53,53 ^{ns}	129,94 ^{ns}	0,38*
vs H 514 / ES 23	10,37 ^{ns}	50,53 ^{ns}	112,46 ^{ns}	0,39 ^{ns}
vs H 514 / ES 38	11,31 ^{ns}	59,62 ^{ns}	119,11 ^{ns}	0,32*
Oeiras (controle)	13,13	57,87	104,00	0,52
vs Oeiras / ES 21	10,48*	52,40 ^{ns}	92,70 ^{ns}	0,40*
vs Oeiras / ES 36	9,65*	51,29 ^{ns}	107,31 ^{ns}	0,40*
vs Oeiras / ES 26	11,48 ^{ns}	50,44 ^{ns}	81,52 ^{ns}	0,48 ^{ns}
vs Oeiras / ES 23	10,00*	52,16 ^{ns}	88,82 ^{ns}	0,37*
vs Oeiras / ES 38	12,12 ^{ns}	55,99 ^{ns}	85,50 ^{ns}	0,41*

(* e (ns) contrastes significativos e não significativos, respectivamente, pelo teste “t” de Student a 5%.

Para Sunarpi & Anderson (1996), um fator determinante quanto à eficiência de utilização de enxofre (EUS) 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 da planta quanto ao S.

Se plantas enxertadas juntamente com as controles, crescendo nas mesmas condições, apresentam comportamentos diferenciados quanto à eficiência nutricional, os principais fatores que podem estar envolvidos são: as diferenças de afinidade entre copa e portaenxerto, que podem afetar positiva ou negativamente a morfologia e fisiologia da planta e, a genética da planta, que envolve complexos mecanismos moleculares de absorção e utilização.

CONCLUSÕES

A eficiência nutricional quanto a utilização de N, P e S pelas plantas de cafeeiro, variou em função da combinação enxerto/portaenxerto.

As plantas enxertadas cultivadas em vaso, tiveram desempenho igual ou inferior ao do pé-franco quanto à eficiência nutricional e produção de matéria seca, na maioria das combinações.

No cultivo em vasos, a variedade Catuaí Vermelho IAC 15 quando combinada com os portaenxertos ES 26 e ES 23 foi beneficiada na produção de matéria seca e utilização de N e P, quando comparadas com o pé-franco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

BARBER, S.A. Mecanismos de absorção de fósforo sob condições de estresse ambiental. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: O MILHO EM PERSPECTIVA, 1., 1992, Belo Horizonte, MG. **Resumos...** Belo Horizonte: Embrapa-CNPMS, 1992. p.28-29.

DIAS, F. P.; MENDES, A. N. G.; VALLONE, H. S.; CARVALHO, A. M. de; CARVALHO, S. P. de.

Desenvolvimento de cafeeiros enxertados ‘Apoatã IAC 2258’ cultivados em recipiente de 250 litros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 385-390, mar./abr., 2008.

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

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESSES, 1993, 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 Progênes de *C. canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. **Bragantia**, Campinas, 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**, London, 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, BA. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003. p.79.

GERLOFF, G.C.; GABELMAN, W.H. Genetic basics of inorganic plant nutrition. In: LAUCHLI, A.; BIELESKI, R.L. (Eds.). **Inorganic plant nutrition**. Berlin: Springer-verlag, 1983. p.453-480.

GOEDERT, W.J. Management of the Cerrado soils of Brazil: a review. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.34, n.3, p.405-428, 1983.

GONÇALVES, C.A.A.; REGINA, M.A.; CHAULFUN, N.N.J.; ALVARENGA, A.A.; ABRAHÃO, E.; BERZOTI, E. Comportamento da cultivar Folha de Figo (*Vitis labrusca* L.) sobre diferentes porta-enxerto de videira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.21, n.1, p.7-11, 1999.

- GUIMARÃES, P.T.G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A.C. et al. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.289-302.
- HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E. **Propagación de plantas: principios y practicas**. México: Continental, 1990. 760p.
- IANNINI, B. Importanza e funzioni del portinnesto nella viticoltura moderna. **Revista di Viticoltura e di Enologia**, Treviso, n.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 plant analysis**. Santa Barbara: University of California, 1959. 33p. (Bulletin, 766).
- LI, B.; McKEAND, S.E.; ALLEN, H.L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, Amsterdam, v.37, n.2, p.613-626, 1991.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro**. São Paulo: Agronômica Ceres, 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, 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**, Campinas, 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.; PURUSHOTHAM, K. Root-stock trials in coffee: I., studies on success in grafting and stionic influence on growth of plants in some graft combinations. **Journal of Coffee Research**, Karnataka, v.17, p.8-15, 1987.
- RAMOS, L.C.S.; LIMA, M.M.A. Avaliação da superfície relativa do sistema radicular do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, 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, MG: UFV, 2002.
- ROSAND, P.C.; MARIANO, A.H. Absorção diferencial de fósforo em cultivares de cacau. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.159-167, 1985.
- SANDS, R.; MULLIGAN, D.R. Water and nutrient dynamics and tree growth. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, 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.
- SUNARPI, W.; ANDERSON, J.W. Effect of sulfur nutrition on the redistribution of sulfur in vegetative soybean plants. **Plant Physiology**, Rockville, v.112, p.623-631, 1996.
- SWIADER, J.M.; CHYAN, Y.; FREIJI, F.G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, Alexandria, v.17, n.10, p.1687-1699, 1994.
- 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**, Londrina, v.4, p.92-99, 2004.