

DINÂMICA DE MACRONUTRIENTES EM GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* COM POTENCIAL PARA UTILIZAÇÃO COMO PORTA-ENXERTO

João Paulo Felicori Carvalho¹, Gladyston Rodrigues Carvalho², André Dominghetti Ferreira³, Juliana Costa de Rezende⁴, Rodrigo Elias Batista de Almeida Dias⁵, Alex Mendonça de Carvalho⁶

(Recebido: 26 de maio de 2014; aceito: 20 de agosto de 2014)

RESUMO: A cultivar Apoatã 2258 (*Coffea canephora*) tem sido empregada como porta-enxerto de cultivares de *Coffea arabica*. Entretanto, devido à grande disponibilidade de recursos genéticos encontrados nas diferentes regiões do País, existe um campo vasto a ser explorado na pesquisa de novos genótipos a serem utilizados como porta-enxerto. A escolha desses materiais deve ser baseada na capacidade de combinação com o enxerto e de adaptação ao ecossistema onde será inserido. Assim, objetivou-se avaliar a eficiência de absorção, translocação e de uso dos macronutrientes por genótipos de *C. canephora*, visando conhecer seus potenciais para utilização como porta-enxertos. Foram realizados dois experimentos em casa de vegetação, em esquema fatorial (5x2) e delineamento em blocos casualizados com 5 repetições, utilizando-se o processo hidropônico de cultivo em vasos, contendo solução nutritiva completa. No experimento 1 (E1) foram utilizados como porta-enxertos cinco genótipos de *C. canephora*, Apoatã IAC 3598-3B, Apoatã IAC 3597-1A, Apoatã IAC 3599-2A, Apoatã IAC 3598-1A e Apoatã IAC 3597-9B, os quais foram enxertados com duas cultivares de *C. arabica*, Palma II e Oeiras. No experimento 2 (E2), avaliaram-se os mesmos genótipos de *C. canephora* mantidos como seedlings (pé franco) e autoenxertados. Os genótipos Apoatã IAC 3597-1A e Apoatã IAC 3597-9B proporcionam as maiores eficiências de absorção, translocação e uso dos nutrientes, podendo ser opções de escolha para utilização como porta enxertos.

Termos de indexação: Café, enxertia, absorção, translocação, eficiência de uso.

DYNAMICS OF MACRONUTRIENTS IN *Coffea canephora* GENOTYPES WITH POTENTIAL FOR USE AS ROOTSTOCK

ABSTRACT: The cultivate Apoatã 2258 (*Coffea canephora*) has been used as a rootstock cultivar of *Coffea arabica*. However, due to the wide availability of genetic resources found in different regions of the country, there is a vast field to be explored in the research of new genotypes to be used as rootstock. The choice of these materials should be based in combination with the graft and adaptation to the ecosystem where it is inserted. Thus, this study aimed at evaluating the efficiency of absorption, translocation and use of macronutrients in genotypes of *C. canephora*, to determine their potential of use as rootstocks. Two experiments were carried out in a period of five months in a greenhouse, using the process of hydroponics, growing in pots containing nutrient solution. In the experiment 1 (E1), treatments included five *C. canephora* genotypes (Apoatã IAC3598-3B, Apoatã IAC3597-1A, Apoatã IAC3599-2A-1A, Apoatã IAC3598 and Apoatã IAC3597-9B) and two *C. arabica* cultivars (Palma II and Oeiras), used as rootstock. In experiment 2 (E2), the five *C. canephora* genotypes described, were cultivated on two types of seedlings (ungrafted and self grafted). Experimental design was factorial (5x2) and it was used the random block design, with five replicates. The genotypes Apoatã IAC3597-1A and Apoatã IAC3597-9B provide higher average uptake, translocation and nutrient use efficiency and they can be considered suitable choices for use as rootstocks.

Index terms: Coffee, rafting, absorbtion, translocation, use efficiency.

1 INTRODUÇÃO

Dentre as várias técnicas de cultivo do cafeeiro, a enxertia sobressai como alternativa no cultivo desta espécie em áreas infestadas com fitonematoides. Os fitonematoides são microrganismos de solo capazes de parasitar o sistema radicular da planta, durante praticamente todo o ciclo da cultura no campo. Esse parasitismo compromete o desenvolvimento das plantas, visto que o crescimento bem sucedido do cafeeiro depende da manutenção de um balanço adequado

no crescimento e na função entre as raízes e ramos, numa razão sustentável entre o sistema radicular e a copa da planta.

Segundo Dias et al. (2009), a enxertia é a técnica mais promissora para convivência do cafeeiro com os fitonematoides, pois além de conferir resistência a esses patógenos, a utilização de alguns genótipos de *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner como porta-enxerto pode melhorar a eficiência do uso de nutrientes na cafeicultura, conferindo maior adaptabilidade às condições adversas de solo e áreas com precipitação

^{1,5,6}Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037- 37.2000-000 - Lavras - MG jpfelicori@gmail.com, rodrigoodias@hotmail.com, carvalho.am@hotmail.com

^{2,4}Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - URESM - Campus da UFLA - Cx. P. 176 - 37.200-000 - Lavras - MG carvalho@epamig.ufla.br, julianacr@epamig.ufla.br

³Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - CNPQC - Avenida Rádio Maia, 830 - Zona Rural - 79106-550 - Campo Grande - MS andre.dominghetti@embrapa.br

pluviométrica limitada, devido a um sistema radicular mais desenvolvido e eficiente, gerando assim, aumento do potencial produtivo da planta enxertada.

A cultivar Apoatã 2258 (*C. canephora*) tem sido empregada como porta-enxerto de cultivares de *Coffea arabica* L. principalmente em áreas infestadas por *Meloidogyne incognita* (KOFOID & WHITE) Chitwood, 1949 ou *M. paranaensis* Carneiro, Carneiro, Abrantes, Santos & Almeida, 1996 (CAMPOS; VILLAIN, 2005; SERA et al., 2006).

Entretanto, devido à grande disponibilidade de recursos genéticos encontrados nas diferentes regiões do País, existe um campo vasto a ser explorado na pesquisa de novos genótipos a serem utilizados como porta-enxerto (PEIL, 2003). A escolha desses materiais deve ser baseada na sua resistência aos fitonematoides, na capacidade de combinação com o enxerto e de adaptação ao ecossistema onde será inserido. As diferentes interações entre copas e porta-enxertos podem resultar em distintos equilíbrios fisiológicos ou graus de afinidade, podendo influenciar no crescimento e na produção do cafeeiro (DIAS et al., 2013; PAIVA et al., 2012).

Alguns trabalhos foram realizados com o objetivo de estudar a extração de nutrientes pelo cafeeiro, entretanto, há necessidade de avaliação da influência do porta-enxerto sobre a eficiência de absorção, translocação e de uso dos nutrientes da solução do solo pelas plantas enxertadas. A aquisição de nutrientes depende da eficiência dos mecanismos de absorção e do volume de solo explorado pelas raízes. Já a eficiência de translocação de nutrientes depende do seu transporte para a parte aérea e de sua exigência metabólica, enquanto a eficiência de utilização de nutriente tem sido definida como a razão entre a biomassa e a quantidade total de nutriente na biomassa (AMARAL et al., 2011).

Objetivou-se, neste estudo, avaliar a eficiência de absorção, translocação e de uso dos macronutrientes em genótipos de *C. canephora*, visando conhecer seus potenciais para utilização como porta-enxerto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos, por um período de cinco meses, em casa de vegetação no Departamento de Ciência do solo da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, utilizando-se o processo hidropônico de cultivo

em vasos, contendo solução nutritiva completa. O município de Lavras está localizado a 21°14' 06" de latitude sul, 45° 00' 00" de longitude oeste e altitude de 910 m.

Os dois experimentos foram conduzidos em esquema fatorial 5 x 2, sendo E1 'porta-enxertos x copas', e E2 'porta enxertos x tipos de mudas'. Em ambos os experimentos, o delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com cinco repetições.

No experimento 1 (E1), os tratamentos foram constituídos da combinação de cinco genótipos de *C. canephora*, obtidos por meio do programa de melhoramento genético do Instituto Agrônomo de Campinas (Apoatã IAC3598-3B, Apoatã IAC3597-1A, Apoatã IAC3599-2A, Apoatã IAC3598-1A e Apoatã IAC3597-9B) e duas cultivares de *C. arabica* (Palma II e Oeiras), utilizados como porta-enxerto e copa, respectivamente, resultando em 10 tratamentos. A escolha das cultivares Palma II e Oeiras como copa justifica-se por terem apresentado melhor eficiência de uso dos nutrientes quando enxertadas em Apoatã 2258, em trabalho realizado por Ferreira et al. (2010). Objetivando-se isolar o efeito da enxertia, em um segundo experimento (E2), os cinco genótipos de *C. canephora*, descritos em E1 (Apoatã IAC3598-3B, Apoatã IAC3597-1A, Apoatã IAC3599-2A, Apoatã IAC3598-1A e Apoatã IAC3597-9B) foram conduzidos em dois tipos de mudas (pé-franco e autoenxertados).

A semeadura foi realizada em caixas com areia lavada, sendo os genótipos de *C. canephora* semeados 25 dias antes das cultivares de *C. arabica*, para que atingissem o estágio de palito de fósforo na mesma época, quando então foi realizada a enxertia do tipo hipocotiledonar. As plantas de enxertia interespecífica, juntamente com as autoenxertadas e as não enxertadas (pé-francos), foram transplantadas para tubetes de 120 ml contendo Plantmax® substrato próprio para produção de mudas comerciais. As mudas, após o transplante, foram mantidas em câmara de nebulização, cobertas com sombrite 75%, por um período de 28 dias, a fim de facilitar o pegamento.

Após o pegamento das mudas, os tubetes foram colocados em viveiro, até que as mesmas apresentassem cinco pares de folhas. Em seguida, as raízes foram lavadas retirando-se todo o substrato, para que as mudas fossem colocadas em vasos contendo solução nutritiva (TAIZ; ZEIGER, 2004), com 20% da concentração recomendada, por um período de 30 dias para adaptação.

Após esse período, foram transplantadas para os vasos definitivos, com capacidade de 1,7 litros de solução nutritiva.

A solução nutritiva foi preparada após a pesagem dos sais, utilizando N-NO_3^- (14 mmol L^{-1}); N-NH_4^+ (2 mmol L^{-1}); P (2 mmol L^{-1}); K^+ (6 mmol L^{-1}); Ca^{++} (4 mmol L^{-1}); Mg^{++} (1 mmol L^{-1}); S-SO_4^- (1 mmol L^{-1}); B (25 $\mu\text{mol L}^{-1}$); Cu (0,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$); Fe (40 $\mu\text{mol L}^{-1}$); Mn (2 $\mu\text{mol L}^{-1}$); Mo (0,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$) e Zn (2 $\mu\text{mol L}^{-1}$).

À medida que ocorria a diminuição do volume da solução devido à transpiração, foi feita a reposição com água deionizada até completar novamente os 1,7 litros. Nos primeiros 30 dias, a concentração dos nutrientes foi de 50%, e após essa época, 100% da concentração dos nutrientes. As trocas das soluções foram realizadas semanalmente.

Aos 150 dias após o transplantio, as plantas foram separadas em parte aérea (caule e folhas) e sistema radicular, de modo a permitir o cálculo da massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular, eficiência da absorção, translocação e de uso dos nutrientes. As partes foram lavadas em água destilada, secas em estufa com ventilação forçada a 70° C, até atingirem peso constante. No extrato obtido por digestão nitroperclórica do material vegetal, foram determinados os teores de P por colorimetria, de K por fotometria de chama, de S por turbidimetria e de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica. O teor de N total foi determinado pelo método semi-micro Kjeldahl (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Após a obtenção das concentrações dos nutrientes, foi calculado o conteúdo em cada parte analisada (parte aérea e raiz), conforme as relações apresentadas a seguir (TOMAZ et al., 2003):

$$\text{Eficiência de uso} = \frac{(\text{Matéria seca total})^2}{\text{Conteúdo na matéria seca total}}, \text{ em g kg}^{-1}$$

$$\text{Eficiência de absorção} = \frac{\text{Conteúdo total absorvido}}{\text{Matéria seca da raiz}}, \text{ em g kg}^{-1}$$

$$\text{Eficiência de translocação} = \frac{\text{Conteúdo da parte aérea}}{\text{Conteúdo na planta toda}} \times 100, \text{ em g kg}^{-1}$$

As análises estatísticas foram realizadas usando o programa computacional R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012). Foi verificada a significância pelo teste F, ao nível de $p < 0,05$ de probabilidade. Detectando-se diferenças significativas entre as interações e tratamentos, foram feitos os desdobramentos e as médias foram comparadas entre si, pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1 (E1)

As cultivares Oeiras e Palma II obtiveram maiores médias de absorção na maioria dos nutrientes estudados, à exceção do enxofre, quando enxertadas sobre o porta-enxerto Apoatã IAC3597-1A, e à exceção do Ca, quando enxertadas em Apoatã IAC3597-9B (Tabela 1), corroborando outros autores (TOMAZ et al., 2008, 2011a), os quais afirmam que a capacidade de absorção é influenciada pelas combinações entre enxerto e porta-enxerto.

De acordo com Tomaz et al. (2011b), estas diferenças inerentes à absorção de água e nutrientes ocorrem entre cultivares de café devido a mecanismos que limitam a movimentação de íons através das raízes e o seu descarregamento no xilema, constituindo as diferenças genotípicas na absorção e movimentação dos nutrientes. Assim, as combinações Apoatã IAC3597-1A/Oeiras e Palma II e Apoatã IAC3597-9B/Oeiras e Palma II podem suscitar plantas com maior eficiência nutricional. Vale ressaltar que a maior capacidade de absorção de elementos por unidade de peso de raiz não está necessariamente associada à maior possibilidade de aproveitamento dos mesmos no campo. Isso dependerá do tamanho do sistema radicular e sua distribuição nas camadas do solo (FÖHSE; CLAASEEN; JUNGK, 1988).

Observa-se (Tabela 1) que não houve diferença na absorção de magnésio pelas diferentes combinações entre os porta-enxertos e copas, à exceção da combinação Oeiras/Apoatã IAC3598-1A, que apresentou maior eficiência de absorção deste nutriente. Ressalta-se ainda que o ‘Apoatã IAC3598-3B’ apresentou menor eficiência de absorção para todos os nutrientes, exceto magnésio.

É importante salientar que os maiores teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio foram obtidos com ‘Apoatã IAC3597-1A’ e ‘Apoatã IAC3597-9B’, revelando que os sistemas radiculares desses dois genótipos podem proporcionar maior suprimento dos referidos nutrientes para a copa de ‘Oeiras’ e ‘Palma II’, quando utilizados como porta-enxerto. O potássio, juntamente com o nitrogênio, constituem os principais nutrientes envolvidos no desenvolvimento e na produção do café, sendo os nutrientes mais exportados por ocasião da colheita, como constituintes de grãos e cascas dos frutos (ALFONSI et al., 2005).

TABELA 1 - Eficiência de absorção e de translocação de macronutrientes (g kg⁻¹) das cultivares de *Coffea arabica* enxertadas sobre *Coffea canephora*.

Nutri-ente	Cultivar	Apoatã IAC3598- 3B	Apoatã IAC3597-1A	Apoatã IAC3599-2A	Apoatã IAC3598-1A	Apoatã IAC3597-9B	CV ¹ (%)
Eficiência de absorção (g kg ⁻¹)							
N	Oeiras	195Ab	272Ba	196Bb	188Bb	263Aa	7,25
	PalmaII	198Ac	349Aa	231Abc	222Ac	284Ab	
P	Oeiras	18,3Bc	28,0Aa	25,9Aab	18,9Abc	27,0Aa	10,5
	PalmaII	22,8Ab	35,1Aa	23,1Ab	25,9Ab	35,8Aa	
K	Oeiras	133Abc	178Bab	127Bc	124Bc	183Ba	9,5
	PalmaII	133Ab	218Aa	152Ab	169Ab	236Aa	
Ca	Oeiras	65,9Ab	94,5Ba	69,3Ab	61,6Ab	62,6Ab	12,3
	PalmaII	63,7Ab	134,2Aa	74,3Ab	21,7Bc	79,7Ab	
Mg	Oeiras	20,5Bb	28,2Ab	24,6Ab	53,8Aa	23,1Ab	13,1
	PalmaII	25,2Aa	31,3Aa	26,1Aa	22,2Ba	26,6Aa	
S	Oeiras	18,1Ab	21,6Aab	15,9Bb	16,7Ab	25,3Aa	11,9
	PalmaII	17,8Ab	21,4Ab	22,0Ab	23,8Ab	31,6Aa	
Eficiência de translocação (g kg ⁻¹).							
N	Oeiras	82,7Aa	84,2Aa	82,0Aa	84,1Aa	85,5Aa	2,36
	Palma II	82,8Aa	87,0Aa	85,6Aa	83,3Aa	88,5Aa	
P	Oeiras	84,8Aa	84,5Aa	84,6Aa	83,7Ba	88,9Aa	2,79
	Palma II	83,0Aa	89,0Aa	87,5Aa	89,9Aa	92,2Aa	
K	Oeiras	78,6Ab	84,7Aa	79,5Ab	77,0Bb	89,0Aa	2,07
	Palma II	80,8Ab	85,6Aab	81,5Ab	85,8Aab	89,1Aa	
Ca	Oeiras	92,4Aa	94,5Aa	94,5Aa	92,9Aa	94,7Aa	1,72
	Palma II	93,6Aa	95,9Aa	92,8Aa	94,9Aa	96,8Aa	
Mg	Oeiras	57,2Abc	62,0Bb	49,3Bc	64,8Bab	71,7Aa	4,06
	Palma II	53,8Ab	73,5Aa	59,8Ab	71,7Aa	72,9Aa	
S	Oeiras	55,7Ab	67,4Aa	44,0Bc	51,6Bb	57,9Bb	4,29
	Palma II	57,2Ab	54,6Bb	56,0Ab	58,1Ab	65,7Aa	

As médias seguidas de mesma letra minúscula na horizontal, e maiúscula na vertical dentro de cada nutriente não diferem entre si pelo teste de Tukey, com $p < 0,05$ de probabilidade. ¹Coefficientes de variação dos nutrientes.

No desdobramento da interação de genótipos de *C. canephora* dentro de cultivares de *C. arabica* para eficiência de translocação de macronutrientes (Tabela 1), observa-se que não houve diferença significativa nas combinações para a translocação de nitrogênio, fósforo e cálcio. Esse resultado mostra que a translocação desses nutrientes independe da combinação entre porta-enxerto e enxerto.

Considerando os demais nutrientes, nota-se que o 'Apoatã IAC3597- 9B' apresentou

melhor eficiência de translocação de nutrientes, tanto em combinação com a 'Oeiras', quanto com a 'Palma II'.

Da mesma forma, a combinação Apoatã IAC3597-1A/Oeiras se destacou para todos os nutrientes estudados.

O efeito dos demais porta-enxertos na translocação dos macronutrientes foi variável. A variabilidade apresentada por genótipos de diversas espécies de plantas tem sido considerada como uma alternativa de adaptação da planta à maior

ou menor disponibilidade de macronutrientes do solo, uma vez que esses se movem do solo para as raízes por difusão de superfície, que é fortemente influenciada pelos atributos físicos e químicos do solo (PREZOTTI; ROCHA, 2004).

Tomaz et al. (2011a) conceituam a eficiência de uso dos macronutrientes como a capacidade de determinado genótipo em obter rendimentos positivos em solos que apresentem limitação de nutrientes, sendo influenciada por diferenças genotípicas. Desse modo, as combinações de enxertia, que unem plantas de genótipos distintos e, conseqüentemente, de demanda diferenciada do nutriente no metabolismo, causam aumento ou diminuição da eficiência de utilização dos nutrientes. No presente trabalho, o comportamento dessa característica foi independente da combinação entre os genótipos de *C. canephora* e cultivares de *C. arabica* estudados e não apresentou diferenças significativas.

Por outro lado, quando se considera a análise do desdobramento de copas dentro de porta enxertos (Tabela 1), observa-se que o Palma II apresentou melhor eficiência de absorção e translocação em todos os nutrientes estudados, quando as diferenças foram significativas. Essa superioridade da Palma II, dentro dos Apoatãs, estudados pode ser explicada pelas variações genéticas dessa cultivar de *C. arabica* e das variações morfológicas e fisiológicas do sistema radicular de *C. canephora*, e foi verificada também por outros autores (FERREIRA et al., 2010, 2013).

Os coeficientes de variação (CV's) obtidos foram coerentes com outros trabalhos onde se utilizou o desenvolvimento de mudas de café enxertadas (DIAS, et al., 2009; FERREIRA et al., 2010; TOMAZ et al., 2011a), variando entre 1,72 e 13,1 (Tabela 1), indicando assim boa precisão experimental. Rezende e Duarte (2007) ressaltam que parcelas constituídas por maior número de repetições, como é o caso deste experimento, tendem a apresentar menor coeficiente de variação, em comparação com experimentos com poucas repetições, que têm seu coeficiente de variação muito aumentado.

Experimento 2 (E2)

De acordo com Tomaz et al. (2005), a enxertia em café é capaz de influenciar positiva ou negativamente o desenvolvimento das plantas, quando se comparam diferentes combinações enxerto/porta-enxerto com os respectivos pés-francos. No presente trabalho, essa variação de

comportamento dos genótipos estudados em função da enxertia, pode ser observada em todas as características avaliadas.

No desdobramento da interação tipos de muda dentro de genótipo de *C. canephora*, observa-se que o Apoatã IAC3597-1A não apresentou diferenças significativas para eficiência de absorção dos macronutrientes em relação aos tipos de mudas (Tabela 2). Comportamento semelhante foi observado no Apoatã IAC3597-9B e no Apoatã IAC3599-2A, os quais apresentaram maior eficiência de absorção do potássio e cálcio, respectivamente, das mudas pé-franco em relação às mudas autoenxertadas, e não apresentando diferenças significativas para eficiência de absorção dos demais macronutrientes estudados.

O efeito favorável da enxertia foi observado no Apoatã IAC3598-3B, em relação a todos os nutrientes estudados. Por outro lado, o Apoatã IAC3598-1A apresentou menor eficiência de absorção das mudas autoenxertadas em relação a pé-franco para os nutrientes nitrogênio, cálcio e enxofre, não apresentando diferenças na absorção de fósforo, potássio e magnésio. Esses resultados indicam, para esse genótipo, efeito desfavorável da técnica de enxertia, corroborando os resultados encontrados no experimento 1 (E1), em que esse porta-enxerto proporcionou menor eficiência de absorção dos nutrientes pelas mudas enxertadas, independentemente da cultivar de *C. arabica* utilizada como copa. De acordo com Dias et al. (2008), essa incompatibilidade pode ser anatômica (estrutural), dificultando o ajuste entre os tecidos; nutricional, em função das diferenças no padrão de absorção de água e nutrientes de cada espécie; ou bioquímica, devido à presença de alguma substância em uma das espécies, que interfira no comportamento da outra.

Observa-se diferença significativa na eficiência de translocação dos macronutrientes em, pelo menos, um nutriente para todos os tratamentos, à exceção do 'Apoatã IAC3597-9B', que apresentou o mesmo comportamento para os dois tipos de mudas (Tabela 2).

As plantas de Apoatã IAC 3598-3B e Apoatã IAC 3599-2A provenientes de muda pé-franco, foram mais eficientes que as plantas autoenxertadas na translocação de Mg, confirmando, mais uma vez, os resultados obtidos em E1, em que os tratamentos com estes porta-enxertos permaneceram no grupo de menor eficiência de translocação de magnésio para a parte aérea das mudas.

TABELA 2 - Desdobramento da interação tipos de muda dentro de genótipos de *Coffea canephora* para eficiência de absorção, de translocação e de uso dos macronutrientes (g kg⁻¹).

Genótipos	Tipos de mudas	N	P	K	Ca	Mg	S
Eficiência de absorção (g kg ⁻¹)							
Apoatã IAC3598-3B	Autoenxertado	330a	25,5a	189a	111a	35,4a	24,0a
	Pé-franco	244b	18,9b	143b	82,3b	22,6b	15,8b
Apoatã IAC3597-1A	Autoenxertado	244a	21,5a	157a	85,4a	25,1a	17,6a
	Pé-franco	211a	21,6a	143a	73,3a	19,8a	15,0a
Apoatã IAC3599-2A	Autoenxertado	289a	28,0a	147a	82,9b	27,2a	14,8a
	Pé-franco	302a	25,1a	166a	103a	28,3a	16,8a
Apoatã IAC3598-1A	Autoenxertado	256b	23,1a	189a	73,3b	25,4a	22,4b
	Pé-franco	324a	26,7a	207a	97,6a	31,1a	28,7a
Apoatã IAC3597-9B	Autoenxertado	260a	21,4a	188a	66a	23,2a	26,2a
	Pé-franco	245a	16,8a	155b	54a	19,7a	22,1a
Eficiência de translocação (g kg ⁻¹)							
Apoatã IAC3598-3B	Autoenxertado	90,8a	81,5a	85,2a	93,2a	57,6b	65,7a
	Pé-franco	84,8b	82,7a	81,2b	94,0a	64,3a	53,5b
Apoatã IAC3597-1A	Autoenxertado	85,5a	84,0a	85,1a	94,3a	65,0a	54,5a
	Pé-franco	83,5a	77,7b	80,7b	92,6a	67,6a	51,6a
Apoatã IAC3599-2A	Autoenxertado	84,8a	86,0a	81,2a	95,4a	54,5b	49,2a
	Pé-franco	88,8a	85,0a	84,2a	95,4a	63,8a	52,8a
Apoatã IAC3598-1A	Autoenxertado	86,1a	81,5b	85,6a	94,0a	73,7a	60,8a
	Pé-franco	88,6a	88,4a	86,3a	97,0a	76,8a	63,4a
Apoatã IAC3597-9B	Autoenxertado	85,8a	79,7a	88,7a	95,2a	70,7a	57,5a
	Pé-franco	87,5a	79,0a	86,5a	94,0a	69,3a	52,6a
Eficiência de uso (g kg ⁻¹)							
Apoatã IAC3598-3B	Autoenxertado	0,750a	9,57a	1,30a	2,20a	6,90a	10,20a
	Pé-franco	0,48b	6,47b	0,80b	1,44b	5,28a	7,22b
Apoatã IAC3597-1A	Autoenxertado	0,555a	6,29a	0,85a	1,59a	5,37a	7,64a
	Pé-franco	0,495a	4,82a	0,73a	1,43a	5,24a	6,92a
Apoatã IAC3599-2A	Autoenxertado	0,470a	5,38a	0,91a	1,64a	6,67a	9,09b
	Pé-franco	0,625a	6,80a	1,13a	1,86a	5,03a	11,22a
Apoatã IAC3598-1A	Autoenxertado	0,475a	5,28a	0,72a	1,68a	4,80a	5,52a
	Pé-franco	0,580a	7,16a	0,84a	1,90a	6,02a	6,42a
Apoatã IAC3597-9B	Autoenxertado	0,500a	6,08a	0,69a	1,97a	5,64a	4,96a
	Pé-franco	0,375a	5,45a	0,59a	1,68a	4,65a	4,13a

As médias seguidas de mesma letra na vertical, para cada genótipo, não se diferem entre si pelo teste de Tukey com $p < 0,05$ de probabilidade.

Verifica-se, ainda na Tabela 2, influência negativa da enxertia sobre a translocação de fósforo em mudas de Apoatã IAC3598-1A, uma vez que as plantas autoenxertadas apresentaram menor eficiência de translocação desse nutriente. Entretanto, esse efeito é suplantado quando se utiliza uma cultivar de *C. arabica*, pois como pode ser observado em E1, os tratamentos que utilizaram esse porta-enxerto apresentaram a mesma eficiência de translocação de fósforo que os demais tratamentos. De acordo com Dias et al. (2009), durante a reconstituição dos tecidos da área do enxerto, há grande desenvolvimento de parênquima cortical, que pode influenciar de forma negativa a translocação de água e nutrientes.

Não houve influência de nenhum genótipo de *C. canephora* na eficiência de translocação de cálcio.

Entre os genótipos de *C. canephora*, o Apoatã IAC 3598-3B apresentou superioridade na eficiência de uso dos macronutrientes, indicando efeito benéfico da enxertia para essa característica. A eficiência de uso não foi alterada pela enxertia para os demais porta-enxertos estudados, exceto o 'Apoatã IAC 3598-3B', que apresentou menor eficiência no uso do enxofre quando autoenxertado (Tabela 2).

Observam-se, na Tabela 3, os valores de massa seca de parte aérea e massa seca do sistema radicular dos cinco genótipos de *C. canephora* estudados. De forma geral, os tratamentos autoenxertados produziram massa seca do sistema radicular semelhante às mudas de pé-franco,

indicando que o efeito da enxertia (estresse) não é observado para essa característica, podendo considerar a utilização desses porta-enxertos em campo.

Por outro lado, houve grande variabilidade para o desenvolvimento da massa seca da parte aérea em relação aos diferentes genótipos de *C. canephora* estudados. Os genótipos Apoatã IAC3598-3B, Apoatã IAC3597-1A e Apoatã IAC3597-9B apresentaram maior desenvolvimento da parte aérea quando autoenxertados, enquanto Apoatã IAC3599-2A e Apoatã IAC3598-1A evidenciaram efeitos negativos da enxertia.

4 CONCLUSÕES

Os genótipos Apoatã IAC3597-1A e Apoatã IAC3597-9B proporcionam maiores médias de absorção, translocação e eficiência de uso dos nutrientes e são adequadas opções de escolha para utilização como porta-enxertos.

5 AGRADECIMENTOS

À Fapemig, ao Consorcio de Pesquisa Café e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Café (INCT Café/CNPq) pelo apoio financeiro ao projeto, ao CNPq pela concessão da bolsa PNPd (JCR) e a Capes pela concessão de bolsa de mestrado (JPFC).

TABELA 3 - Desdobramento da interação tipos de muda dentro de genótipos para massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca do sistema radicular (MSR).

Genótipos	Tipos de mudas	MSPA (g)	MSR (g)
Apoatã IAC3598-3B	Autoenxertado	22,6a	2,63a
	Pé-franco	14,7b	2,50a
Apoatã IAC3597-1A	Autoenxertado	15,4a	2,34a
	Pé-franco	13,1b	2,35a
Apoatã IAC3599-2A	Autoenxertado	13,7b	2,68a
	Pé-franco	19,7a	2,95a
Apoatã IAC3598-1A	Autoenxertado	13,7b	2,04a
	Pé-franco	19,7a	2,71a
Apoatã IAC3597-9B	Autoenxertado	16,1a	2,72a
	Pé-franco	12,3b	2,38a

As médias seguidas de mesma letra na vertical, para cada genótipo, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

6 REFERÊNCIAS

- ALFONSI, E. L. et al. Crescimento, fotossíntese e composição mineral em genótipos de *Coffea* com potencial para utilização como porta-enxerto. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 1-13, 2005.
- AMARAL, J. F. T. et al. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 4, p. 621-629, 2011.
- DIAS, F. P. et al. Desenvolvimento de cafeeiros enxertados em Apoatã IAC 2258 cultivados em recipiente de 250 litros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 385-390, mar./abr. 2008.
- _____. Desenvolvimento de mudas de cultivares de café arábica enxertadas sobre Apoatã IAC 2258. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 29-36, 2013.
- _____. Estudo anatômico de cafeeiros enxertados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 735-742, maio/jun. 2009.
- DIAS, P. P. et al. Avaliação do desenvolvimento vegetativo e do comportamento de mudas de café (*Coffea arabica*) infectadas ou não por uma população fluminense de *Meloidogyne exigua*. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 1-10, 2009.
- FERREIRA, A. D. et al. Absorção, translocação e eficiência de uso dos macronutrientes em cafeeiros (*Coffea arabica* L.) enxertados em Apoatã IA2258 (*Coffea canephora* P.). **Revista de Ciência e Tecnologia das Américas**, Caracas, v. 35, n. 11, p. 818-822, 2010.
- _____. Dinâmica dos micronutrientes em cafeeiros enxertados. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 262-267, 2013.
- FÖHSE, D.; CLAASEEN, N.; JUNGK, A. Phosphorus efficiency of plants. **Plant and Soil**, The Hague, v. 110, n. 1, p. 101-109, 1988.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.
- PAIVA, R. F. de et al. Comportamento de cultivares de cafeeiros *C. arabica* L. enxertados sobre cultivar 'Apoatã IAC 2258' (*Coffea canephora*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, p. 155-1160, 2012.
- PEIL, R. M. A enxertia na produção de mudas de hortaliças. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1169-1177, 2003.
- PREZOTTI, L. C.; ROCHA, A. C. da. Nutrição do cafeeiro arábica em função da densidade de plantas e da fertilização com NPK. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 239-251, 2004.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **The R project for statistical computing**. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 10 dez. 2012.
- RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.
- SERA, G. H. et al. Porta-enxertos de café robusta resistentes aos nematoides *Meloidogyne paranaenses* e *M. incógnita* raças 1 e 2. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 171-184, 2006.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TOMAZ, M. A. et al. Diferenças genéticas na eficiência de absorção, na translocação e na utilização de K, Ca e Mg em mudas enxertadas de cafeeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1540-1546, 2008.
- _____. Eficiência de absorção e utilização de boro, zinco, cobre e manganês em mudas enxertadas de cafeeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 1, p. 108-114, 2011a.
- _____. Eficiência de absorção, translocação e uso de cálcio, magnésio e enxofre por mudas enxertadas de *Coffea arabica*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 885-892, 2003.
- _____. Porta-enxertos afetando o crescimento e a produção de plantas de *Coffea arabica* L. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 34, n. 1, p. 229-234, 2011b.
- _____. Porta-enxertos afetando o desenvolvimento de mudas de *Coffea arabica* L. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 570-575, 2005.