

MARCELO ANTONIO TOMAZ

**CRESCIMENTO E EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE MUDAS DE
Coffea arabica L. EM CULTIVO HIDROPÔNICO, INFLUENCIADOS
PELO PORTAENXERTO**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2001

MARCELO ANTONIO TOMAZ

**CRESCIMENTO E EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE MUDAS DE
Coffea arabica L. EM CULTIVO HIDROPÔNICO, INFLUENCIADOS
PELO PORTAENXERTO**

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

APROVADA: 01 de março de 2001

Dr. Antonio Alves Pereira
(Conselheiro)

Prof. Paulo Roberto G. Pereira

Prof. Cosme Damião Cruz

Prof. Laércio Zambolim

Prof. Ney Sussumu Sakiyama
(Orientador)

A Deus
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.

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

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

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

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

Aos professores Paulo Roberto Gomes Pereira e Laércio Zambolim, pela atenção e participação na defesa de tese.

À minha namorada Vívian e ao Acadêmico Sérgio Moraes, pela ajuda na coleta e execução do experimento.

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, Mário e Gino.

Aos amigos e colegas da graduação e da pós-graduação, em especial Sérgio Ricardo, Marcélio, Rafael Binda, Rogério, Eliane, Itamar 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.

Ao Grupo de Jovens JSC, à RCC e ao Ministério de Música Magnificat, 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 Juruaia – 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 Juruaia.

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 Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, com área de concentração em Técnicas Culturais.

Concluiu o Curso de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, em março de 2001.

ÍNDICE

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
INTRODUÇÃO.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	3
AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE MUDAS DE <i>Coffea arabica</i> EM CULTIVO HIDROPÔNICO, INFLUENCIADO PELO PORTA-ENXERTO.....	4
RESUMO.....	4
SUMMARY.....	5
INTRODUÇÃO.....	6
MATERIAL E MÉTODOS.....	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
CONCLUSÕES.....	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE MUDAS DE <i>Coffea arabica</i> EM CULTIVO HIDROPÔNICO, INFLUENCIADA PELO PORTA-ENXERTO.....	27

RESUMO.....	27
SUMMARY.....	28
INTRODUÇÃO.....	29
MATERIAL E MÉTODOS.....	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
RESUMO E CONCLUSÕES.....	57

RESUMO

TOMAZ, Marcelo Antonio, Universidade Federal de Viçosa, março de 2001. **Crescimento e eficiência nutricional de mudas de *Coffea arabica* L. em cultivo hidropônico, influenciados pelo porta-enxerto.** Orientador: Ney Sussumu Sakiyama. Conselheiros: Hermínia Emilia Prieto Martinez e Antonio Alves Pereira.

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar, em condições de hidroponia, o efeito do porta-enxerto sobre o crescimento e a eficiência nutricional de mudas de *Coffea arabica*. O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação, utilizando-se o processo hidropônico de cultivo em areia com o método circulante de fornecimento de solução nutritiva. O delineamento experimental foi em blocos casualizados. Comparações entre médias foram realizadas pelo teste “ t ” de Student, a 5%. Foram adaptados modelos estatísticos de análise dialélica para avaliar a capacidade geral de combinação do enxerto e do porta-enxerto. Como enxerto foram utilizados os seguintes genótipos de *C. arabica*: as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 e as linhagens H 419-10-3-1-5, H 514-5-5-3. Como porta-enxerto foram empregados três genótipos de *Coffea canephora* Pierre et Froenher: Apoatã LC 2258, Conillon Muriaé-1, Robustão Capixaba (Emcapa 8141) e um genótipo de *Coffea arabica* L.: Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32. As sementes do material genético foram germinadas em caixas, contendo areia

lavada e ao atingir o estágio “palito de fósforo”, efetuaram-se as enxertias, as quais foram do tipo hipocotiledonar. Após pegamento e aclimatação, as plântulas foram levadas para casa de vegetação, plantadas em vasos e irrigadas diariamente com solução nutritiva de Clark, modificada quanto às concentrações de macronutrientes. A força da solução foi aumentada para 1,5x, 2,5x e 3x da força inicial, durante condução do experimento. O pH das soluções foi mantido a $5,5 \pm 0,5$, mediante ajustes diários com NaOH. As trocas das soluções foram efetuadas quando a condutividade elétrica atingiu $60\% \pm 10\%$ da solução inicial. Após 170 dias do transplante em vaso, avaliaram-se altura das plantas, número de nós, área foliar, volume de raiz, superfície de raiz, produção de matéria seca e eficiências nutricionais. Pela enxertia em cultivo hidropônico pode perceber que nem todo porta-enxerto de *Coffea canephora* pode ser utilizado com vantagens na enxertia. Com relação ao volume de raiz, o porta-enxerto Mundo Novo foi o que teve melhor desempenho, proporcionando um efeito significativo quando combinado com H 514-5-5-3. Para as variáveis peso da matéria seca da raiz, peso da matéria seca da parte aérea e peso da matéria seca total, apenas as combinações H 514-5-5-3/Apoatã e H 514-5-5-3/M.Novo tiveram efeitos positivos quando comparadas com os pés-francos. Quanto à eficiência nutricional, os porta-enxertos Apoatã e Mundo Novo contribuíram para a maior eficiência de uso de nitrogênio dos genótipos de Catuaí 15 e H 514-5-5-3. O porta-enxerto Apoatã proporcionou aumento no uso de fósforo nas combinações com Catuaí Vermelho IAC 15 e H 514-5-5-3. A combinação de enxertia H 514-5-5-3/M.Novo teve aumento no uso de potássio quando comparado com o pé-franco. Os genótipos de *Coffea arabica* Oeiras e H 419-10-3-1-5 mostraram ser altamente eficientes como pés-francos, não sendo beneficiados por nenhuma enxertia. A análise dialéctica indicou que os melhores efeitos da capacidade geral de combinação foram para os porta-enxertos Apoatã e Mundo Novo.

ABSTRACT

TOMAZ, Marcelo Antonio, Federal University of Viçosa, March of 2001.
Nutritional Efficiency and Growth of young plants of *Coffea arabica* in hidroponic cultive, influenced by the rootstocks. Adviser: Ney Sussumu Sakiyama. Committee members: Hermínia Emilia Prieto Martinez e Antônio Alves Pereira.

The objective of this research was to evaluate in hidroponic conditions the effect of the rootstock on the growth and nutritional efficiency of young plants of *Coffea arabica*. The experiment was conducted at greenhouse conditions, using the sand cultive hidroponic process with the nutritive solution. It was used the random blocks experimental design. Comparisons among means was made by the Student "t" test, at 5%. It were adapted diallel analysis statistic models to evaluate the rootstocks and grafts general combination capacity. As grafts were utilized the following genotypes of *C. arabica*: the varieties Catuaí Vermelho IAC 15 and Oeiras MG 6851 and the lines H 419-10-3-1-5, H 514-5-5-3. As rootstocks were utilized three genotypes of *Coffea canephora* Pierre et Froenher: Apoatã LC 2258, Conillon Muriaé-1 and Robustão Capixaba (Emcapa 8141) and a genotype of *coffea arabica* L.: Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32. The seeds of the genetic material were germinated in boxes containing washed sand and as soon as they reached the "match" stadium it was effectuated the grafting, that were of the type

hipocotyledoning. After the surviving and acclimatizing, the young plants were taken to the greenhouse, planted in a 3 L recipient and daily irrigated with Clark's nutritive solution, modified as the macronutrients concentration. The solution strength was enhanced to 1,5x; 2,5x and 3x the strength of the initial concentration, as the experiment was conducted. The solutions pH was kept at $5,5 \pm 0,5$, by means of daily adjustment with NaOH. The exchanges of the solutions were effectuated when the electrical conductivity reached $60\% \pm 10\%$ of the initial conductivity. After 170 days from the transplant into recipients, it were evaluated the plants height, number of knots, leaf area, root volume, root surface, dry matter production and nutritional efficiency. Throughout the grafting in hidroponic cultivate, it was possible to perceive that neither all the rootstocks of the *Coffea canephora* can be utilized with advantages. Regarding the root volume, the rootstock Mundo Novo was the one that achieved the best performance, providing a significant effect when combined with H 514-5-5-3. To the variables root, aboveground part and total dry matter weights, just the combinations H 514-5-5-3/Apoatã and H 514-5-5-3/M. Novo, reached positive effects when compared with no grafted plants. Regarding the nutritional efficiency, the rootstocks Apoatã and M. Novo contributed to the greatest efficiency of the genotypes of Catuaí 15 and H 514-5-5-3 nitrogen use. The rootstock Apoatã provided phosphorus use enhancement at the combinations with Catuaí Vermelho IAC 15 and H 514-5-5-3. The grafting combination H 514-5-5-3/ M. Novo reached potassium use enhancement when compared with no grafted plants. The genotypes of *Coffea arabica* Oeiras and H 419-10-3-15, showed to be highly efficient as no grafted plants, do not being benefited by anyone grafting. The diallel analysis indicated that the best effects of the general combination capacity were reached with the rootstocks Apoatã and M. Novo.

INTRODUÇÃO

O café originou-se na Etiópia, tendo indícios de cultivos no Yemen antes mesmo do século XV. No Brasil, o café foi introduzido em 1727 e as primeiras sementes e mudas foram plantadas em Belém (Pará), expandindo-se gradativamente pelas diversas regiões do país. Atualmente, os maiores produtores estaduais de café no Brasil são: Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Paraná (ALFONSI, 2000).

O processo da enxertia é estudado a muito tempo em outras culturas. Nas plantas em que esta técnica é normalmente utilizada, como citros, maçã, pêsego, videira e roseira, inúmeros são os trabalhos que têm mostrado a influência positiva da enxertia no controle de doenças (CAMERON, 1971), no crescimento vegetativo (LAYNE et al., 1976), na absorção e na composição mineral (GALLO e RIBAS, 1962).

A utilização da enxertia no cafeeiro surgiu em 1887, na ilha de Java, onde eram utilizados *Coffea liberica* como porta-enxerto e *Coffea arabica* L. como enxerto, visando diminuir prejuízos com nematóides (FERWERDA, 1934).

No Brasil, a ocorrência de nematóides em algumas regiões do país inviabilizou a cafeicultura em regiões tradicionalmente produtoras de café de alta qualidade, em vista da falta de resistência apresentada pela espécie *Coffea arabica* L. Por outro lado, *Coffea canephora* Pierre et Froenher vem evidenciando resistência aos nematóides. No entanto, porta-enxertos

resistentes foram explorados por meio da técnica de enxertia hipocotiledonar (COSTA et al., 1991).

A prática da enxertia é antiga, mas as pesquisas mostram novas vantagens desta tecnologia, a qual aproveita o sistema radicular mais desenvolvido do *Coffea canephora*, usado como porta-enxerto, aliado às características do *Coffea arabica* para o enxerto, com alta produtividade, tamanho dos frutos e ótima qualidade de bebida. O uso de cultivares comerciais de *Coffea arabica* sobre *Coffea canephora* tem apresentado também resultados promissores em regiões isentas de nematóides. FAHL et al. (1998), realizando trabalhos em áreas isentas da praga, verificaram que as plantas enxertadas apresentavam maior vigor de copa, maior número de ramos e folhas, e conseqüentemente maior área foliar para ocorrer fotosíntese, além de maior produção de carboidratos e maior produção de café. Constataram, também, que a produção chegou a superar em 30% as lavouras de pé-franco. Além do mais, as plantas enxertadas tinham maiores quantidades de nutrientes como fósforo e potássio.

Os porta-enxertos podem apresentar grande variação em vigor, em consequência das diferentes exigências nutricionais e capacidade de absorção de água e nutrientes, pois suas raízes apresentam uma seletividade na absorção de íons da solução (IANNINI, 1984).

O uso do cultivo hidropônico em pesquisa é de grande importância, pois permite que se tenha um ambiente mais controlado, com maior homogeneidade nas características físicas, químicas e físico-químicas do substrato, tendo maior uniformidade no ambiente radicular, permitindo uma avaliação mais precisa das variáveis de crescimento e nutrição das plantas.

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

O objetivo deste trabalho foi avaliar, em condições de hidroponia, o crescimento e a eficiência nutricional de mudas de *Coffea arabica*, influenciados pelo porta-enxerto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSI, R. R. Histórico climatológico da cafeicultura brasileira: geadas e secas. In: SEMINÁRIO DE CAFÉ DO CERRADO, 10, 2000, Patrocínio. **Encontros...** Patrocínio MAA, CBP&D/Café, 2000. p.78-79.
- CAMERON, H.R. Effect of root or trunk stock on susceptibility of orchard trees to *Pseudomonas syringae*. **Plant Dis. Repr.**, v.55, p.421-423, 1971.
- 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. **Nem. Bras.**, v.15, n.1, p. 43-50, 1991.
- 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.
- GALLO, J.R., RIBAS, W.C. Análise foliar de diferentes combinações enxerto-cavalo para dez variedades de videira. **Bragantia**, v.21, p. 397-410, 1962.
- IANNINI, B. Importanza e funzioni del portinnesto nella viticoltura moderna. **Riv. Vitic. Enol.**, n.7-8, p.394-419, 1984.
- LAYNE, R.E.C., WEAVER, G.M., JACKSON, H.O., STROUD, F.D. Influence of peach seedling rootstocks on growth, yield and survival of peach scion cultivars. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.101, p.568-572, 1976.

AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Coffea arabica* EM CULTIVO HIDROPÔNICO, INFLUENCIADO PELO PORTAENXERTO

RESUMO

A enxertia é uma técnica de grande potencial para a cultura cafeeira, podendo ser uma alternativa para aumento de produtividade. O experimento foi instalado em casa de vegetação por um período de 170 dias, utilizando-se o método circulante de solução nutritiva e areia como substrato. O delineamento experimental foi em blocos casualizados. Comparações entre médias foram realizadas pelo teste “ t ” de Student, a 5%. Também foram adaptados modelos estatísticos de análise dialélica para avaliar a capacidade geral de combinação do enxerto e do porta-enxerto. Foram utilizados como enxertos os seguintes genótipos de *Coffea arabica*: as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 e as linhagens H 419-10-3-1-5, H 514-5-5-3. Como porta-enxerto foram empregados três genótipos de *Coffea canephora*: Apatã LC 2258, Conillon Muriaé-1, Robustão Capixaba (Emcapa 8141) e um genótipo de *Coffea arabica*: Mundo Novo IAC LCMP 376 - 4 -32.

Os porta-enxertos Apatã LC 2258 e Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32 proporcionaram aumento na altura das plantas dos genótipos de Catuaí Vermelho IAC 15 e H 514-5-5-3, respectivamente. Com relação ao volume de raiz, o porta-enxerto Mundo Novo substituiu bem o sistema radicular do genótipo H514-5-5-3. As combinações H 514-5-5-3/Apatã e H 514-5-5-3/M.Novo tiveram efeitos positivos com relação ao peso da matéria seca da

raiz, parte aérea e total, quando comparadas com os pés-francos. A cultivar Oeiras e a linhagem H 419-10-3-1-5 mostraram ser plantas altamente vigorosas quando utilizadas como pés-francos. Os genótipos de *Coffea canephora* Conillon M.1 e Emcapa 8141, utilizados como porta-enxertos, ocasionaram efeitos negativos na maioria das características avaliadas. De acordo com a análise dialélica, os melhores efeitos da capacidade geral de combinação foram para os porta-enxertos Mundo Novo e Apoatã.

Termos de indexação: *Coffea canephora*, enxertia, Oeiras e solução nutritiva.

SUMMARY: EVALUATION OF COFFEA ARABICA YOUNG PLANTS GROWTH IN HIDROPONIC CULTIVE, INFLUENCED BY THE ROOTSTOCKS

The grafting technique has great potencial for coffee culture, and can be an alternative for procdution improvement. The experiment was installed in greenhouse for a period of 170 days using the circolant method of nutritive solution, and sand as substratum. The experimental design was random blocks. Comparisons among means was made by the Student "t" test, at 5%. It were adapted diallel analysis statistic models to evaluate the rootstocks and grafts general combination capacity. As grafts were utilized the following genotypes of C. arabica: the varieties Catuaí Vermelho IAC 15 and Oeiras MG 6851 and the lines H 419-10-3-1-5, H 514-5-5-3. As rootstocks were utilized three genotypes of Coffea canephora Pierre et Froenher: Apoatã LC 2258, Conillon Muriaé-1 and Robustão Capixaba (Emcapa 8141) and a genotype of coffea arabica L.: Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32.

The rootstocks Apoatã LC 2258 and Mundo Novo IAC LCMP 367-4-32 provided enhancement on the Catuaí Vermelho IAC 15 and H514-5-5-3 genotypes plant height, respectively. Regarding the root volume the rootstock Mundo Novo substituted satisfactorily the H 514-5-5-3 genotype root system. The combintions H 514-5-5-3/ Apoatã and H514-5-5-3/ Mundo Novo obtained positive effects regarding the dry matter, root, aboveground part and total weights, when compared to no grafted plants. The Oeiras variety and the line H 419-10-3-1-5 showed to be highly vigorous plants when used as no grafted plants. The Coffea canephora genotypes Conillon M.1 and Emcapa 8141 used

as rootstocks provided negative effects on the most of the evaluated characteristics. The diallel analysis indicated that the best effects of the general combination capacity were reached with the rootstocks Apatã and M. Novo.

Index terms: Coffea canephora , grafting, Oeiras, nutritive solution

INTRODUÇÃO

A enxertia é a arte de inserir parte de uma planta em outra, de tal maneira que se unam e continuem o crescimento. A prática é antiga, mas as pesquisas mostram novas vantagens desta tecnologia, a qual aproveita o sistema radicular mais desenvolvido de *Coffea canephora* Pierre et Froenher, por exemplo, usado como porta-enxerto, aliado às características de alta produtividade, tamanho dos frutos e ótima qualidade de bebida do *Coffea arabica* L., usado como enxerto.

Segundo RAMOS et al. (1982), um sistema radicular mais desenvolvido deve ser mais eficiente na absorção de nutrientes e de água do solo e, assim, influenciar a produtividade. Para RENA e GUIMARÃES (2000), 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. ALVES (1986), estudando combinações de quatro genótipos de *Coffea arabica*, envolvendo progênes de Catimor e linhagens de Caturra, Catuaí Vermelho e Mundo Novo, verificou que o Catimor enxertado sobre Caturra, Catuaí e Mundo Novo apresentava aumentos significativos na taxa de crescimento da área foliar em relação às cultivares não enxertadas.

FAZUOLI et al. (1983) em trabalhos de campo desenvolvidos em regiões infestadas por *Meloidogyne incognita* (Kofoid e White, 1919) Chitwood, 1949, verificaram aumentos na altura, no diâmetro de copa e na produção de plantas enxertadas, em relação às não enxertadas. COSTA et al. (1991) confirmaram a eficiência da enxertia em áreas infestadas por nematóides, em que a produção de café beneficiado por hectare da cultivar Mundo Novo, enxertado em porta-enxertos resistentes de *C. canephora*, foi de 26,3 sacas contra 5,7 sacas do mesmo sem enxertia. Nos últimos anos, a enxertia de linhagens produtivas

sobre linhagens tolerantes/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).

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

Embora pouco comum, o conhecimento da matéria seca de raízes tem grande importância na compreensão dos processos relacionados à competição entre plantas pelos recursos ambientais, para a avaliação da capacidade produtiva e para a adoção de técnicas de manejo (LELES, 1995).

O uso do cultivo hidropônico em pesquisa é de grande importância, pois permite que se tenha um ambiente mais controlado, com maior homogeneidade nas características físicas, químicas e físico-químicas do substrato, maior uniformidade no ambiente radicular, permitindo, desta forma, uma avaliação mais precisa das variáveis de crescimento das plantas.

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

O objetivo deste trabalho foi avaliar em condições de hidroponia, o potencial de crescimento de mudas de *Coffea arabica*, influenciadas pelo 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 processo hidropônico de cultivo em areia, com o método circulante de fornecimento da solução nutritiva.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 32 tratamentos, e quatro repetições, sendo oito pés-francos (quatro enxertos e quatro porta-enxertos), oito auto-enxertias e 16 combinações de enxertia. As auto-enxertias foram efetuadas com o objetivo de avaliar o efeito do estresse do corte no crescimento das plantas. Uma vez não constatado o efeito acima, decidiu-se pela omissão destes valores neste trabalho, visando simplificar a confecção dos quadros e interpretação dos resultados. Utilizou-se o teste “ t ” de Student, a 5% de probabilidade para comparação entre médias de 20 tratamentos que correspondem aos pés-francos dos enxertos e às combinações das enxertias. Utilizou-se, também, o modelo adaptado de análise dialélica, com teste F a 1% e 5% para avaliar a capacidade geral de combinação (CGC) do enxerto e do porta-enxerto, processando 24 tratamentos que correspondem aos pés-francos e às combinações de enxertias.

Neste trabalho, a análise dialélica foi adaptada para identificar os melhores genótipos com relação à capacidade geral de combinação dos enxertos e porta-enxertos. Altas estimativas da CGC, em valores absolutos, irão indicar, neste experimento, se o genótipo em questão é melhor em relação ao comportamento médio dos outros tratamentos. Estimativas próximas de zero indicam que o valor da capacidade de combinação do genótipo não difere muito da média de todos os genótipos. O processamento foi feito, utilizando-se o programa GENES – Aplicativo Computacional em Genética e Estatística (CRUZ, 1997).

Preparo das mudas

Foram utilizados como enxertos os seguintes genótipos de *Coffea arabica*: as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 e as linhagens H 419-10-3-1-5, H 514-5-5-3. Como porta-enxerto foram empregados três genótipos de *Coffea canephora*: Apotã LC 2258, Conillon Muriaé-1,

Robustão Capixaba (Emcapa 8141) e um genótipo de *Coffea arabica*: Mundo Novo IAC LCMP 376 - 4 -32 .

A semeadura foi feita em caixas com areia fina a cada 10 dias, em um período de 40 dias para escalonar a obtenção de plântulas. As caixas foram colocadas em estufa até atingir o estágio “palito de fósforo”, o qual ocorreu 70 dias após a semeadura. Depois deste período, efetuaram-se as enxertias que foram do tipo hipocotiledonar, conforme MORAES e FRANCO (1973). Para efetuar a operação, utilizou-se um estilete afiado, fita veda-rosca para fixação do enxerto e um pequeno aparelho adaptado para fazer incisão longitudinal das plântulas.

Após a enxertia, as plantas enxertadas juntamente com as não enxertadas (pés-francos) foram transplantadas em caixas, contendo areia lavada e mantidas em câmara de nebulização fechada por um período de 12 dias para facilitar o pegamento das mudas. Depois deste período retiraram-se as plantas da câmara, colocando-as em uma área aberta, onde permaneceram por mais 15 dias para aclimação. Neste local, as mudas passaram por irrigações periódicas. Depois de aclimatadas retiraram-se as fitas protetoras dos enxertos (veda-rosca) e as plantas foram levadas para casa de vegetação para montagem do experimento.

Preparo do substrato e enchimento dos vasos

O substrato utilizado foi areia peneirada, lavada e tratada com HCl (Muriático) concentrado 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⁺, deixando o substrato com pH 6,0 no final da purificação.

Foram utilizados vasos cilíndricos com capacidade de três litros. Estes foram perfurados no fundo, colocando-se uma mangueira de 1/2 polegada para fazer a ligação com o recipiente coletor da solução nutritiva, de acordo com o método circulante de solução nutritiva (MARTINEZ, 1999).

O enchimento dos vasos seguiram as seguintes etapas: dentro de cada vaso foi colocado um pedaço de sombrite no fundo sobre a perfuração para evitar perda de substrato através da mangueira, colocou-se, também, uma

camada de 2,0 cm de pedras pequenas na parte inferior do vaso para facilitar a drenagem da solução nutritiva e depois completou-se o restante do vaso com areia fina até 2,0 cm da borda superior.

Preparo da solução nutritiva e plantio das mudas

Os sais foram pesados para o preparo das soluções concentradas (estoque). A solução utilizada foi de CLARCK (1975) modificada, usando-se $\text{N-NO}_3^- = 5,7 \text{ mmol.L}^{-1}$, $\text{N-NH}_4^+ = 1,0 \text{ mmol.L}^{-1}$, $\text{P-H}_2\text{PO}_4^- = 0,1 \text{ mmol.L}^{-1}$, $\text{K}^+ = 2,4 \text{ mmol.L}^{-1}$, $\text{Ca}^{++} = 1,2 \text{ mmol.L}^{-1}$, $\text{Mg}^{++} = 0,6 \text{ mmol.L}^{-1}$, $\text{S-SO}_4^- = 0,7 \text{ mmol.L}^{-1}$, $\text{B} = 19 \mu \text{ mol.L}^{-1}$, $\text{Cu} = 0,5 \mu \text{ mol.L}^{-1}$, $\text{Fe} = 40 \mu \text{ mol.L}^{-1}$, $\text{Mn} = 7 \mu \text{ mol.L}^{-1}$, $\text{Mo} = 0,086 \mu \text{ mol.L}^{-1}$, $\text{Zn} = 2,0 \mu \text{ mol.L}^{-1}$.

O plantio foi realizado colocando-se uma planta por vaso no estádio “orelha de onça” (primeiro par de folhas expandidas). As plantas foram transplantadas no centro do vaso, de maneira que a região do enxerto não ficasse submersa. As bancadas e os vasos foram revestidos externamente com lona preta de maneira que os vasos e os recipientes coletores da solução nutritiva não tivessem a entrada de luz, evitando, assim, a proliferação de algas. A parte superior da estufa foi recoberta com sombrite com malha de 50% para amenizar a insolação e a temperatura da casa de vegetação.

Cada vaso recebeu 2L de solução nutritiva e à medida que ocorria diminuição do volume da solução, devido à evapotranspiração, fazia-se uma reposição com água deionizada até completar novamente os 2,0L. A circulação da solução nutritiva foi duas vezes ao dia, sendo o processo manual. No decorrer do experimento, a cada mês, a força da solução (concentração do nutriente) foi aumentada para 1,5 x, 2,5 x, 3,0 x, respectivamente, da solução inicial. O pH das soluções foi mantido a $5,5 \pm 0,5$ mediante ajustes diários com NaOH 1N durante o período experimental. As trocas das soluções foram feitas periodicamente, quando a condutividade elétrica atingia $60\% \pm 10\%$ da concentração inicial utilizada.

Coleta do experimento e avaliações

Após 170 dias do transplântio em vaso, avaliou-se a altura das plantas e o número de nós. Posteriormente, as plantas foram cortadas na altura do colo e a parte aérea separada em caule e folha, sendo as folhas submetidas à medição da área foliar por meio do integrador “area meter” modelo 3100.

As raízes foram retiradas com cuidado do substrato, lavadas em água corrente e enxugadas em papel-toalha para efetuar a medição de volume de raiz em proveta. Após a avaliação do volume, enxugaram-se novamente as raízes em papel-toalha para medição do peso fresco. De cada raiz, retirou-se uma amostra de aproximadamente 7% do peso fresco, a qual foi submetida à estimativa de comprimento total radicular pelo método da intercepção de linha descrita por TENNANT (1975). Com o comprimento de raiz e diâmetro médio, efetuou-se o cálculo de superfície radicular segundo BOHM (1979). Para este autor, a medida de superfície de raiz é importante, pois permite diferenciar raízes grossas das finas e, dessa maneira, é capaz de promover estimativas da absorção de nutrientes e água. O restante do material foi seco em estufa com ventilação forçada a 70°C, até atingir peso constante e posteriormente avaliou-se a produção de matéria seca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparação entre pé-franco e plantas enxertadas

Com relação à altura de planta (AP), as combinações Catuaí 15/Apoatã e H 514-5-5-3/M.Novo aumentaram significativamente a altura da planta, quando comparadas com os respectivos pés-francos Catuaí 15 e H 514-5-5-3. As combinações Oeiras/Apoatã, Oeiras/Conillon M.1, Oeiras/Emcapa 8141, H 419-10-3-1-5/Conillon M.1, H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141, H 514-5-5-3/Conillon M.1 e H 514-5-5-3/Emcapa 8141 reduziram a altura da planta (Quadro 1).

Maior crescimento em altura é desejável desde que a planta converta esta característica em produtividade. FAHL e CARELLI (1985) observaram que cultivares de Mundo Novo LCM 376-4 (*C. arabica*) enxertadas sobre LCM 2258 (*C. canephora*) apresentavam altura superior às de pé-franco, a

partir de 70 dias após o transplante. O maior crescimento da planta pode ser devido as características fisiológicas, como maior eficiência de absorção ou de utilização de nutrientes e também características genéticas. Adicionalmente, maior crescimento da parte aérea pode acarretar aumento da área foliar, podendo favorecer a produção de fotoassimilados e conseqüente aumento de produção (FAHL et al., 1998).

Analisando a variável número de nós (NN), observou-se que as enxertias: Catuaí 15/Conillon M.1, Catuaí 15/Emcapa 8141, Oeiras/Emcapa 8141 e H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141 tiveram diminuição significativa do número de nós; as outras combinações não tiveram aumentos significativos (Quadro1).

A diminuição do número de nós resulta na diminuição dos ramos plagiotrópicos; com isto a planta terá um menor número de ramificações laterais, podendo reduzir a produção. A diminuição do número de nós, observada em algumas enxertias, pode estar relacionada à diminuição do crescimento do caule ocorrida. Segundo RENA e MAESTRI (1985), o crescimento relevante é aquele comprometido com a formação de nós e não com a extensão dos entrenós.

Para a variável área foliar (AF), observou-se que apenas as combinações H 514-5-5-3/Apoatã e H 514-5-5-3/M.Novo tiveram aumentos significativos; já os porta-enxertos Conillon M.1 e Emcapa 8141 proporcionaram diminuição da área foliar nas enxertias com Oeiras, H 419-10-3-1-5 e H 514-5-5-3. As combinações Oeiras/Apoatã e H 419-10-3-1-5/ Apoatã também tiveram diminuições significativas (Quadro 2).

O aumento da área fotossintética do H 514-5-5-3/Apoatã e H 514-5-5-3/M.Novo pode estar associado à maior eficiência nutricional dos porta-enxertos Apoatã e Mundo Novo quando comparados com o pé-franco H 514-5-5-3. Com uma maior área foliar, a planta terá maior capacidade de produzir e de armazenar fotoassimilados em sua copa, o que posteriormente poderá minimizar efeitos de depauperamento (RENA e MAESTRI,1985). Estudando combinações de enxerto e porta-enxerto, ALVES (1986) observou que o Catimor, utilizando o sistema radicular de outros porta-enxertos (Catuaí, Mundo Novo e Caturra) em relação ao pé-franco, apresentava aumento significativo na taxa de crescimento da área foliar.

Quadro 1 - Valores médios da altura de planta (AP) e número de nós (NN) dos genótipos de café não enxertados (NE) e enxertados (EN) em diversas combinações, em solução nutritiva

CONTRASTES			AP		NN	
Mudas de pé-franco	vs	Mudas enxertadas	NE	EN	NE	EN
			----- cm -----		----- nº nó / planta -----	
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Apoatã	18,15 [*]	26,96	9,25 ^{ns}	8,50
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Conillon	18,15 ^{ns}	16,13	9,25 [*]	8,00
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/M.Novo	18,15 ^{ns}	19,37	9,25 ^{ns}	8,75
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Emcapa 8141	18,15 ^{ns}	15,37	9,25 [*]	7,75
Oeiras	vs	Oeiras/Apoatã	23,63 [*]	18,00	8,75 ^{ns}	8,25
Oeiras	vs	Oeiras/Conillon M.1	23,63 [*]	15,80	8,75 ^{ns}	8,25
Oeiras	vs	Oeiras/M.Novo	23,63 ^{ns}	23,05	8,75 ^{ns}	8,00
Oeiras	vs	Oeiras/Emcapa 8141	23,63 [*]	16,25	8,75 [*]	7,50
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Apoatã	23,85 ^{ns}	21,63	9,25 ^{ns}	8,25
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Conillon M.1	23,85 [*]	15,15	9,25 ^{ns}	8,25
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/M.Novo	23,85 ^{ns}	26,33	9,25 ^{ns}	8,75
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141	23,85 [*]	15,00	9,25 [*]	7,75
H 514 -5-5-3	vs	H 514 -5-5-3/Apoatã	22,68 ^{ns}	25,02	7,75 ^{ns}	8,50
H 514 -5-5-3	vs	H 514 -5-5-3/Conillon M.1	22,68 [*]	14,30	7,75 ^{ns}	7,75
H 514 -5-5-3	vs	H 514 -5-5-3/M.Novo	22,68 [*]	30,88	7,75 ^{ns}	8,75
H 514 -5-5-3	vs	H 514 -5-5-3/Emcapa 8141	22,68 [*]	15,48	7,75 ^{ns}	7,50
G.L. Resíduo 93			QMR= 11,04	CV = 16,4	QMR= 0,55	CV = 9,0

* e ^{ns} diferença entre médias significativa e não significativa, respectivamente, pelo teste ' t ' de Student ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao volume de raiz (VR), o porta-enxerto M.Novo foi o que teve melhor desempenho, proporcionando um efeito significativo quando combinado com H 514-5-5-3. Os porta-enxertos Conillon M.1 e Emcapa 8141 mostraram-se ineficientes, acarretando diminuições significativas em praticamente todas as combinações de enxertias. O volume do sistema radicular da combinação Oeiras/Apoatã, também, foi inferior ao pé-franco (Quadro 2).

O Mundo Novo por apresentar porte alto e um sistema radicular bem desenvolvido proporcionou à combinações de enxertia com H 514-5-5-3 um aumento do volume de raiz. Segundo RAMOS et al. (1982), a planta com um maior sistema radicular é capaz de explorar maior volume de solo, com reflexos na absorção de água e de nutrientes, sendo possível que a produtividade seja aumentada.

Avaliando a superfície de raiz, observou-se que houve grande similaridade desta com o volume de raiz. A combinação de enxertia H 514/M.Novo apresentou aumento significativo na área do sistema radicular. As combinações Oeiras/Apoatã e H 419-10-3-1-5/Apoatã reduziram a superfície de raiz. Para os outros tratamentos, verificou-se que todas as enxertias combinadas com o porta-enxerto Conillon-M1 tiveram diminuição da superfície radicular (Quadro 3).

A medida de superfície de raiz é importante, pois permite diferenciar raízes grossas das finas e, dessa maneira, é capaz de promover estimativas da absorção de nutrientes e água (BOHM, 1979).

A similaridade da superfície de raiz com o volume de raiz pode ser devida ao fato das plantas terem sido analisadas no estágio de muda, no qual a diferenciação radicular ainda é pequena. No entanto, observa-se que o aumento da superfície de raiz da combinação H 514-5-5-3/M.Novo pode ser devida ao melhor desenvolvimento do sistema radicular do porta-enxerto Mundo Novo. Este fato foi observado por ALVES (1986) e AGUILAR (1987) quando utilizavam o Catimor, enxertado sobre Catuaí e Mundo Novo, e verificaram que o melhor desempenho do Catimor era devido ao melhor sistema radicular desses dois porta-enxertos.

Quadro 2 - Valores médios de área foliar (AF) e volume de raiz (VR) dos genótipos de café não enxertados (NE) e enxertados (EN) em diversas combinações, em solução nutritiva

CONTRASTES			AF		VR	
Mudas de pé-franco	vs	Mudas enxertadas	NE	EN	NE	EN
			----- cm ² -----		----- cm ³ -----	
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Apoatã	412,16 ^{ns}	470,54	9,25 ^{ns}	8,50
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Conillon M.1	412,16 ^{ns}	293,89	9,25 [*]	3,63
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/M.Novo	412,16 ^{ns}	495,03	9,25 ^{ns}	11,25
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Emcapa 8141	412,16 ^{ns}	278,42	9,25 ^{ns}	5,50
Oeiras	vs	Oeiras/Apoatã	614,79 [*]	338,70	14,25 [*]	6,75
Oeiras	vs	Oeiras/Conillon M.1	614,79 [*]	232,71	14,25 [*]	3,75
Oeiras	vs	Oeiras/M.Novo	614,79 ^{ns}	585,16	14,25 ^{ns}	14,00
Oeiras	vs	Oeiras/Emcapa 8141	614,79 [*]	242,68	14,25 [*]	3,25
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Apoatã	526,64 [*]	374,94	9,50 ^{ns}	8,00
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Conillon M.1	526,64 [*]	196,32	9,50 [*]	3,50
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/M.Novo	526,64 ^{ns}	552,13	9,50 ^{ns}	12,50
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141	526,64 [*]	246,70	9,50 [*]	3,25
H 514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Apoatã	381,29 [*]	542,39	8,00 ^{ns}	9,00
H 514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Conillon M.1	381,29 [*]	161,95	8,00 [*]	1,75
H 514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/M.Novo	381,29 [*]	634,58	8,00 [*]	12,50
H 514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Emcapa 8141	381,29 ^{ns}	244,58	8,00 [*]	3,50
G.L. Resíduo 93			QMR= 11503,79	CV = 26,3	QMR= 8,92	CV = 36,7

* e ^{ns} diferença entre médias significativa e não significativa, respectivamente, pelo teste ' t ' de Student ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 3 - Valores médios da superfície de raiz (SR) dos genótipos de café não enxertados (NE) e enxertados (EN) em diversas combinações, em solução nutritiva

CONTRASTES			SR	
Mudas de pé-franco	vs	Mudas enxertadas	NE	EN
			----- cm ² -----	
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Apoatã	3119,34 ^{ns}	3100,32
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Conillon M.1	3119,34 [*]	1457,85
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/M.Novo	3119,34 ^{ns}	4162,55
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Emcapa 8141	3119,34 ^{ns}	2516,56
Oeiras	vs	Oeiras/Apoatã	5687,77 [*]	2491,72
Oeiras	vs	Oeiras/Conillon M.1	5687,77 [*]	1346,16
Oeiras	vs	Oeiras/M.Novo	5687,77 ^{ns}	4294,00
Oeiras	vs	Oeiras/Emcapa 8141	5687,77 [*]	1533,41
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Apoatã	3337,11 ^{ns}	3115,64
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Conillon M.1	3337,11 [*]	1242,93
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/M.Novo	3337,11 ^{ns}	4085,05
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141	3337,11 [*]	1744,39
H 514 -5-5-3	vs	H 514 -5-5-3/Apoatã	2870,93 ^{ns}	3519,98
H 514 -5-5-3	vs	H 514 -5-5-3/Conillon M.1	2870,93 [*]	895,05
H 514 -5-5-3	vs	H 514 -5-5-3/M.Novo	2870,93 ^{ns}	4324,51
H 514 -5-5-3	vs	H 514 -5-5-3/Emcapa 8141	2870,93 ^{ns}	1671,22
G.L. Resíduo 93			QMR= 1171835,00	CV = 35,9

* e ^{ns} diferença entre médias significativa e não significativa, respectivamente, pelo teste ' t ' de Student ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável peso da matéria seca de raiz (PMSR), as combinações H 514-5-5-3/Apoatã e H 514-5-5-3/M.Novo mostraram superioridade quando comparadas com o pé-franco. As combinações Catuaí 15/Conillon M.1, Oeiras/Apoatã, Oeiras/Conillon M.1, Oeiras/Emcapa 8141, H 419-10-3-1-5/Conillon M.1, H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141 foram inferiores ao PMSR do pé-franco (Quadro 4).

Em condições de campo, o sistema radicular é considerado fator de grande importância na produção. Segundo RAMOS e LIMA (1980), RAMOS et al. (1982) e FAGERIA (1998), o sistema radicular extensivo pode explorar maior volume de solo e absorver mais água e nutrientes e, assim, influenciar a produtividade.

IANNINI (1984), avaliando a importância do porta-enxerto em viticultura, observou que há uma grande variação em vigor entre os porta-enxertos, em consequência das diferentes exigências nutricionais e da capacidade de absorção de água e nutrientes, pois suas raízes apresentam uma seletividade na absorção de íons.

Para a variável peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA), houve aumentos significativos nas combinações de enxertia H 514-5-5-3/Apoatã e H 514-5-5-3/Mundo Novo. As combinações Oeiras/Apoatã, Oeiras/Conillon M.1, Oeiras/Emcapa 8141, H 419-10-3-1-5/Conillon M.1, H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141 e H 514-5-5-3/Conillon tiveram redução no peso da matéria seca da parte aérea (Quadro 4).

Em condições de hidroponia o aumento do PMSPA pode estar associado à maior eficiência nutricional do porta-enxerto. Em trabalhos realizados por CORREIA et al. (1983), de extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí, pode ser observado através dos cálculos de eficiência de utilização que a cultivar Mundo Novo é mais eficiente na utilização de N que o Catuaí. Essa maior eficiência pode ser atribuída à maior produção de biomassa na parte aérea no Mundo Novo. ALBUQUERQUE e DECHEN (2000), em estudo com videiras, observaram que porta-enxertos vigorosos e eficientes na extração de nutrientes apresentavam maior produção de matéria seca da parte aérea. Portanto, essa pode ser uma característica importante a ser expressa na enxertia.

Quadro 4 - Valores médios do peso da matéria seca da raiz (PMSR) e da parte aérea (PMSPA), dos genótipos de café não enxertados (NE) e enxertados (EN) em diversas combinações, em solução nutritiva

CONTRASTES			PMSR		PMSPA	
Mudas de pé-franco	vs	Mudas enxertadas	NE	EN	NE	EN
			----- g planta ⁻¹ -----			
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Apoatã	1,05 ^{ns}	1,16	3,69 ^{ns}	4,45
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Conillon M.1	1,05 [*]	0,54	3,69 ^{ns}	2,66
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/M.Novo	1,05 ^{ns}	1,30	3,69 ^{ns}	4,20
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Emcapa 8141	1,05 ^{ns}	0,90	3,69 ^{ns}	2,38
Oeiras	vs	Oeiras/Apoatã	1,73 [*]	1,02	5,59 [*]	3,32
Oeiras	vs	Oeiras/Conillon M.1	1,73 [*]	0,63	5,59 [*]	2,06
Oeiras	vs	Oeiras/M.Novo	1,73 ^{ns}	1,59	5,59 ^{ns}	5,29
Oeiras	vs	Oeiras/Emcapa 8141	1,73 [*]	0,55	5,59 [*]	2,13
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Apoatã	1,04 ^{ns}	1,08	4,32 ^{ns}	3,18
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Conillon M.1	1,04 [*]	0,48	4,32 [*]	1,71
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/M.Novo	1,04 ^{ns}	1,45	4,32 ^{ns}	5,01
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141	1,04 [*]	0,56	4,32 [*]	2,04
H 514 -5-5-3	vs	H 514 -5-5-3/Apoatã	0,94 [*]	1,39	3,37 [*]	5,04
H 514 -5-5-3	vs	H 514 -5-5-3/Conillon M.1	0,94 [*]	0,37	3,37 [*]	1,48
H 514 -5-5-3	vs	H 514 -5-5-3/M.Novo	0,94 [*]	1,43	3,37 [*]	5,60
H 514 -5-5-3	vs	H 514 -5-5-3/Emcapa 8141	0,94 ^{ns}	0,55	3,37 ^{ns}	2,08
G.L. Resíduo 93			QMR= 0,11	CV = 31,06	QMR= 0,90	CV = 25,96

* e ^{ns} diferença entre médias significativa e não significativa, respectivamente, pelo teste ' t ' de Student ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 5 - Peso de matéria seca total (PMST) e relação peso da matéria seca da raiz com peso da matéria seca da parte aérea (PMSR/PMSPA) dos genótipos de café não enxertados (NE) e enxertados (EN) em diversas combinações, em solução nutritiva

CONTRASTES			PMST		PMSR/PMSPA	
Mudas de pé-franco	vs	Mudas enxertadas	NE	EN	NE	EN
			----- g planta ⁻¹ -----			
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Apoatã	4,74 ^{ns}	5,61	0,28 ^{ns}	0,26
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Conillon M.1	4,74 ^{ns}	3,19	0,28 ^{ns}	0,20
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/M.Novo	4,74 ^{ns}	5,51	0,28 ^{ns}	0,31
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Emcapa 8141	4,74 ^{ns}	3,28	0,28 ^{ns}	0,38
Oeiras	vs	Oeiras/Apoatã	7,32 [*]	4,34	0,31 ^{ns}	0,31
Oeiras	vs	Oeiras/Conillon M.1	7,32 [*]	2,68	0,31 ^{ns}	0,31
Oeiras	vs	Oeiras/M.Novo	7,32 ^{ns}	6,88	0,31 ^{ns}	0,30
Oeiras	vs	Oeiras/Emcapa 8141	7,32 [*]	2,67	0,31 ^{ns}	0,26
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Apoatã	5,35 ^{ns}	4,27	0,24 ^{ns}	0,34
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Conillon M.1	5,35 [*]	2,19	0,24 ^{ns}	0,28
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/M.Novo	5,35 ^{ns}	6,46	0,24 ^{ns}	0,29
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141	5,35 [*]	2,59	0,24 ^{ns}	0,27
H 514 -5-5-3	vs	H 514 -5-5-3/Apoatã	4,23 [*]	6,43	0,28 ^{ns}	0,28
H 514 -5-5-3	vs	H 514 -5-5-3/Conillon M.1	4,23 [*]	1,85	0,28 ^{ns}	0,25
H 514 -5-5-3	vs	H 514 -5-5-3/M.Novo	4,23 [*]	7,03	0,28 ^{ns}	0,26
H 514 -5-5-3	vs	H 514 -5-5-3/Emcapa 8141	4,23 ^{ns}	2,62	0,28 ^{ns}	0,26
G.L. Resíduo 93			QMR=1,44	CV = 25,5	QMR= 0,46	CV =26,7

* e ^{ns} diferença entre médias significativa e não significativa, respectivamente, pelo teste ' t ' de Student ao nível de 5% de probabilidade.

Os porta-enxertos Mundo Novo e Apatã proporcionaram aumentos no peso da matéria seca total (PMST) na linhagem H 514-5-5-3. Os outros porta-enxertos não proporcionaram melhoria nas combinações de enxertias (Quadro 5). A maior produção de biomassa total para o H 514-5-5-3 pode estar relacionada com o aumento do PMSR, proporcionado pelos porta-enxertos Apatã e Mundo Novo e em consequência a melhoria do PMSPA.

Para a relação peso da matéria seca da raiz sobre peso da matéria seca da parte aérea (PMSR/PMSPA) não houve diferenças significativas das comparações de enxertias e pés-francos (Quadro 5).

Capacidade geral de combinação de enxerto e porta-enxerto

De acordo com a análise dialéctica, houve diferenças significativas pelo teste F, ao nível de 1% de probabilidade, para os caracteres altura de planta (AP), número de nós (NN), área foliar (AF), volume de raiz (VR), superfície de raiz (SR), peso da matéria seca da raiz (PMSR), peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA) e peso da matéria seca total (PMST) na avaliação da capacidade geral de combinação (C.G.C) do porta-enxerto. Para os enxertos, verificou-se que não houve resultados significativos nas variáveis estudadas (Quadros 6,7,8).

Para as características aqui avaliadas, os valores positivos da capacidade geral de combinação indicam que o genótipo estudado teve uma performance superior aos que tiveram valores negativos.

As variedades Apatã e Mundo Novo, utilizadas como porta-enxertos, apresentaram valores positivos em todas as variáveis com destaque para o Mundo Novo, o qual teve efeitos superiores em todas as características. Os porta-enxertos Conillon M.1 e Emcapa 8141 não proporcionaram efeitos satisfatórios nas variáveis estudadas (Quadros 6 e 7). Assim sendo, os resultados demonstraram maior eficiência dos genótipos Mundo Novo e Apatã como porta-enxertos, pois apresentaram possibilidades na melhoria das combinações de enxertias com Catuaí 15 e H 514-5-5-3 em grande parte dos caracteres estudados. Os genótipos H 419-10-3-1-5 e Oeiras, quando utilizados como pés-francos demonstraram ser altamente eficientes no crescimento, não sendo beneficiados pela enxertia.

Quadro 6 - Resumo da análise de variância e estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (C.G.C.) de mudas de cafeeiros enxertadas e não enxertadas para as variáveis altura de planta (AP), número de nós (NN) e área foliar (AF)

F.V	GL	QM		
		AP	NN	AF
Tratamento	23	96,156**	1,471 ^{ns}	87121,015**
Pé-franco	7	70,541**	3,196**	64454,787**
Enxerto (E)	3	28,425 ^{ns}	2,000*	46180,774*
Porta-enxerto (P.e.)	3	128,856**	3,417**	85160,385**
E vs P.e.	1	21,945 ^{ns}	6,125**	57160,031**
Pé-franco vs Enxertia	1	53,078**	0,520 ^{ns}	114585,984**
Enxertia	15	110,982**	0,729 ^{ns}	95867,591**
C.G.C. (E)	3	27,037 ^{ns}	0,229 ^{ns}	10816,536 ^{ns}
C.G.C. (P.e.)	3	393,434**	2,688**	417553,787**
C.E.C. (E x P.e.)	9	44,812**	0,243 ^{ns}	16989,210 ^{ns}
Resíduo	93	11,036	0,547	11503,794
Efeito da capacidade geral de combinação dos enxertos				
		AP	NN	AF
Catuaí 15		- 0,210	0,094	16,299
Oeiras		- 1,395	- 0,156	- 18,358
H 419-10-3-1-5		- 0,145	0,094	- 25,647
H 514-5-5-3		1,749	- 0,031	27,706
Erro padrão (Gi):		0,719	0,160	23,222
Efeito da capacidade geral de combinação dos porta-enxertos				
		AP	NN	AF
Apoatã LC 2258		3,234	0,219	63,475
Conillon M.1		- 4,326	- 0,094	- 146,955
Mundo Novo		5,237	0,407	198,555
Emcapa 8141		- 4,145	- 0,532	- 155,076
Erro padrão (Gi):		0,719	- 0,160	23,222

* e ** - significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.
ns - não-significativo.

Quadro 7 - Resumo da análise de variância e estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (C.G.C.) de mudas de cafeeiros enxertadas e não enxertadas para as variáveis volume de raiz (VR) e superfície de raiz (SR)

F.V	GL	QM	
		VR	SR
Tratamento	23	55,203**	5838344,243**
Pé-franco	7	35,477*	5376551,240**
Enxerto (E)	3	30,166*	6794532,394**
Porta-enxerto (P.e.)	3	25,520*	2430367,341 ^{ns}
E vs P.e.	1	81,281**	9961159,475**
Pé-franco vs Enxertia	1	64,751**	7731835,169**
Enxertia	15	63,772**	5927614,917**
C.G.C. (E)	3	0,826 ^{ns}	427821,999 ^{ns}
C.G.C. (P.e.)	3	301,764**	27849691,387**
C.E.C. (E x P.e.)	9	5,424 ^{ns}	453520,399 ^{ns}
Resíduo	93	8,916	1171836,302
Efeito da capacidade geral de combinação dos enxertos			
		VR	SR
Catuaí 15		0,304	215,487
Oeiras		0,023	- 177,511
H 419-10-3-1-5		- 0,102	- 46,831
H 514-5-5-3		- 0,227	8,855
Erro padrão (Gi):		0,646	234,371
Efeito da capacidade geral de combinação dos porta-enxertos			
		VR	SR
Apoatã LC 2258		1,148	463,083
Conillon M.1		- 0,758	- 1358,338
Mundo Novo		5,648	1622,691
Emcapa 8141		- 3,039	- 727,436
Erro padrão (Gi):		0,646	234,371

* e ** - significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

ns - não-significativo.

Quadro 8 - Resumo da análise de variância e estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (C.G.C.) de mudas de cafeeiros enxertadas e não enxertadas para as variáveis peso da matéria seca da raiz (PMSR), peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA), peso da matéria seca total (PMST) e relação peso da matéria seca da raiz / peso da matéria seca da parte aérea (PMSR/PMSPA)

F.V	GL	QM			
		PMSR	PMSPA	PMST	PMSR/PMSPA
Tratamento	23	0,593 **	7,401 **	11,969 **	0,005 ns
Pé-franco	7	0,413 *	5,188 **	8,283 **	0,003 ns
Enxerto (E)	3	0,532 **	3,859 **	7,101 **	0,004 ns
Porta-enxerto (P.e.)	3	0,305 *	7,789 **	11,159 **	0,003 ns
E vs P.e.	1	0,381 *	1,374 ns	3,202 ns	0,004 ns
Pé-franco vs Enxertia	1	0,422 *	11,823 **	16,713 **	0,007 ns
Enxertia	15	0,688 **	8,139 **	13,372 **	0,006 ns
C.G.C. (E)	3	0,018 ns	0,987 ns	1,182 ns	0,005 ns
C.G.C. (P.e.)	3	3,115 **	34,885 **	58,786 **	0,002 ns
C.E.C. (E x P.e.)	9	0,103 ns	1,608 ns	2,298 ns	0,007 ns
Resíduo	93	0,105	0,900	1,435	0,005
Efeito da capacidade geral de combinação dos enxertos					
		PMSR	PMSPA	PMST	PMSR/PMSPA
Catuaí 15		0,371	0,133	0,171	0,012
Oeiras		0,010	-0,091	-0,081	0,009
H 419-10-3-1-5		-0,044	-0,302	-0,346	0,007
H 514-5-5-3		-0,003	0,250	0,257	-0,028
Erro padrão (Gi):		0,701	0,205	0,259	0,147
Efeito da capacidade geral de combinação dos porta-enxertos					
		PMSR	PMSPA	PMST	PMSR/PMSPA
Apoatã LC 2258		0,226	0,710	0,936	0,009
Conillon M.1		-0,432	-1,314	-1,746	-0,017
Mundo Novo		0,506	1,739	2,245	0,001
Emcapa 8141		-0,300	-1,134	-1,434	0,007
Erro padrão (Gi):		0,701	0,205	0,259	0,147

* e ** - significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.
ns - não-significativo.

CONCLUSÕES

1. A enxertia em cultivo hidropônico mostrou que nem todo porta-enxerto de *Coffea canephora* pode ser utilizado com vantagens na enxertia.
2. A utilização dos porta-enxertos Apatã LC 2258 e Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32 conferiu aumento na altura das plantas dos genótipos de Catuaí Vermelho IAC 15 e H 514-5-5-3.
3. Os porta-enxertos Apatã LC 2258 e Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32 proporcionaram aumento da área foliar do genótipo H 514-5-5-3.
4. Houve aumento no volume de raiz na substituição do sistema radicular do H 514-5-5-3 pelo sistema do Mundo Novo.
5. Houve aumento nas variáveis PMSR, PMSPA e PMST das combinações de enxertias H 514-5-5-3/Apatã e H 514-5-5-3/M.Novo quando comparadas com os pés-francos.
6. As variedades de *Coffea canephora* Conillon M.1 e Emcapa 8141, utilizadas como porta-enxertos, não proporcionaram melhoria nas combinações de enxertias, ocasionando efeitos negativos na maioria das características avaliadas.
7. A cultivar Oeiras MG 6851 e a linhagem H 419-10-3-1-5 mostraram ser plantas altamente vigorosas quando utilizadas como pés-francos, não sendo beneficiadas por nenhuma enxertia.
8. A análise dialélica indicou que os melhores efeitos da capacidade geral de combinação foram para os porta-enxertos Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32 e Apatã LC 2258, com maior destaque para o Mundo Novo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, M.A.G. **Influência de diferentes porta-enxertos de *Coffea* spp., no crescimento e na seca dos ramos em progênies de Catimor (*Coffea arabica* L.)**. Lavras: ESAL, 1987. 70p. (Mestrado). Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1987.
- ALBUQUERQUE, T.C.S., DECHEN, A.R. Absorção de macronutrientes por porta-enxertos e cultivares de videira em hidroponia. **Sci. Agricola**, v.57, n.1, 2000.

- 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.
- BOHM, W. **Methods of studying root systems.** New York: Springer-Verlag, 1979, 188p.
- CLARK, R.B. Characterization of phosphatase of intact morize roots. **J. Agric. Food Chem.**, v.23, p.458-460, 1975.
- CORREIA, J.B., GARCIA, A.W.R., COSTA, P.C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1983. p. 117-83.
- 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. **Nem. Bras.**, v.15, n.1, p. 43-50, 1991.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: Aplicativo computacional em Genética e Estatística.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- FAGERIA, N.K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental.** v.2, n.1, p.6-16, 1998.
- 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 *C. 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.
- 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.
- IANNINI, B. Importanza e funzioni del portinnesto nella viticoltura moderna. **Riv. Vitic. Enol.**, n.7-8, p.394-419, 1984.

- LELES, P.S.S. **Crescimento, alocação de biomassa e distribuição de nutrientes e uso da água em *E. camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos.** Viçosa: UFV, 1995. 133p. (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- MARTINEZ, H. E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa.** Viçosa: UFV, 1999. 46p.
- MORAES M.V., FRANCO, C.M. Método expedito para enxertia em café. Rio de Janeiro, **Inst. Bras. de Café**, 1973. 8p.
- RAMOS, L.C.S., LIMA, M.M.A. Avaliação da superfície relativa do sistema radicular de cafeeiros. **Bragantia**, v.39, n.1, p.1-5, 1980.
- RAMOS, L.C.S., LIMA., M.M.A., CARVALHO, A. Crescimento do sistema radicular e da parte aérea em plantas jovens de cafeeiros. **Bragantia**, v.41, n.9, p.91-99, 1982.
- RENA, A.B., MAESTRI, M., Fisiologia do cafeeiro. **Inf. Agropec.**, v.11, n.126, p.26-40, 1985.
- 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).
- TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **J. Applied Ecol.**, v.63, p.995-1001, 1975.

EFICIÊNCIA NUTRICIONAL DE MUDAS DE *Coffea arabica* EM CULTIVO HIDROPÔNICO, INFLUENCIADA PELO PORTA-ENXERTO.

RESUMO

O estudo da eficiência nutricional de plantas enxertadas de cafeeiro pode ser de grande importância na seleção de plantas, que tenham pleno desenvolvimento e máxima produção, além da redução de custos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar em condições de hidroponia a eficiência nutricional de mudas de *Coffea arabica*, influenciada pelo porta-enxerto. O experimento foi instalado em casa de vegetação por um período de 170 dias, em vasos, contendo areia como substrato, e utilizando o método circulante de solução nutritiva. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados. Comparações entre médias foram realizadas pelo teste “ t ” de Student, a 5%. Foram adaptados modelos estatísticos de análise dialélica para avaliar a capacidade geral de combinação do enxerto e do porta-enxerto. Como enxerto foram utilizados quatro genótipos de *C. arabica*: as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 e as linhagens H 419-10-3-1-5, H 514-5-5-3. Como porta-enxerto foram empregados três genótipos de *Coffea canephora*: Apatã LC 2258, Conillon Muriaé-1, Robustão Capixaba (Emcapa 8141) e um genótipo de *Coffea arabica*: Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32. A enxertia em cultivo hidropônico mostrou que os porta-enxertos Apatã e Mundo Novo contribuíram para a maior eficiência de uso de nitrogênio dos genótipos de Catuaí 15 e H 514-5-5-3. O porta-enxerto Apatã proporcionou aumento no

uso de fósforo nas combinações com Catuaí Vermelho IAC 15 e H 514-5-5-3, quando comparado com seus respectivos pés-francos. A combinação de enxertia H 514-5-5-3/M.Novo teve aumento no uso de potássio, quando comparado com o pé-franco H 514-5-5-3. Os genótipos Oeiras e H 419-10-3-1-5 mostraram-se altamente eficientes no uso de N, P e K, quando utilizados como pés-francos. Os porta-enxertos Conillon M.1 e Emcapa 8141 não proporcionaram melhoria no uso de N, P e K nas combinações de enxertias. A análise dialélica indicou que os melhores efeitos da capacidade geral de combinação, na eficiência de uso de nutrientes, foram para os porta-enxertos Apatã e Mundo Novo.

Termos de indexação: *Coffea canephora*, enxertia, eficiência de uso e solução nutritiva.

SUMMARY: NUTRITIONAL EFFICIENCY OF COFFEA ARABICA YOUNG PLANTS IN HIDROPONIC CULTIVE, INFLUENCED BY THE ROOTSTOCKS

The studying of the nutritional efficiency of grafted coffee plants may be quite important on the selection of plants that has absolute development and maxim production, beyond the cost reduction. The current work had as objective, to evaluate at hidropony conditions the nutritional efficiency of Coffee arabica young plants, influenced by the rootstocks. The experiment was installed in greenhouse for a period of 170 days using the circulant method of nutritive solution, and sand as substratum. It was used the random blocks. Comparisons among means was made by the Student "t" test, at 5%. It were adapted diallel analysis statistic models to evaluate the rootstocks and grafts general combination capacity. As grafts were utilized the following genotypes of Coffea arabica L.: the varieties Catuaí Vermelho IAC 15 and Oeiras MG 6851 and the lines H 419-10-3-1-5, H 514-5-5-3. As rootstocks were utilized three genotypes of Coffea canephora Pierre et Froenher: Apatã LC 2258, Conillon Muriaé-1 and Robustão Capixaba (Emcapa 8141) and a genotype of coffea arabica L.: Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32.

Regarding the nutritional efficiency, the rootstocks Apatã and M. Novo contributed to the greatest efficiency of the genotypes of Catuaí 15 and H 514-5-5-3 nitrogen use. The rootstock Apatã provided phosphorus use enhancement at the combinations with Catuaí Vermelho IAC 15 and H 514-5-5-3. The grafting combination H 514-5-5-3/M. Novo reached potassium use enhancement when compared with no grafted plants. The genotypes of Coffea arabica Oeiras and H 419-10-3-15, showed to be highly efficient as no grafted plants, do not being benefited by anyone grafting. The Conilon M.1 and Emcapa 8141 rootstocks did not provide enhancement on the usage of N, P e K, at the grafting combinations. The diallel analysis indicated that the best effects of the general combination capacity, on the nutrient usage efficiency were reached with the rootstocks Apatã and M. Novo.

Index terms: Coffea canephora, grafting, use efficiency, nutritive solution

INTRODUÇÃO

A importância do café na economia mundial data do início do século XIX, ou seja, a partir do momento em que esteve freqüente nas pautas de exportação de grande número de países, que tiveram-no como principal fonte de divisas (CAIXETA, 1999).

A escolha criteriosa e adequada da cultivar de café a ser explorada é de grande importância para se elevar a capacidade produtiva e se ter sucesso econômico, desde que cultivadas em condições favoráveis. Outro fator importante na produtividade do cafeeiro é a sua nutrição mineral, que é um fator primordial para que a planta tenha pleno desenvolvimento e máxima produção (PEREIRA, 1999).

A exigência nutricional pode variar de acordo com as espécies e variedades de plantas cultivadas (FAGERIA, 1998). No entanto, observa-se que em condições em que a fertilidade do solo é igual, a nutrição e o crescimento de determinadas variedades de uma cultura podem ser superiores aos de outras (MARTINEZ et al., 1993). Assim, o controle genético da nutrição

mineral possibilita a seleção de plantas adaptadas a condições distintas de solo (CARADUS, 1990).

Em condições de limitação de água e nutrientes, o aumento da produtividade depende da eficiência das plantas em absorver e utilizar no seu crescimento (SANDS e MULLIGAN, 1990). Contudo deve-se averiguar se a eficiência nutricional de determinada espécie ou cultivar está relacionada com os processos ligados à aquisição do nutriente, à sua redistribuição interna ou à sua utilização no metabolismo (DUNCAN e BALIGAR, 1990). Assim, não basta a planta ser eficiente somente na absorção do nutriente, mas o deve ser também na utilização deste.

De acordo com FAGERIA e BALIGAR (1993), existem vários mecanismos e processos na planta, que contribuem para o uso eficiente de nutrientes. Esses mecanismos estão relacionados às características morfológicas (sistema radicular eficiente; alta relação entre raízes e parte aérea; e sistema radicular extensivo, explorando maior volume de solo.) e fisiológicas desejáveis (habilidade do sistema radicular na modificação da rizosfera para 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).

Alguns trabalhos têm sido realizados, objetivando estudar a extração de nutrientes pelo cafeeiro, mas quando se refere à enxertia nesta cultura, as pesquisas ainda são escassas. Fazendo estudo do efeito da enxertia na nutrição mineral do cafeeiro, ALVES (1986) observou que a utilização do genótipo Catimor como porta-enxerto, proporcionou acréscimos de P e K nas folhas de Mundo Novo e Caturra quando comparadas com plantas pé-franco.

FAHL et al. (1998), em experimento de enxertia de *Coffea arabica* L. sobre progênies de *C. canephora* Pierre et Froenher e de *C. congensis* Froenher, verificaram que as plantas enxertadas apresentavam maiores teores foliares de potássio e menores teores de manganês do que as não enxertadas. Em outras culturas, nas quais o processo de enxertia já é estudado a mais tempo como fruteiras, inúmeros trabalhos têm demonstrado a influência positiva da enxertia na absorção e na composição mineral (SMITH, 1975; ECONOMIDES, 1976; LIMA et al., 1980; GENÚ, 1985). Avaliando a absorção de macronutrientes por porta-enxertos em cultivares de videira em hidroponia,

ALBUQUERQUE e DECHEN (2000) observaram diferenças significativas nas concentrações de minerais de um mesmo enxerto, sobre diversos porta-enxertos. Portanto, a utilização de determinados porta-enxertos na cafeicultura, além da possibilidade de melhoria no vigor da planta, pode melhorar a eficiência no uso de nutrientes e adaptações às condições de solo e áreas com precipitação pluviométrica limitada, pelo fato de alguns porta-enxertos terem sistema radicular mais desenvolvido, podendo com isso aumentar a produtividade.

O uso do cultivo hidropônico em pesquisa é de grande importância, pois permite que se tenha um ambiente mais controlado, com maior homogeneidade nas características físicas, químicas e físico-químicas do substrato e maior uniformidade no ambiente radicular, permitindo, assim, uma avaliação mais precisa da nutrição das plantas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de uso de nitrogênio, fósforo e potássio em mudas enxertadas de cafeeiros, em cultivo hidropônico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa: MG, por um período de 170 dias, utilizando-se o processo hidropônico de cultivo em areia, com o método circulante de fornecimento da solução nutritiva (MARTINEZ, 1999).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 32 tratamentos e quatro repetições, sendo oito pés-francos (quatro enxertos e quatro porta-enxertos), oito auto-enxertias e dezesseis combinações de enxertia. As auto-enxertias foram efetuadas com o objetivo de avaliar o efeito do estresse do corte no crescimento das plantas. Uma vez não constatado o efeito acima, decidiu-se pela omissão destes valores neste trabalho, visando simplificar a confecção dos quadros e interpretação dos resultados. Comparações entre médias foram realizadas pelo teste “ t ” de Student, a 5% de probabilidade utilizando 20 tratamentos que correspondem aos pés-francos dos enxertos e às combinações das enxertias. Foram adaptados modelos

estatísticos de análise dialélica para avaliar a capacidade geral de combinação do enxerto e do porta-enxerto, utilizando 24 tratamentos que correspondem aos pés-francos e às combinações de enxertias. A análise dialélica foi adaptada, apenas, com propósito de identificar os melhores genótipos dos enxertos e porta-enxertos com relação à capacidade geral de combinação nas respectivas enxertias, e reforçar os resultados dos contrastes entre médias dos tratamentos. As análises foram feitas, utilizando-se o programa GENES – Aplicativo computacional em Genética e Estatística (CRUZ, 1997).

Foram utilizados no presente trabalho como enxertos, os seguintes genótipos de *Coffea arabica*: as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 e as linhagens H 419-10-3-1-5, H 514-5-5-3. Como porta-enxerto foram empregados três genótipos de *Coffea canephora*: Apatã LC 2258, Conillon Muriaé-1, Robustão Capixaba (Emcapa 8141) e um genótipo de *Coffea arabica*: Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32.

Preparo das mudas

A semeadura foi feita em caixas com areia fina a cada 10 dias, em um período de 40 dias para escalonar a obtenção de plântulas. As caixas foram colocadas em estufa até atingir o estágio “palito de fósforo”, o qual ocorreu 70 dias após a semeadura. Depois deste período, efetuaram-se as enxertias que foram do tipo hipocotiledonar, conforme MORAES e FRANCO (1973). Para realizar a operação utilizou-se um estilete afiado, fita veda-rosca para fixação do enxerto e um pequeno aparelho adaptado para fazer incisão longitudinal do hipocótilo das mudas.

Após a enxertia, as plantas enxertadas juntamente com as não enxertadas (pés-francos) foram transplantadas em caixas, contendo areia lavada, e mantidas em câmara de nebulização fechada por um período de 12 dias para facilitar o pegamento das mudas. Depois deste período, retiraram-se as plantas da câmara e colocaram-nas em ambiente aberto, onde permaneceram por 15 dias para aclimação. Neste local, as mudas passaram por irrigações periódicas. Depois de aclimatadas, retiraram-se as fitas protetoras dos enxertos (veda-rosca) e as mudas foram levadas para casa de vegetação para montagem do experimento.

Preparo do substrato e enchimento dos vasos

O substrato utilizado foi areia peneirada, lavada e tratada com HCl (Muriático) concentrado 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^+ , deixando o substrato com pH 6,0 no final da purificação.

Foram utilizados vasos cilíndricos com capacidade de 3 L. Estes foram perfurados no fundo, colocando-se uma mangueira de $1/2$ polegada para fazer a ligação com o recipiente coletor da solução nutritiva. O enchimento dos vasos com substrato seguiu as seguintes etapas: dentro de cada vaso foi colocado um pedaço de tela plástica tipo sombrite no fundo sobre a perfuração para evitar perda de material através da mangueira; colocou-se uma camada de 2,0 cm de pedras pequenas na parte inferior para facilitar a drenagem da solução nutritiva e depois foi completado o estante do vaso com a areia fina tratada, até 2,0 cm da borda superior.

Preparo da solução nutritiva e plantio das mudas

Foram preparadas as soluções concentradas após pesagem dos sais, utilizando-se as quantidades propostas por CLARCK (1975) modificada, usando-se $N-NO_3^- = 5,7 \text{ mmol.L}^{-1}$, $N-NH_4^+ = 1,0 \text{ mmol.L}^{-1}$, $P-H_2PO_4^- = 0,1 \text{ mmol.L}^{-1}$, $K^+ = 2,4 \text{ mmol.L}^{-1}$, $Ca^{++} = 1,2 \text{ mmol.L}^{-1}$, $Mg^{++} = 0,6 \text{ mmol.L}^{-1}$, $S-SO_4^- = 0,7 \text{ mmol.L}^{-1}$, $B = 19 \mu \text{ mol.L}^{-1}$, $Cu = 0,5 \mu \text{ mol.L}^{-1}$, $Fe = 40 \mu \text{ mol.L}^{-1}$, $Mn = 7 \mu \text{ mol.L}^{-1}$, $Mo = 0,086 \mu \text{ mol.L}^{-1}$, $Zn = 2,0 \mu \text{ mol.L}^{-1}$.

Realizou-se o plantio após a seleção quanto à uniformidade de tamanho e vigor da planta, colocando uma unidade por vaso no estádio “orelha de onça” (primeiro par de folhas expandidas), de maneira que o material ficasse no centro e com a região do enxerto não submersa na areia. As bancadas e os vasos foram revestidos externamente com lona preta de maneira que os vasos e os recipientes coletores da solução nutritiva não tivessem a entrada de luz evitando, assim, a proliferação de algas. A parte superior da estufa foi recoberta com sombrite com malha de 50% para amenizar a insolação e a temperatura da casa de vegetação.

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

Coleta do experimento e avaliações

A coleta foi efetuada 170 dias após transplante em vaso, dividindo a planta em raiz, caule e folha, ressaltando que em cada etapa as partes colhidas foram lavadas com água desmineralizada, secas em estufa com ventilação forçada a 70°C , até atingirem peso constante, quando se obteve a biomassa de cada uma das partes colhidas. Os tecidos vegetais secos foram triturados em moinho tipo Wiley e as amostras destinadas à determinação do N foram submetidas à digestão sulfúrica, sendo determinado por colorimetria, usando o reagente de Nessler (JACKSON, 1958). Para a determinação de P e K as amostras foram submetidas à digestão nitricoperclórica (JOHNSON e ULRICH, 1959) e a partir dos extratos obtidos, determinou-se o conteúdo P pelo método de colorimetria de fluxo contínuo e o K pelo método de fotometria de chama.

Após o conhecimento das concentrações de N, P e K, calculou-se o conteúdo dos nutrientes em cada segmento analisado. Para o estudo da eficiência nutricional foram utilizados conceitos propostos por diversos autores de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 - Modelos de eficiência nutricional, utilizados em mudas de cafeeiros no experimento de enxertia

EFICIÊNCIAS ESTUDADAS		
Eficiência de uso :	$\frac{(\text{Matéria seca total})^2}{\text{Conteúdo na matéria seca total}}$	SIDDIQI e GLASS (1981)
Eficiência de absorção:	$\frac{\text{Conteúdo total absorvido}}{\text{Matéria seca da raiz}}$	SWIADER et al. (1994)
Eficiência de translocação:	$\frac{\text{Conteúdo na parte aérea}}{\text{Conteúdo na planta toda}} \times 100$	LI et al. (1991)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparação da eficiência nutricional de N, P e K entre pé-franco e plantas enxertadas

O estudo da eficiência nutricional tem sido crescente nas mais diversas culturas. Portanto, é de grande importância a seleção e o melhoramento de plantas, visando a otimização da eficiência nutricional que é essencial na produção das plantas. Segundo FAGERIA e BALIGAR (1993), os mecanismos morfológicos e fisiológicos desejáveis contribuem para o uso eficiente de nutrientes.

Existem vários conceitos para eficiência nutricional, que variam principalmente com o objetivo do pesquisador. Neste trabalho, serão utilizados os conceitos já descritos anteriormente no Quadro 1.

Eficiência nutricional de nitrogênio

De acordo com os contrastes entre médias para a avaliação da eficiência de uso de nitrogênio (EFUN), observa-se que as combinações de enxertias Catuaí 15/Apoatã, H 514-5-5-3/Apoatã e H 514-5-5-3/M.Novo tiveram aumentos no uso de nitrogênio em 63%, 87% e 65%, respectivamente, quando

comparadas com os pés-francos do Catuaí 15, H 514-5-5-3. As combinações de enxertias Oeiras/Apoatã, Oeiras/Conillon M.1, Oeiras/Emcapa 8141, H 419-10-3-1-5/Conillon M.1, H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141 e H 514-5-5-3/Conillon, tiveram redução significativa no uso de nitrogênio. Com relação à eficiência de absorção de nitrogênio (EFAN), a enxertia Oeiras/Emcapa teve aumento de 28%. E para a característica eficiência de translocação de nitrogênio (EFTN), o porta-enxerto Conillon mostrou-se eficiente em translocar o nutriente para a parte aérea, em todas as combinações de enxertias; já os porta-enxertos Apoatã e Mundo Novo não tiveram resultados significativos (Quadro 2).

Analisando os resultados no Quadro 2, observa-se que o aumento da eficiência de uso do nitrogênio nas combinações de enxertias com Apoatã e Mundo Novo são devido às melhores eficiências metabólicas no uso deste nutriente quando comparados com os respectivos pés-francos. Este fato pode ser observado quando se verifica que as combinações de enxertias não tiveram aumentos significativos na absorção, translocação e conteúdo (Quadros 3 e 6), mas, no entanto, tiveram aumentos na matéria seca (Quadro 5), reforçando a idéia da eficiência metabólica. Dentre os pés-francos, o grande destaque foi para Oeiras e H 419-10-3-1-5, os quais mostraram ser altamente eficientes no uso de nitrogênio, não sendo beneficiados para esta variável por nenhuma enxertia. O aumento na absorção de nitrogênio da combinação Oeiras/Emcapa e a maior eficiência de translocação, proporcionada pelo porta-enxerto Conillon M.1 nas combinações de enxertias, não foram repercutidos no crescimento da planta, pois as plantas destas combinações não tiveram nenhuma melhoria.

IANNINI (1984), estudando porta-enxertos de videira, observou 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. Portanto, a variabilidade genética dos porta-enxertos pode ser a principal causa da maior ou menor eficiência do uso de nitrogênio. Em trabalhos realizados por CORREIA et al. (1983), de extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí, pode ser observado através dos cálculos de eficiência de utilização que a cultivar Mundo Novo é mais eficiente na utilização de N que o Catuaí. Essa maior eficiência pode ser atribuída à maior produção de biomassa na parte aérea no

Quadro 2 - Eficiência de uso de nitrogênio (EFUN), eficiência de absorção de nitrogênio (EFAN) e eficiência de translocação de nitrogênio (EFTN) dos genótipos de café não enxertados (NE) e enxertados (EN) em diversas combinações, em solução nutritiva

CONTRASTES			EFUN		EFAN		EFTN	
Mudas de pé-franco	vs	Mudas enxertadas	NE	EN	NE	EN	NE	EN
			----- g ² mg ⁻¹ -----		----- mg g ⁻¹ -----		----- % -----	
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Apoatã	0,13 [*]	0,21	166,18 ^{ns}	133,38	74,01 ^{ns}	72,14
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Conillon M.1	0,13 ^{ns}	0,09	166,18 ^{ns}	201,80	74,01 [*]	84,32
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/M.Novo	0,13 ^{ns}	0,15	166,18 ^{ns}	160,04	74,01 ^{ns}	71,39
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Emcapa 8141	0,13 ^{ns}	0,08	166,18 ^{ns}	159,20	74,01 ^{ns}	76,84
Oeiras	vs	Oeiras/Apoatã	0,21 [*]	0,14	152,24 ^{ns}	147,67	72,09 ^{ns}	76,52
Oeiras	vs	Oeiras/Conillon M.1	0,21 [*]	0,07	152,24 ^{ns}	169,53	72,09 [*]	82,29
Oeiras	vs	Oeiras/M.Novo	0,21 ^{ns}	0,18	152,24 ^{ns}	163,06	72,09 ^{ns}	70,20
Oeiras	vs	Oeiras/Emcapa 8141	0,21 [*]	0,07	152,24 [*]	195,55	72,09 [*]	84,67
H419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Apoatã	0,16 ^{ns}	0,15	184,40 ^{ns}	148,32	75,08 ^{ns}	70,75
H419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Conillon M.1	0,16 [*]	0,06	184,40 ^{ns}	170,31	75,08 [*]	82,92
H419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/M.Novo	0,16 ^{ns}	0,18	184,40 ^{ns}	159,11	75,08 ^{ns}	72,28
H419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141	0,16 [*]	0,06	184,40 ^{ns}	202,71	75,08 ^{ns}	81,31
H514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Apoatã	0,12 [*]	0,22	174,12 ^{ns}	141,14	75,18 ^{ns}	74,61
H514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Conillon M.1	0,12 [*]	0,05	174,12 ^{ns}	186,56	75,18 [*]	81,80
H514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/M.Novo	0,12 [*]	0,19	174,12 ^{ns}	184,19	75,18 ^{ns}	74,62
H514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Emcapa 8141	0,12 ^{ns}	0,07	174,12 ^{ns}	192,00	75,18 [*]	82,60
G.L. do Resíduo 93			QMR = 0,002 CV = 27,7		QMR = 729,82 CV = 16,2		QMR = 21,14 CV = 6,0	

* e ^{ns} diferença entre médias significativa e não significativa, respectivamente, pelo teste ' t ' de Student ao nível de 5% de probabilidade.

Mundo Novo. Várias pesquisas em outras culturas mostram o comportamento diferencial entre espécies ou cultivares da mesma espécie na absorção e utilização de nitrogênio (FAGERIA e BARBOSA FILHO, 1982; WUEST e CASSMAN, 1992). FURLANI et al. (1986), avaliando 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 uso do N, com variação nos pesos de matéria seca total.

Com relação à maior eficiência metabólica das enxertias aqui estudadas, a atividade da enzima redutase do nitrato pode ser uma das causas da maior eficiência do uso de nitrogênio. Segundo PURCINO et al. (1994), esta enzima regula o metabolismo do N, reduzindo o nitrato a amônio para ser incorporado em compostos orgânicos no sistema radicular e na parte aérea. Esse pode ser um importante aspecto, pois o aumento na atividade enzimática nas raízes pode resultar em prejuízos para as plantas, uma vez que o gasto de energia para assimilar o nitrogênio nas raízes é bem maior que o das folhas, podendo haver competição entre o crescimento e a assimilação do nitrogênio no sistema radicular pelos carboidratos disponíveis (CARELLI e FAHL, 1991). Estudando o efeito da enxertia entre cultivares de *Coffea arabica* na redutase do nitrato, ALVES (1986) verificou em alguns casos alteração na atividade enzimática nas folhas e raízes.

Eficiência nutricional de fósforo

Avaliando a eficiência de uso de fósforo (EFUP), verificou-se que o genótipo Apoatã, utilizado como porta-enxerto, proporcionou melhoria no uso do nutriente, nas combinações com Catuaí 15 e H 514-5-5-3 em 82,8% e 58,5% respectivamente; as demais combinações de enxertias não tiveram diferenças significativas (Quadro 3). Com relação à característica eficiência de absorção de fósforo (EFAP), nenhuma enxertia superou significativamente os respectivos pés-francos na absorção deste nutriente. No entanto, as combinações Catuaí 15/Emcapa 8141, Oeiras/Conillon M.1, Oeiras/Emcapa 8141, H 419-10-3-1-5/Apoatã, H 419-10-3-1-5/Conillon M.1, H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141, H 514-5-5-3/Conillon M.1, H 514-5-5-3/Emcapa 8141

reduziram a absorção do nutriente quando comparadas à plantas não enxertadas. Para a característica eficiência de translocação de fósforo (EFTP), nenhuma enxertia teve aumento satisfatório na translocação do nutriente para a parte aérea da planta (Quadro 3).

O aumento da eficiência de uso do P nos tratamentos Catuaí15/Apoatã e H 514-5-5-3/Apoatã pode ser devido à maior eficiência metabólica destas combinações de enxertia, quando comparadas com seus respectivos pés-francos. Este dado pode ser observado nas variáveis Eficiência de absorção e translocação de fósforo (Quadro 3), peso da matéria seca (Quadro 5) e conteúdo (Quadro 6). De acordo com os resultados, verificou-se que não houve aumentos significativos na eficiência de absorção, translocação e conteúdo das plantas estudadas, portanto, a melhoria no crescimento da planta e a maior produção de matéria seca devem ter sido ocasionadas por fatores internos às plantas, os quais não são morfológicos e nem fisiológicos, podendo ser uma maior eficiência metabólica. Essa maior eficiência pode ser devida à maior produção de citocininas nas raízes destas plantas, o que acarretaria em maior produção de ramos e folhas ou poderia ser também o menor uso de carbono destas raízes que poderia ser benéfico para o crescimento da parte aérea.

DIELEMAN et al. (1997), estudando o efeito das citocininas em roseiras enxertadas, verificou que o genótipo do porta-enxerto afeta a quebra ou emissão dos brotos dos enxertos, possivelmente causada por diferenças na produção de citocininas. É largamente aceitável que as citocininas são condutores produzidos em raiz e translocados via xilema para a parte aérea, induzindo a brotação e o crescimento da planta.

A maior eficiência de uso de P pode ser um fator de grande importância em condições limitantes deste mineral, pois a planta poderia produzir mais com uma menor exigência deste nutriente. ALVES (1986), estudando o efeito da enxertia na nutrição mineral de *Coffea arabica*, observou que o uso do Catimor como porta-enxerto, proporcionou acréscimos 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 de café.

Quadro 3 - Eficiência de uso de fósforo (EFUP), eficiência de absorção de fósforo (EFAP) e eficiência de translocação de fósforo (EFTP) dos genótipos de café não enxertados (NE) e enxertados (EN) em diversas combinações, em sdução nutritiva

CONTRASTES			EFUP		EFAP		EFTP	
Mudas de pé-franco	vs	Mudas enxertadas	NE	EN	NE	EN	NE	EN
			----- g ² mg ⁻¹ -----		----- mg g ⁻¹ -----		----- % -----	
Catuai 15	vs	Catuai 15/Apoatã	3,02 [*]	5,53	7,12 ^{ns}	6,04	76,07 ^{ns}	77,94
Catuai 15	vs	Catuai 15/Conillon M.1	3,02 ^{ns}	3,18	7,12 ^{ns}	6,04	76,07 ^{ns}	76,73
Catuai 15	vs	Catuai 15/M.Novo	3,02 ^{ns}	3,04	7,12 ^{ns}	7,67	76,07 ^{ns}	76,71
Catuai 15	vs	Catuai 15/Emcapa 8141	3,02 ^{ns}	3,87	7,12 [*]	3,34	76,07 ^{ns}	63,76
Oeiras	vs	Oeiras/Apoatã	4,37 ^{ns}	3,00	7,11 ^{ns}	5,30	78,27 ^{ns}	75,27
Oeiras	vs	Oeiras/Conillon M.1	4,37 ^{ns}	3,71	7,11 [*]	3,13	78,27 ^{ns}	72,17
Oeiras	vs	Oeiras/M.Novo	4,37 ^{ns}	4,21	7,11 ^{ns}	6,99	78,27 ^{ns}	77,58
Oeiras	vs	Oeiras/Emcapa 8141	4,37 ^{ns}	3,31	7,11 [*]	4,01	78,27 ^{ns}	76,90
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Apoatã	3,23 ^{ns}	3,88	8,80 [*]	4,83	80,27 ^{ns}	76,57
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Conillon M.1	3,23 ^{ns}	3,07	8,80 [*]	3,23	80,27 ^{ns}	73,00
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/M.Novo	3,23 ^{ns}	3,75	8,80 ^{ns}	7,67	80,27 ^{ns}	77,73
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141	3,23 ^{ns}	3,41	8,80 [*]	3,60	80,27 ^{ns}	73,39
H 514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Apoatã	2,58 [*]	4,09	7,81 ^{ns}	7,42	78,27 ^{ns}	83,70
H 514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Conillon M.1	2,58 ^{ns}	2,37	7,81 [*]	3,95	78,27 ^{ns}	76,00
H 514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/M.Novo	2,58 ^{ns}	3,93	7,81 ^{ns}	8,80	78,27 ^{ns}	80,09
H 514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Emcapa 8141	2,58 ^{ns}	3,47	7,81 [*]	3,64	78,27 ^{ns}	74,23
G.L. do Resíduo 93			QMR = 1,15 CV = 29,6		QMR = 2,52 CV = 25,6		QMR = 44,21 CV = 8,6	

* e ^{ns} diferença entre médias significativa e não significativa, respectivamente, pelo teste ' t ' de Student ao nível de 5% de probabilidade.

Para GERLOFF e GALBELMAN (1983), a maior eficiência de utilização pode ser devida à menor necessidade de fósforo para 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. ABICHEQUER e BOHNEN (1998), avaliando a eficiência de absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo, demonstraram que as cultivares eficientes e ineficientes no aproveitamento de fósforo da solução nutritiva diferenciaram-se quanto à capacidade de translocar o fósforo para a parte aérea e utilizá-lo na produção de matéria seca. WHITAKER et al. (1976), em estudo com linhagens de feijão na produção de matéria seca na eficiência de uso do fósforo, observaram que sob estresse de P a taxa fotossintética foi maior nas plantas mais eficientes do que nas ineficientes. Com isto mostrou-se que a eficiência em P pode estar associada ao metabolismo fotossintético.

Os porta-enxertos Conillon M.1 e Emcapa 8141 influenciaram negativamente na absorção de P na maioria das combinações de enxertias. Esse fato pode ser devido às características cinéticas de absorção (EPSTEIN, 1972), pois fatores como pêlos radiculares, micorrizas e morfologia radicular, que são fatores importantes no cultivo em solo, não são tão importantes em solução nutritiva (ARAÚJO, 2000).

Eficiência nutricional de potássio

Considerando a eficiência de uso de potássio (EFUK), observa-se que apenas a combinação de enxertia H 514-5-5-3/M.Novo foi superior no uso do nutriente quando comparado com o pé-franco. As combinações Catuaí 15/Conillon M.1, Catuaí 15/Emcapa 8141, Oeiras/Apoatã, Oeiras/Conillon M.1, Oeiras/Emcapa 8141, H 419-10-3-1-5/Conillon M.1, H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141, H 514-5-5-3/Conillon M.1, H 514-5-5-3/Emcapa 8141 tiveram eficiência de uso de potássio inferior aos pés-francos. Com relação à variável eficiência de absorção de potássio (EFAK), os resultados mostraram que apenas as combinações Catuaí 15/Apoatã e Catuaí 15/Conillon M.1 tiveram aumentos na absorção do nutriente quando comparadas com os pés-francos. Para a característica eficiência de translocação, a enxertia Oeiras/Emcapa 8141 foi a única com aumento significativo (Quadro 4).

O potássio é um nutriente de grande importância na cultura cafeeira, aparecendo em grande quantidade nas partes vegetativas e nos frutos desta cultura. Em geral, altos teores de K estão associados com colheitas elevadas (MALAVOLTA, 1993) e com qualidade do produto (MALAVOLTA et al., 1997).

Segundo MARSCHNER (1995), o K é um cátion de alta mobilidade na planta, sendo de fundamental importância em sua atividade metabólica, como: no transporte de longa distância via xilema e floema, dentro de células individuais, dentro dos tecidos, no movimento de estômatos e no potencial osmótico de células e tecidos.

Segundo CARADUS (1990), a existência de diferenças genéticas das plantas na nutrição tem possibilitado a seleção e melhoramento de plantas adaptadas a condições diferentes de solo. Segundo DUNCAN e BALIGAR (1990), as pesquisas devem averiguar se a eficiência nutricional de determinada espécie ou cultivar está relacionada com os processos ligados à aquisição do nutriente, à sua redistribuição interna ou à sua utilização no metabolismo.

De acordo com os dados apresentados neste trabalho, verifica-se que o aumento da eficiência de uso de potássio nas combinações com o porta-enxerto Mundo Novo foi devido à sua melhor utilização no metabolismo e crescimento. Uma hipótese para isto seria a maior produção de citocininas nas raízes destas plantas, o que acarretaria em maior produção de ramos e folhas. Outra opção seria o menor uso de carbono destas raízes, que poderia ser benéfico para o maior crescimento da parte aérea. DIELEMAN et al. (1997), estudando o efeito das citocininas em roseiras enxertadas, verificou que o genótipo do porta-enxerto afeta a quebra ou emissão dos brotos dos enxertos, possivelmente causada por diferenças na produção de citocininas.

Os pés-francos Oeiras e H 419-10-3-1-5 mostraram ser altamente eficientes no uso de K, quando utilizados como pés-francos. PEREIRA (1999) estudando a eficiência nutricional de nitrogênio e potássio em linhagens de *Coffea arabica*, verificou grande destaque para a linhagem UFV 2983, material genético portador de resistência à ferrugem do cafeeiro, na capacidade produtiva de grãos e na grande maioria dos conceitos de eficiência, detendo altas estimativas dos conteúdos foliares de K, e convertendo esse nutriente existente na parte aérea em produção de grãos. CASSMAN et al. (1989),

avaliando duas cultivares de algodão em resposta à adubação com K, verificaram que a produtividade da cultivar eficiente na utilização de potássio foi de 29% a 35% maior em relação à da cultivar não eficiente, em dois anos de experimentação.

Com relação à eficiência de absorção, o aumento desta característica para a combinação Catuaí 15/Apoatã pode ser devido à maior demanda de crescimento da planta com menor perda de carbono na raiz ou pode ser também relacionado ao maior número de sítios de absorção para o K. Para a combinação Catuaí 15/Conillon M.1, o aumento da eficiência de absorção pode estar relacionado ao maior número de sítios de absorção de K, pois a combinação apresentou valores inferiores de peso da matéria seca da raiz (Quadro 5) com conseqüente diminuição da superfície de raiz.

Avaliando a eficiência de translocação, o aumento proporcionado pelo porta-enxerto Emcapa 8141, na translocação de K na enxertia com Oeiras, não proporcionou resultados positivos no crescimento da planta enxertada. 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 pode ser a base das diferenças genótípicas na absorção e movimento dos nutrientes (GERLOFF e GABELMAN, 1983). Desta forma, plantas eficientes na translocação de nutriente para a parte aérea podem ser mais tolerantes que as menos eficientes, sendo esta regulação no transporte dependente do carregamento do elemento no xilema, das propriedades do sistema vascular e da demanda do nutriente pelos diversos órgãos da planta (SARIC, 1987).

Alguns trabalhos de enxertia no cafeeiro têm mostrado o potencial desta técnica para aumento da eficiência nutricional. FAHL et al. (1998), estudando o efeito da enxertia de cultivares *Coffea arabica* sobre progênies de *Coffea canephora* na nutrição mineral do cafeeiro, mostraram que, de modo geral, a enxertia aumentou o teor de potássio das plantas, de 11% e 8%, para as cultivares Catuaí e Mundo Novo, respectivamente. Deste modo, o sistema radicular das plantas enxertadas, além de explorar maior volume de solo, proporcionou maior absorção de potássio. ALVES (1986), avaliando o efeito da enxertia de *C. arabica* na nutrição mineral, observou que os enxertos Caturra, Catuaí e Mundo Novo aumentaram 24%, 40% e 52%, respectivamente, a eficiência de absorção de K com o porta-enxerto Catimor.

Quadro 4 - Eficiência de uso de potássio (EFUK), eficiência de absorção de potássio (EFAK) e eficiência de translocação de potássio (EFTK) dos genótipos de café não enxertados (NE) e enxertados (EN) em diversas combinações, em solução nutritiva

CONTRASTES			EFUK		EFAK		EFTK	
Mudas de pé-franco	vs	Mudas enxertadas	NE	EN	NE	EN	NE	EN
			----- g ² mg ⁻¹ -----		----- mg g ⁻¹ -----		----- % -----	
Catuai 15	vs	Catuai 15/Apoatã	0,23 ^{ns}	0,21	93,77 [*]	136,01	69,96 ^{ns}	74,15
Catuai 15	vs	Catuai 15/Conillon M.1	0,23 [*]	0,13	93,77 [*]	145,13	69,96 ^{ns}	77,43
Catuai 15	vs	Catuai 15/M.Novo	0,23 ^{ns}	0,25	93,77 ^{ns}	94,60	69,96 ^{ns}	69,70
Catuai 15	vs	Catuai 15/Emcapa 8141	0,23 [*]	0,15	93,77 ^{ns}	90,13	69,96 ^{ns}	69,44
Oeiras	vs	Oeiras/Apoatã	0,33 [*]	0,17	93,84 ^{ns}	125,03	69,71 ^{ns}	73,74
Oeiras	vs	Oeiras/Conillon M.1	0,33 [*]	0,13	93,84 ^{ns}	97,59	69,71 ^{ns}	74,47
Oeiras	vs	Oeiras/M.Novo	0,33 ^{ns}	0,29	93,84 ^{ns}	100,76	69,71 ^{ns}	70,87
Oeiras	vs	Oeiras/Emcapa 8141	0,33 [*]	0,12	93,84 ^{ns}	114,26	69,71 [*]	78,03
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Apoatã	0,25 [*]	0,17	113,81 ^{ns}	98,75	74,28 ^{ns}	73,16
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Conillon M.1	0,25 [*]	0,09	113,81 ^{ns}	108,57	74,28 ^{ns}	74,97
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/M.Novo	0,25 ^{ns}	0,29	113,81 ^{ns}	99,46	74,28 ^{ns}	70,65
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141	0,25 [*]	0,11	113,81 ^{ns}	111,83	74,28 ^{ns}	75,75
H 514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Apoatã	0,20 ^{ns}	0,26	102,70 ^{ns}	114,22	71,33 ^{ns}	74,50
H 514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Conillon M.1	0,20 [*]	0,09	102,70 ^{ns}	110,67	71,33 ^{ns}	77,16
H 514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/M.Novo	0,20 [*]	0,31	102,70 ^{ns}	115,79	71,33 ^{ns}	74,15
H 514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Emcapa 8141	0,20 [*]	0,12	102,70 ^{ns}	104,64	71,33 ^{ns}	73,98
G.L. do Resíduo 93			QMR = 0,003 CV = 25,8		QMR = 613,88 CV = 22,8		QMR = 34,11 CV = 8,0	

* e ^{ns} diferença entre médias significativa e não significativa, respectivamente, pelo teste ' t ' de Student ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 5 - Valores médios do peso da matéria seca da raiz (PMSR) e peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA), dos genótipos de café não enxertados (NE) e enxertados (EN) em diversas combinações, em solução nutritiva

CONTRASTES			PMSR		PMSPA	
Mudas de pé-franco	vs	Mudas enxertadas	NE	EN	NE	EN
			----- g planta ⁻¹ -----			
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Apoatã	1,05 ^{ns}	1,16	3,69 ^{ns}	4,45
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Conillon M.1	1,05 [*]	0,54	3,69 ^{ns}	2,66
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/M.Novo	1,05 ^{ns}	1,30	3,69 ^{ns}	4,20
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Emcapa 8141	1,05 ^{ns}	0,90	3,69 ^{ns}	2,38
Oeiras	vs	Oeiras/Apoatã	1,73 [*]	1,02	5,59 [*]	3,32
Oeiras	vs	Oeiras/Conillon M.1	1,73 [*]	0,63	5,59 [*]	2,06
Oeiras	vs	Oeiras/M.Novo	1,73 ^{ns}	1,59	5,59 ^{ns}	5,29
Oeiras	vs	Oeiras/Emcapa 8141	1,73 [*]	0,55	5,59 [*]	2,13
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Apoatã	1,04 ^{ns}	1,08	4,32 ^{ns}	3,18
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Conillon M.1	1,04 [*]	0,48	4,32 [*]	1,71
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/M.Novo	1,04 ^{ns}	1,45	4,32 ^{ns}	5,01
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141	1,04 [*]	0,56	4,32 [*]	2,04
H 514 -5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Apoatã	0,94 [*]	1,39	3,37 [*]	5,04
H 514 -5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Conillon M.1	0,94 [*]	0,37	3,37 [*]	1,48
H 514 -5-5-3	vs	H 514-5-5-3/M.Novo	0,94 [*]	1,43	3,37 [*]	5,60
H 514 -5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Emcapa 8141	0,94 ^{ns}	0,55	3,37 ^{ns}	2,08
G.L. Resíduo 93			QMR= 0,11	CV = 31,06	QMR= 0,90	CV = 25,96

* e ^{ns} diferença entre médias significativa e não significativa, respectivamente, pelo teste ' t ' de Student ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 6 - Conteúdo de nitrogênio (CN), fósforo (CP) e potássio (CK) dos genótipos de café não enxertados (NE) e enxertados (EN) em diversas combinações, em solução nutritiva

CONTRASTES			CN		CP		CK	
Mudas de pé-franco	vs	Mudas enxertadas	NE	EN	NE	EN	NE	EN
			-----mg-----		----- mg -----		----- mg -----	
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Apoatã	174,42 ^{ns}	150,34	7,46 ^{ns}	7,17	98,71 [*]	153,36
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Conillon M.1	174,42 [*]	111,24	7,46 [*]	3,81	98,71 ^{ns}	81,07
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/M.Novo	174,42 ^{ns}	208,30	7,46 ^{ns}	10,01	98,71 ^{ns}	123,09
Catuaí 15	vs	Catuaí 15/Emcapa 8141	174,42 ^{ns}	130,61	7,46 [*]	2,88	98,71 ^{ns}	74,28
Oeiras	vs	Oeiras/Apoatã	260,16 [*]	137,75	12,31 [*]	4,79	164,05 [*]	111,92
Oeiras	vs	Oeiras/Conillon M.1	260,16 [*]	104,33	12,31 [*]	1,94	164,05 [*]	59,98
Oeiras	vs	Oeiras/M.Novo	260,16 ^{ns}	262,19	12,31 ^{ns}	11,29	164,05 ^{ns}	161,30
Oeiras	vs	Oeiras/Emcapa 8141	260,16 [*]	106,71	12,31 [*]	2,19	164,05 [*]	62,83
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Apoatã	185,07 [*]	121,12	8,97 [*]	5,32	116,13 ^{ns}	107,49
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Conillon M.1	185,07 [*]	82,07	8,97 [*]	1,60	116,13 [*]	51,96
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/M.Novo	185,07 ^{ns}	228,59	8,97 ^{ns}	11,20	116,13 ^{ns}	144,61
H 419-10-3-1-5	vs	H 419-10-3-1-5/Emcapa 8141	185,07 [*]	110,40	8,97 [*]	1,99	116,13 [*]	61,08
H 514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Apoatã	162,25 ^{ns}	192,84	7,29 ^{ns}	10,38	94,72 [*]	158,50
H 514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Conillon M.1	162,25 [*]	68,35	7,29 [*]	1,45	94,72 [*]	40,16
H 514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/M.Novo	162,25 [*]	260,89	7,29 [*]	12,66	94,72 [*]	162,92
H 514-5-5-3	vs	H 514-5-5-3/Emcapa 8141	162,25 ^{ns}	104,71	7,29 [*]	1,99	94,72 ^{ns}	56,99
G.L. do Resíduo 93			QMR = 1846,46 CV = 25,8		QMR = 6,14 CV = 36,2		QMR = 925,92 CV = 27,9	

* e ^{ns} diferença entre médias significativa e não significativa, respectivamente, pelo teste ' t ' de Student ao nível de 5% de probabilidade.

Capacidade geral de combinação de enxerto e porta-enxerto

A variabilidade genética para a eficiência nutricional é determinada por um conjunto de características morfológicas, fisiológicas, entre outras, que se inter-relacionam para efetuar a seleção (CLARK E DUNCAN, 1991).

De acordo com os resultados das análises, verifica-se que houve diferenças significativas da capacidade geral de combinação dos porta-enxertos na avaliação nutricional das mudas de cafeeiros. Com relação aos enxertos não houve diferenças significativas no estudo da CGC das respectivas eficiências estudadas (Quadros 7,8,9).

Para as características aqui avaliadas, os valores positivos da capacidade geral de combinação indicam que o genótipo estudado teve uma performance superior aos que tiveram valores negativos.

Para a EFUN, os maiores efeitos positivos da CGC foram proporcionados pelos porta-enxertos Apatã e Mundo Novo. Com relação a EFAN e EFTN, os genótipos Conillon M.1 e Emcapa 8141 tiveram um maior efeito da CGC.

Nota-se que os efeitos na EFUN pelas cultivares Apatã e Mundo Novo foram relacionados a eficiências metabólicas destes genótipos. O uso eficiente de Nitrogênio pelas plantas é de grande importância, pois pode selecionar indivíduos menos exigentes à adubação nitrogenada e que aproveitem melhor os fertilizantes. Os porta-enxertos Conillon M.1 e Emcapa 8141, apesar de proporcionarem maior eficiência de absorção e translocação de nitrogênio nas enxertias, não beneficiaram a produção de biomassa.

Nos caracteres EFUP, EFAP e EFTP, os porta-enxertos Apatã e Mundo Novo apresentaram resultados superiores em todas essas variáveis, havendo um maior destaque para o Apatã. As cultivares Conillon M.1 e Emcapa 8141 foram ineficientes na eficiência nutricional com fósforo, apresentando valores negativos.

Os efeitos positivos proporcionados pelos porta-enxertos Apatã e Mundo Novo indicam que estes dois genótipos foram os que tiveram melhor desempenho na eficiência de uso, absorção e translocação de fósforo. Mesmo que as médias destes genótipos não tenham sido significativas em todos os tratamentos (Quadro 3) quando comparadas com os pés-francos, os resultados

indicaram que estes dois genótipos foram superiores aos demais porta-enxertos na eficiência com fósforo. A limitação de fósforo pode condicionar um menor rendimento de diversas culturas, portanto, o desenvolvimento de plantas mais eficientes na absorção e utilização de fósforo constitui uma forma de minimizar esse problema, reduzindo a necessidade de adubação e melhorando o aproveitamento do produto, além de poder reduzir gastos com a cultura.

Com relação ao potássio, apenas EFUK teve resultado significativo da CGC e os melhores efeitos foram proporcionados pelos genótipos Apatã e Mundo que apresentaram valores positivos.

O melhor desempenho dos porta-enxertos Apatã e Mundo Novo na EFUK foi devido à sua melhor utilização no metabolismo e crescimento. O K é um nutriente de grande importância na cultura cafeeira, pois, além de proporcionar altas produtividades e qualidade no café, é o elemento mais exportado da lavoura através do grão. Portanto, a seleção de cultivares com maior eficiência em absorver e utilizar o K passa a ser uma alternativa útil e viável para evitar esgotamento do elemento do solo e diminuir os custos com adubações.

Quadro 7 - Resumo da análise de variância e estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (C.G.C.) de mudas de cafeeiros enxertadas e não enxertadas para as variáveis eficiência de uso de nitrogênio (EFUN), eficiência de absorção de nitrogênio (EFAN) e eficiência de translocação de nitrogênio (EFTN)

F.V	GL	QM		
		EFUN	EFAN	EFTN
Tratamento	23	0,013**	1921,526 ^{ns}	86,928**
Pé-franco	7	0,010**	609,751 ^{ns}	42,543 ^{ns}
Enxerto (E)	3	0,007**	736,253 ^{ns}	8,230 ^{ns}
Porta-enxerto (P.e.)	3	0,015**	685,821 ^{ns}	34,053 ^{ns}
E vs P.e.	1	0,000 ^{ns}	2,036 ^{ns}	170,954**
Pé-franco vs Enxertia	1	0,014**	52,753 ^{ns}	23,504 ^{ns}
Enxertia	15	0,015**	2658,2*	111,869**
C.G.C. (E)	3	0,002 ^{ns}	692,520 ^{ns}	20,772 ^{ns}
C.G.C. (P.e.)	3	0,636**	9357,239**	470,297**
C.E.C. (E x P.e.)	9	0,003 ^{ns}	1080,534 ^{ns}	22,758 ^{ns}
Resíduo	93	0,001	729,822	21,141
Efeito da capacidade geral de combinação dos enxertos				
		EFUN	EFAN	EFTN
Catuaí 15		0,010	- 3,807	- 1,283
Oeiras		- 0,009	1,542	0,967
H 19-10-3-1-5		- 0,009	- 6,298	- 0,637
H 514-5-5-3		0,008	8,563	0,953
Erro padrão (Gi):		0,008	5,849	0,996
Efeito da capacidade geral de combinação dos porta-enxertos				
		EFUN	EFAN	EFTN
Apoatã LC 2258		0,057	- 33,784	- 0,949
Conillon M.1		- 0,055	14,640	5,378
Mundo Novo		0,052	- 0,809	- 5,332
Emcapa 8141		- 0,054	19,954	3,903
Erro padrão (Gi):		0,008	5,849	0,996

* e ** - significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

ns - não-significativo.

Quadro 8 - Resumo da análise de variância e estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (C.G.C.) de mudas de cafeeiros enxertadas e não enxertadas para as variáveis eficiência de uso de fósforo (EFUF), eficiência de absorção de fósforo (EFAP) e eficiência de translocação de fósforo (EFTP)

F.V	GL	QM		
		EFUF	EFAP	EFTP
Tratamento	23	2,109 ^{ns}	15,931 ^{**}	60,410 ^{ns}
Pé-franco	7	2,843 ^{ns}	11,250 ^{**}	13,501 ^{ns}
Enxerto (E)	3	2,334 ^{ns}	2,556 ^{ns}	11,622 ^{ns}
Porta-enxerto (P.e.)	3	3,584 [*]	20,418 ^{**}	14,694 ^{ns}
E vs P.e.	1	2,145 ^{ns}	9,827 [*]	15,558 ^{ns}
Pé-franco vs Enxertia	1	0,279 ^{ns}	68,784 ^{**}	212,999 ^{**}
Enxertia	15	1,889 ^{ns}	14,592 ^{**}	72,129 ^{ns}
C.G.C. (E)	3	0,750 ^{ns}	5,787 ^{ns}	63,376 ^{ns}
C.G.C. (P.e.)	3	4,561 [*]	57,724 ^{**}	145,209 [*]
C.E.C. (E x P.e.)	9	1,377 ^{ns}	3,149 ^{ns}	50,686 ^{ns}
Resíduo	93	1,148	2,517	44,215
Efeito da capacidade geral de combinação dos enxertos				
		EFUF	EFAP	EFTP
Catuaí 15		0,231	0,413	- 1,954
Oeiras		0,134	- 0,505	- 0,256
H 419-10-3-1-5		- 0,148	- 0,527	- 0,562
H 514-5-5-3		- 0,218	0,619	2,772
Erro padrão (Gi):		0,232	0,344	1,440
Efeito da capacidade geral de combinação dos porta-enxertos				
		EFUF	EFAP	EFTP
Apoatã LC 2258		0,691	0,538	2,635
Conillon M.1		- 0,591	- 1,271	- 1,260
Mundo Novo		0,061	2,446	2,293
Emcapa 8141		- 0,160	-1,713	- 3,666
Erro padrão (Gi):		0,232	0,344	1,440

* e ** - significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

ns - não-significativo.

Quadro 9 - Resumo da análise de variância e estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (C.G.C.) de mudas de cafeeiros enxertadas e não enxertadas para as variáveis eficiência de uso de potássio (EFUK), eficiência de absorção de potássio (EFAK) e eficiência de translocação de potássio (EFTK)

F.V	GL	QM		
		EFUK	EFAK	EFTK
Tratamento	23	0,023**	852,894 ^{ns}	31,667 ^{ns}
Pé-franco	7	0,016**	888,543 ^{ns}	44,967 ^{ns}
Enxerto (E)	3	0,013**	360,541 ^{ns}	17,663 ^{ns}
Porta-enxerto (P.e.)	3	0,021**	904,792 ^{ns}	18,739 ^{ns}
E vs P.e.	1	0,013**	2423,803*	205,563**
Pé-franco vs Enxertia	1	0,056**	11,473 ^{ns}	0,021 ^{ns}
Enxertia	15	0,024**	892,353 ^{ns}	27,570 ^{ns}
C.G.C. (E)	3	0,002 ^{ns}	382,475 ^{ns}	14,943 ^{ns}
C.G.C. (P.e.)	3	0,107**	952,243 ^{ns}	59,454 ^{ns}
C.E.C. (E vs P.e.)	9	0,004 ^{ns}	1042,349 ^{ns}	21,151 ^{ns}
Resíduo	93	0,003	613,885	34,115
Efeito da capacidade geral de combinação dos enxertos				
		EFUK	EFAK	EFTK
Catuai 15		0,003	6,004	- 1,206
Oeiras		- 0,004	- 1,056	0,395
H 419-10-3-1-5		- 0,013	- 5,814	- 0,252
H 514-5-5-3		0,015	0,865	1,063
Erro padrão (Gi):		0,011	5,364	1,265
Efeito da capacidade geral de combinação do porta -enxerto				
		EFUK	EFAK	EFTK
Apoatã LC 2258		0,024	8,040	0,004
Conillon M.1		- 0,073	5,026	2,122
Mundo Novo		0,105	- 7,814	- 2,544
Emcapa 8141		- 0,056	- 5,252	0,418
Erro padrão (Gi):		0,011	5,364	1,265

* e ** - significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

ns - não-significativo.

CONCLUSÕES

1. A enxertia em cultivo hidropônico mostrou que nem todo *Coffea canephora* pode ser utilizado com vantagens como porta-enxerto e nem todo genótipo utilizado como enxerto é beneficiado pela enxertia.
2. Houve aumento na eficiência de uso de nitrogênio nas combinações de enxertias Catuaí 15/Apoatã, H 514-5-5-3/Apoatã e H 514-5-5-3/M.Novo quando comparadas com os pés-francos.
3. O porta-enxerto Apoatã conferiu aumento no uso de fósforo nas combinações com Catuaí Vermelho IAC 15 e H 514-5-5-3, respectivamente, quando comparado com seus respectivos pés-francos.
4. Aumentou-se o uso de potássio da linhagem H 514-5-5-3 com a utilização do porta-enxerto Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32.
5. Os genótipos Oeiras MG 6851 e H 419-10-3-1-5 mostraram-se altamente eficientes no uso de N, P e K quando utilizados como pés-francos e não foram beneficiados pela enxertia.
6. Os porta-enxertos Conillon M.1 e Emcapa 8141 não proporcionaram melhoria no uso de N, P e K nas combinações de enxertias, ocasionando efeitos negativos na maioria das características avaliadas.
7. A análise dialélica indicou que os melhores efeitos da capacidade geral de combinação, na eficiência de uso de nutrientes, foram para os porta-enxertos Apoatã LC 2258 e Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBICHEQUER, A.D., BOHNEN, H. Eficiência de absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.22, n.1, p.21-26, 1998.

ALBUQUERQUE, T.C.S., DECHEN, A.R. Absorção de macronutrientes por porta-enxertos e cultivares de videira em hidroponia. **Sci. Agrícola**, v.57, n.1, 2000.

- ALVES, A.A.C. **Efeito da enxertia na nutrição mineral, no crescimento vegetativo, na fotossíntese e na redutase do nitrato, em *Coffea arábica* L.** Viçosa: UFV, 1986. 61p. (Mestrado em fisiologia vegetal). Universidade Federal de Viçosa, 1986.
- ARAÚJO, A.P. Eficiência vegetal de absorção e utilização de fósforo, com especial referência ao feijoeiro. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ V.H., SCHAEFER, C.E.G.R. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, p.163-212.
- CAIXETA, G.Z.T. Economia cafeeira , Mercado de café, Tendências e Perspectivas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Produção de café com qualidade.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. p.3-21.
- CARADUS, J.R. **Mechanism improving nutrient use by crop and herbage legumes.** In: DUNCAN, R.R., BALIGAR, V.R., (Eds.). New York: Academic Press, 1990. p.253-311.
- CARELLI, M.L.C., FAHL, J.I. Distribuição da assimilação de nitrato e de matéria seca em plantas jovens de café cultivadas em diferentes níveis de nitrogênio. **Bragantia**, v.50, p.29-37, 1991.
- CASSMAN, K.G., KERBY, T.A., ROBERTS, B.A. et al. Differential response of two cotton cultivars to fertilizer and soil potassium. **Agron. J.**, v.81, p.870-76, 1989.
- CORREIA, J.B., GARCIA, A.W.R., COSTA, P.C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 10, 1983, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro, IBC/GERCA, 1983. p. 117-83.
- CLARK, R.B. Characterization of phosphatase of intact morize roots. **J. Agric. Food Chem.**, v.23, p.458-460, 1975.
- CLARK, R.B., DUNCAN, R.R. Improvement of plant mineral nutrition through breeding. **Field Crops Res.**, v.27, p.219-240, 1991.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: Aplicativo computacional em Genética e Estatística.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- DIELEMAN, J.A., VERTAPPEN, F.W.A., NICANDER, B., KUIPER, D., TILLBERG, E., TROMP, J. Cytokinins in *Rosa hybrida* in relation to bud break. **Physiologia Plantarum**, v.99, p.456-464. 1997.

- DUNCAN, R.R., BALIGAR, V.C. Genetics and physiological basis of nutrient uptake and use efficiency. In: BALIGAR, V.C., DUNCAN, R.R., (Eds.). **Crops as enhancers of nutrient use**. New York: Academic Press, 1990. p.3-35.
- ECONOMIDES, C.V. Performance of Marsh seedless grapefruit on six rootstocks in Cyprus. **J. Hortic. Sci.**, London, v.53, p.393-400, 1976.
- EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives**. New York: Wiley, 1972. 412p.
- FAGERIA, N.K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**. v.2, n.1, p.6-16, 1998.
- FAGERIA, N.K., BARBOSA FILHO, M.P. Avaliação preliminar de cultivares de arroz irrigado para maior eficiência de utilização de nitrogênio. **Pesq. Agropec. Bras.** v.17, n.12, p.1709-1712, 1982.
- 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 Progenies de *C. canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. **Bragantia**, v.57, n.2, p.297-312, 1998.
- 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. **R. Bras. Ci. 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, v.15 B, Berlin: Springer-Verlag, 1983. p.453-80.
- 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: ESALQ, 1985. 156p. (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1985.
- JACKSON, M.L. **Soil Chemical Analysis**. Englewood Cliffs: Prentice - Hall, 1958. 498p.

- JOHNSON, C.M., ULRICH, A. **Analytical methods for use in plants analyses**. Los Angeles, University of California, 1959, v.766, p.32-33.
- IANNINI, B. Importanza e funzioni del portinnesto nella viticoltura moderna. **Riv. Vitic. Enol.**, n.7-8, p.394-419, 1984.
- LI, B., MCKEAND, S.E. ALLEN, H.L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Sci.**, v.37, 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. **Rev. Bras. Frutic.**, v.2, n.2, p.54-61, 1980.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: colheitas econômicas máximas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210p.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 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, 1999. 46p.
- MARTINEZ, H.E.P., NOVAIS, R.F., SACRAMENTO, LV.S., et al. Comportamento de variedades de soja cultivadas sob diferentes níveis de fósforo: II. Translocação do fósforo absorvido e eficiência nutricional. **Rev. Bras. Ci. solo**, v.17, p.239-244, 1993.
- MORAES M.V. e FRANCO, C.M. Método expedito para enxertia em café. Rio de Janeiro: **Inst. Bras. Café**, 1973. 8p.
- PEREIRA, J.B.D. **Eficiência nutricional de nitrogênio e de potássio em plantas de café (*Coffea arabica* L.)**. Viçosa: UFV, 1999. 99p. (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- PURCINO, A.A.C., MAGNAVACA, R., MACHADO, A.T. Atividade da redutase do nitrato em genótipos antigos e modernos de milho, cultivados sob dois níveis de nitrogênio. **R. Bras. Fisiol. Veg.** v.6, n.1, p.41-46, 1994.
- SANDS, R., MULLIGAN, D.R. Water and nutrient dynamics and tree growth. **For. Ecol. Manage.**, v.30, n.1, p.91-111, 1990.

- SARIC, M.R. Progress since the first international symposium: "Genetic aspects of plant mineral nutrition", Beograd, 1982, and perspectives of future research. **Plant Soil**, v.99, p.197-209, 1987.
- SIDDIQI, M.Y., GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **J. Plant Nut.**, v.4, p.289-302, 1981.
- SMITH, P.F. Effect of scion and rootstock on mineral composition of mandarin – type citrus leaves. **J. Am. Soc. Hortic. Sci.**, v.100, n.4, p.368-369, 1975.
- SWIADER, J.M., CHYAN, Y., FREIJI, F.G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **J. Plant Nut.**, v.17, n.10, p.1687-1699, 1994.
- WHITEAKER, G., GERLOFF, G.C., GABELMAN, W.H., et al. Intraspecific differences in growth of beans at stress levels of phosphorus. **J. Am. Soc. Hortic. Sci.**, v.101, n.4, p.472-75, 1976.
- WUEST, S.B., CASSMAN, K.G. Fertilizer-nitrogen use efficiency of irrigated wheat. I. uptake efficiency of preplant versus late-season application. **Agron. J.**, v.84, p.682-688, 1992.

RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi avaliar, em condições de hidroponia, o crescimento e a eficiência nutricional de mudas de *Coffea arabica*, influenciados pelo porta-enxerto.

O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação, utilizando o processo hidropônico de cultivo em areia, com o método circulante de fornecimento de solução nutritiva. A concentração da solução utilizada foi a de Clark modificada. O pH e a condutividade elétrica foram acompanhados periodicamente.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados. Efetuou-se comparações entre médias realizadas pelo teste “ t ” de Student, a 5%. Também foram adaptados modelos estatísticos de análise dialélica para avaliar a capacidade geral de combinação do enxerto e do porta-enxerto.

Como enxerto foram utilizados os seguintes genótipos de *C. arabica*: as variedades Catuaí Vermelho IAC 15 e Oeiras MG 6851 e as linhagens H 419-10-3-1-5, H 514-5-5-3. Como porta-enxerto foram empregados três genótipos de *Coffea canephora*: Apoatã LC 2258, Conillon Muriaé-1, Robustão Capixaba (Emcapa 8141) e um genótipo de *Coffea arabica*: Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32.

Após 170 dias do transplante em vaso, avaliaram-se a altura das plantas, número de nós, área foliar, volume de raiz, superfície de raiz, produção de matéria seca e eficiências nutricionais. A enxertia em cultivo hidropônico mostrou que nem todo *Coffea canephora* pode ser utilizado com vantagens

como porta-enxerto. Os porta-enxertos Apatã LC 2258 e Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32 proporcionaram aumento na altura das plantas dos genótipos de Catuaí Vermelho IAC 15 e H 514-5-5-3, respectivamente. Os porta-enxertos Apatã e Mundo Novo proporcionaram aumento da área foliar do genótipo H 514-5-5-3. Com relação ao volume de raiz, o porta-enxerto Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32 foi o que teve melhor desempenho, proporcionando um efeito significativo quando combinado com H 514-5-5-3. Para as variáveis peso da matéria seca da raiz (PMSR), peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA) e peso da matéria seca total (PMST), as combinações de enxertias H 514-5-5-3/Apatã e H 514-5-5-3/M.Novo tiveram efeitos positivos quando comparadas com os pés-francos.

As combinações de enxertias Catuaí 15/Apatã, H 514-5-5-3/Apatã e H 514-5-5-3/M.Novo tiveram aumento na eficiência de uso de nitrogênio em 63%, 87% e 65%, respectivamente, quando comparados com os pés-francos. O porta-enxerto Apatã proporcionou aumento no uso de fósforo em 82,8% e 58,5% nas combinações com Catuaí Vermelho IAC 15 e H 514-5-5-3. A combinação de enxertia H 514-5-5-3/M.Novo teve aumento de 55,6% no uso de potássio quando comparado com o pé-franco H 514-5-5-3.

Os genótipos Oeiras e H 419-10-3-1-5 mostraram-se altamente eficientes no uso de N,P e K, quando utilizados como pés-francos e não foram beneficiados pela enxertia.

As cultivares Conillon M.1 e Emcapa 8141 não foram eficientes quando utilizadas como porta-enxertos, em cultivo hidropônico, causando efeitos negativos na maioria das variáveis estudadas.

A análise dialélica indicou que os melhores efeitos da capacidade geral de combinação, na eficiência de uso de nutrientes, foram para os porta-enxertos Apatã e Mundo Novo, com maior destaque para o Apatã.

