



Avaliação do sistema radicular e eficiência nutricional de cálcio e magnésio em mudas de *Coffea arabica* e *Coffea canephora*

Evaluation of the root system and nutritional efficiency of calcium and magnesium in seedlings of Coffea arabica and Coffea canephora

José Damato Neto¹, Mateus Alves dos Santos², Andressa Costa Soares³, Fausto da Costa Matos Neto⁴, Caetano Marciano de Souza⁵

RESUMO: O conhecimento do sistema radicular e a eficiência nutricional da planta são de extrema importância para o manejo da lavoura, pois com um desenvolvimento adequado do sistema radicular aumenta o volume de exploração do solo, melhorando no estabelecimento da cultura, principalmente devido uma nutrição mais eficaz da cultura. 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. Foram utilizados os seguintes genótipos de *Coffea arabica* L.: as variedades Catuaí Vermelho IAC 15, Oeiras MG 6851, Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32 e as linhagens H 419-10-3-1-5, H 514-5-5-3 e também três genótipos de *Coffea canephora*: Apoatã LC 2258, Conillon Muriaé-1 e Robustão Capixaba (Emcapa 8141). O cultivar Oeiras teve maior produção de biomassa do sistema radicular, ocasionando em maiores valores de peso de matéria seca e superfície de raiz, em cultivo hidropônico. Para a variável peso de matéria seca da parte aérea e eficiência de uso de cálcio os genótipos Oeiras, H 419-10-3-1-5, Mundo Novo e Apoatã, tiveram desempenho superior às demais plantas. Com relação à eficiência nutricional de magnésio, os genótipos Oeiras, H 419-10-3-1-5, Mundo Novo, Apoatã e Emcapa 8141 foram mais eficientes.

Palavras chaves: raiz, hidroponia, oeiras.

ABSTRACT: Knowledge of the radicular system and nutritional efficiency of plants is of utmost importance for crop management. An adequate development of the radicular system increases the volume of soil exploration, enhancing crop establishment, mainly as a result of a more effective nutrition. The experiment was set up in a greenhouse for a period of 170 days, using the nutritive solution circulating method and sand as substrate. The experimental design was in randomized blocks and the following *Coffea arabica* L. genotypes were used : varieties Catuaí Vermelho IAC 15, Oeiras MG 6851, Mundo Novo IAC LCMP 376-4-32 and lines H 419-10-3-1-5, H 514-5-5-3, as well as three *Coffea canephora* genotypes: Apoatã LC 2258, Conillon Muriaé-1 and Robustão Capixaba (Emcapa 8141). To cultivate Oeiras had a greater biomass production of the radicular system, resulting in higher dry matter weight and root surface values, under hydroponic cultivation. For the variables dry matter weight of the aerial part and calcium use efficiency, genotypes Oeiras, H 419-10-3-1-5, Mundo Novo and Apoatã had a better performance than the other plants. As for magnesium nutritional efficiency, genotypes Oeiras, H 419-10-3-1-5, Mundo Novo, Apoatã and Emcapa 8141 were the most efficient.

Keywords: root, hydroponics, oeiras.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 20/11/2013; aprovado em 03/09/2014

¹Doutorando em Fitotecnia, Departamento de Fitotecnia -UFV- Universidade Federal de Viçosa, Campus UFV, 36570-00, Viçosa -MG, e-mail: josedamato@yahoo.com.br

²Mestrando em Fitotecnia, Departamento de Fitotecnia -UFV- Universidade Federal de Viçosa, Campus UFV, 36570-00, Viçosa -MG, e-mail: mateus.vrbmg@gmail.com

³Graduanda em Laticínios, IFET - Rio Pomba - MG 36180-00, e-mail: deehcostasoares@gmail.com

⁴Doutor em Fitotecnia, Departamento de Fitotecnia -UFV- Universidade Federal de Viçosa, Campus UFV, 36570-00, Viçosa -MG, e-mail: fausto.matos@ufv.br

⁵Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, MG. E-mail: cmsouza@ufv.br

INTRODUÇÃO

A cultura do café ocupa importante papel na agricultura e na economia brasileira; por isto, é um dos principais produtos agrícolas do mercado internacional (Silva et al., 2006). Com isto, induz a necessidade de informações técnicas, principalmente as que visam ao incremento da rentabilidade, à qualidade final do produto e à conservação da natureza.

No Brasil, o café é cultivado em uma grande diversidade de solos, muitos dos quais se encontram altamente intemperizados, que, por sua vez, apresentam deficiência aguda de bases, como cálcio e magnésio. Portanto, estudos correlacionando a nutrição com o melhoramento genético, como a técnica de enxertia, são de extrema importância no desenvolvimento de tecnologia e planos de manejo para a introdução de lavouras cafeeiras em solos deficientes nestes nutrientes (Tomaz et al., 2008).

A escolha criteriosa e adequada do genótipo de café a ser explorado é importante para elevar a capacidade produtiva e ter sucesso econômico, desde que cultivados em condições favoráveis. Outra característica importante para o desenvolvimento de uma planta é a eficiência do sistema radicular. Hoje, verifica-se que a modificação da disponibilidade de nutrientes no solo é uma prática bem sucedida em determinadas circunstâncias, mas a estratégia para o futuro deverá explorar o potencial genético da planta na absorção e utilização dos nutrientes (Fageria et al., 1987).

O conhecimento do sistema radicular e a nutrição de plantas são de grande importância na aplicação de práticas de manejo do solo. A destruição das propriedades físicas do solo é um dos principais processos responsáveis pela perda

da qualidade estrutural e aumento da erosão hídrica (Bertol et al., 2001). Na cultura do cafeeiro, o sistema radicular, quando associado aos fatores edafoclimáticos, é fundamental para otimização de várias práticas, como adubações e aplicações de pesticidas de solo, tratos culturais, densidade de plantio, irrigação e cultivos intercalares. As raízes do cafeeiro são órgãos fundamentais, principalmente como elementos de suporte, de absorção de nutrientes e água e como órgãos de produção de várias substâncias orgânicas complexas, vitais à sua própria fisiologia e à da planta inteira.

Segundo Rena & Guimarães (2000), é natural esperar que o sistema radicular se modifique de acordo com a espécie, variedades dentro da espécie mesmo com a combinação enxerto/porta-enxerto. Outros fatores que afetam o sistema radicular são os níveis de nutrientes no solo, o preparo do solo, o tipo de solo, a umidade do solo e a infestação por doenças e pragas (Rena & Maestri, 1986; Fageria, 1998).

Genótipos de muitas espécies de plantas apresentam diferenças na absorção, translocação, acúmulo e uso dos nutrientes. As diferenças entre as plantas quanto à capacidade de absorver nutrientes são decorrentes da variação na magnitude e morfologia do sistema radicular,

como também da cinética de absorção dos nutrientes. Variações nos parâmetros morfológicos de raiz (sistema radicular extensivo e eficiente) e nos cinéticos de absorção ($V_{máx}$, k_m e $C_{mín}$) são necessários para operar os modelos que descrevem quantitativamente o processo de absorção dos nutrientes (Anghinoni et al., 1989). Diferentemente da eficiência de absorção, a eficiência de utilização diz respeito à capacidade de utilização de nutrientes para a síntese de biomassa (Souza, 1994).

Sabe-se que as raízes não se desenvolvem adequadamente em solos muito ácidos. Entre os fatores de acidez, a deficiência de cálcio tem sido apontada como uma das restrições do crescimento radicular (Ritchey et al., 1982). Portanto, é importante o desenvolvimento de estratégias que permitam adequado crescimento radicular nessas condições, buscando corrigir camadas do subsolo ou mediante identificação de genótipos com maior habilidade em emitir raízes em condições adversas de fertilidade do solo (Caires & Rosolem, 1998).

Algumas práticas são utilizadas no sistema convencional de produção do cafeeiro e vêm sendo empregadas na produção de café orgânico, como, por exemplo, o uso de cultivares resistentes às pragas e doenças e com maior eficiência nutricional (Lima et al., 2002).

Segundo Sands & Mulligan (1990), em condições de limitação de água e nutrientes, o aumento da produtividade depende da eficiência das plantas em absorver e utilizar esses elementos no seu crescimento.

O solo é complexo e heterogêneo, variando em suas propriedades físicas, químicas e físico-químicas em pequenas distâncias verticais ou horizontais. Portanto, o uso do cultivo hidropônico em pesquisa é de grande importância, pois permite que se tenha um ambiente mais bem controlado, com maior homogeneidade nas propriedades do substrato, maior uniformidade no ambiente radicular, permitindo, desta forma, uma avaliação mais precisa das variáveis de crescimento e nutrição das plantas (Martinez, 1999). Por isto, o mercado atual valoriza-se pela qualidade dos seus produtos; com isto, a produção hidropônica vem ganhando aos poucos o seu espaço (Fernandes et al., 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento radicular e a eficiência de Ca e Mg em mudas de *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, em solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, utilizando o processo hidropônico de cultivo em areia com o método circulante de fornecimento da solução nutritiva.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com dez tratamentos e quatro repetições, utilizando o teste Scott Knott, a 5% de probabilidade, para comparação entre médias. As análises foram realizadas utilizando-se o programa GENES (Cruz, 1997).

Preparo das mudas

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

A semeadura foi feita em caixas com areia fina e o material passou por irrigações periódicas até atingir o estágio “orelha-de-onça” (primeiro par de folhas expandidas) quando foi para casa de vegetação.

Preparo do substrato e enchimento dos vasos

Na casa de vegetação o substrato utilizado foi areia peneirada, lavada e tratada com HCl, 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.

Utilizaram-se vasos cilíndricos com capacidade de 3 litros, que foram perfurados ao fundo, colocando-se uma mangueira de $\frac{1}{2}$ 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 seguiu 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, e uma camada de 2,0 cm de pedras pequenas na parte inferior do vaso para facilitar a drenagem da solução nutritiva; e depois o restante do vaso foi completado 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 a de Clark (1975) modificada, usando-se $N-NO_3^- = 5,7 \text{ mmol.L}^{-1}$; $N-NH_4^+ = 1,0 \text{ mmol.L}^{-1}$; $P-H_2PO_4^- = 0,1 \text{ mmol.L}^{-1}$; $K^+ = 2,4 \text{ mmol.L}^{-1}$; $Ca^{++} = 1,2 \text{ mmol.L}^{-1}$; $Mg^{++} = 0,6 \text{ mmol.L}^{-1}$; $S-SO_4^{--} = 0,7 \text{ mmol.L}^{-1}$; $B = 19 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$; $Cu = 0,5 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$; $Fe = 40 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$; $Mn = 7 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$; $Mo = 0,086 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$; e $Zn = 2,0 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$.

As plantas foram transplantadas no centro do vaso, utilizando-se uma planta por parcela. 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 estrada de luz, evitando-se a proliferação de algas. Fez-se recobrimento da parte superior da estufa 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 em virtude da evapotranspiração, foram feitas reposições com água deionizada até completar novamente os 2,0 L. A

circulação da solução nutritiva foi duas vezes ao dia. No decorrer do experimento, a cada mês, a força da solução (concentração do nutriente) foi aumentada para 1,5 x, 2,5 x e 3,0 x, respectivamente, da solução inicial. O pH das soluções foi mantido à $5,5 \pm 0,5$ 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 transplante em vaso retiraram-se com cuidado as raízes do substrato, lavando-as em água corrente e enxugando-as 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 interceptação de linha, descrita por Tennant (1975). Com o comprimento de raiz e diâmetro médio, efetuou-se o cálculo de superfície radicular, segundo Bohm (1979). O restante do material foi lavado com água desmineralizada, seco em estufa com ventilação forçada de ar à 70 °C, por 72 horas, até atingir peso constante para avaliar a produção de matéria seca. Após pesagem de matéria seca, os tecidos vegetais secos foram triturados em moinho tipo Wiley. Em seguida, o material vegetal foi digerido em mistura nítrico-perclórica (Johnson & Ulrich, 1959) e analisado quimicamente para determinação dos teores de Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica (Malavolta et al., 1997). A partir da matéria seca do conteúdo dos nutrientes na planta, foram calculados os índices: a) eficiência de uso de nutriente = (matéria seca total produzida)²/(conteúdo total do nutriente na planta) (Siddiqi & Glass, 1981); b) eficiência de absorção = (conteúdo total do nutriente na planta)/(matéria seca de raízes) (Swiader et al., 1994); e c) eficiência de translocação = ((conteúdo do nutriente na parte aérea)/(conteúdo total do nutriente na planta) 100 (Li et al., 1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável peso da matéria seca de raiz (PMSR), a variedade Oeiras mostrou superioridade quando comparada com os outros genótipos; e a variedade Conillon M.1 mostrou-se inferior às demais plantas (Tabela 1).

Avaliando a superfície de raiz (SR), observou-se que houve grande similaridade desta com o peso da matéria seca da raiz (Tabela 1).

A medida de superfície de raiz é importante, pois permite diferenciar raízes grossas das finas e, desta maneira, é capaz de promover estimativas da absorção de nutrientes e água (Bohm, 1979). Neste experimento, por se tratar de plantas jovens, os maiores valores de superfície ocorreram em virtude da maior biomassa seca e não da espessura das raízes.

Tabela 1 – Valores médios de peso da matéria seca da raiz (PMSR), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e superfície de raiz (SR), dos genótipos de café em solução nutritiva.

Tratamentos	PMSR (g)	PMSPA (g)	SR (cm ²)
Catuai 15	1,050 b	3,693 b	3119,335 b
Oeiras	1,728 a	5,591 a	5687,775 a
H419-10-3-1-5	1,034 b	4,315 a	3337,105 b
H514-5-5-3	0,935 b	3,365 b	2870,930 b
Mundo Novo	1,078 b	4,601 a	3403,288 b
Apoatã	1,251 b	5,126 a	2828,690 b
Conillon M.1	0,599 c	1,952 c	1550,143 c
Emcapa 8141	0,947 b	3,627 b	2769,583 b
G.L. resíduo	CV = 20,82	CV = 18,39	CV = 21,39

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5%.

O maior desenvolvimento do sistema radicular da variedade Oeiras pode ser devido às características genéticas do cultivar, mostrando ser uma planta vigorosa com boas perspectivas futuras de produção.

Vários pesquisadores são enfáticos em afirmar que a conformação do sistema radicular depende, em primeiro lugar, da sua constituição genética e, depois, das condições de solo, como a fertilidade, o teor de umidade, o arejamento, a densidade e a resistência mecânica (Tham et al., 1992).

Em condições de campo, o sistema radicular é considerado fator de grande importância na produção. Segundo Ramos & 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.

Alguns autores mencionam que a “maior resistência geral” do *Coffea canephora*, em relação ao *arabica*, seja a maior extensão e eficiência do seu sistema radicular. Mas, parece que não é bem assim, e as poucas evidências experimentais indicam mesmo o contrário, em alguns casos. Portanto, o que se verifica é que existem plantas de *Coffea arabica* com sistema radiculares superiores ao do *Canephora* e vice-versa. Para Haarer (1962), é possível que haja grandes diferenças entre sistemas radiculares da espécie *canephora* e que as interações com o solo, o clima e o manejo contribuam para ampliar estas possíveis diferenças.

Para a variável peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA), os genótipos Oeiras, H 419-10-3-1-5, Mundo Novo e Apoatã tiveram maior produção de biomassa. O Catuai 15, H 514-5-5-3 e Emcapa 8141 tiveram crescimento intermediários e o Conillon M.1 teve biomassa inferior aos demais.

O aumento do PMSPA pode estar associado à maior eficiência nutricional do genótipo. Em trabalhos realizados por Correia et al. (1983), de extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuai, pode ser observado por meio dos cálculos de eficiência de

utilização que o cultivar Mundo Novo é mais eficiente na utilização de N que o Catuai. Essa maior eficiência pode ser atribuída à maior produção de biomassa na parte aérea no Mundo Novo. Albuquerque & Dechen (2000), em estudo com videiras, observaram que porta-enxertos vigorosos e eficientes na extração de nutrientes apresentava maior produção de matéria seca da parte aérea.

Avaliando a eficiência de uso de cálcio (EFUCa) verificou-se que os genótipos Oeiras, H 419-10-3-1-5, Mundo Novo e Apoatã foram mais eficientes no uso do nutriente. O Catuai 15, H 514-5-5-3 e Emcapa 8141 tiveram valores intermediários e o Conillon M.1 foi menos eficiente que os demais. Com relação à eficiência de absorção (EFACa) e translocação de cálcio (EFTCa) não houve diferenças significativas entre os genótipos (Tabela 2).

Tabela 2 – Eficiência de uso de cálcio (EFUCa), eficiência de absorção de cálcio (EFACa) e eficiência de translocação de cálcio (EFTCa) dos genótipos de café em solução nutritiva

Tratamentos	EFUCa (g ² mg ⁻¹)	EFACa (mg g ⁻¹)	EFTCa (%)
Catuai 15	0,756 b	28,531 a	89,923 a
Oeiras	1,067 a	28,816 a	90,027 a
H419-10-3-1-5	0,945 a	30,247 a	90,252 a
H514-5-5-3	0,683 b	29,235 a	88,778 a
Mundo Novo	1,012 a	30,157 a	91,246 a
Apoatã	0,952 a	37,794 a	93,118 a
Conillon M.1	0,380 c	29,695 a	90,755 a
Emcapa 8141	0,702 b	31,576 a	92,085 a
G.L. resíduo 21	CV = 22,34	CV = 16,28	CV = 1,93

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5%.

A maior eficiência de uso de cálcio constatada em alguns genótipos pode ser devido às melhores eficiências metabólicas no uso deste por estas plantas. Este fato pode ser observado quando se verifica que não houve diferenças significativas na absorção e translocação (Tabela 2); mas, no entanto, tiveram aumentos na matéria seca da parte aérea (Tabela 1), reforçando a ideia da eficiência metabólica.

Fageria & Morais (1987), avaliando cultivares de arroz na utilização de cálcio e magnésio em solos de cerrados, verificaram que os cultivares estudados respondiam diferentemente à aplicação de calcário, ou seja, as plantas mais eficientes na utilização de cálcio e magnésio produziram acima da média das demais cultivares em baixo nível de Ca e Mg.

Varietades de plantas com conhecida diferença genotípica na eficiência de uso e redistribuição de Ca podem representar uma alternativa atrativa em áreas agrícolas deficientes neste nutriente (Caines & Shennan, 1999).

Com relação à eficiência de uso de magnésio (EFUMg), os genótipos Oeiras, H 419-10-3-1-5, Mundo

Novo, Apoatã e Emcapa 8141 foram mais eficientes no uso do nutriente; o Catuaí 15, o H 514-5-5-3 e o Conillon M.1 foram menos eficientes. Na avaliação da eficiência de absorção do nutriente (EFAMg), as variedades Emcapa 8141 e Conillon M.1 foram menos eficientes. Para eficiência na translocação de magnésio (EFTMg) não houve diferenças significativas entre os genótipos (Tabela 3).

Tabela 3 – Eficiência de uso de magnésio (EFUMg), eficiência de absorção de magnésio (EFAMg) e eficiência de translocação de magnésio (EFTMg) dos genótipos de café em solução nutritiva.

Tratamentos	EFUMg (g ² mg ⁻¹)	EFAMg (mg g ⁻¹)	EFTMg (%)
Catuaí 15	1,571 b	13,658 a	68,566 a
Oeiras	2,352 a	13,141 a	67,816 a
H419-10-3-1-5	1,908 a	15,001 a	70,310 a
H514-5-5-3	1,341 b	14,849 a	70,420 a
Mundo Novo	2,255 a	13,521 a	71,096 a
Apoatã	2,745 a	12,749 a	69,915 a
Conillon M.1	1,213 b	9,849 b	66,686 a
Emcapa 8141	2,342 a	9,560 b	61,749 a
G.L. resíduo	CV = 22,19	CV = 13,88	CV = 8,64
21			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5%.

A maior eficiência de uso de magnésio, constatada em alguns genótipos, pode ser devido às melhores eficiências metabólicas no uso deste nutriente por estas plantas, com consequente aumento do peso da matéria seca da parte aérea. Este fato pode ser observado quando se verificou que para os genótipos mais eficientes não houve diferença na absorção do nutriente dos genótipos menos eficientes, com exceção das variedades Emcapa 8141 e Conillon M.1. Destas duas variedades, o Emcapa 8141 apesar de ter uma eficiência de absorção inferior ela teve uma boa eficiência de uso (Tabela 3). Observou-se também que os genótipos com maior eficiência de uso do nutriente tiveram os maiores aumentos na matéria seca da parte aérea, com exceção da variedade Emcapa 8141 (Tabela 1), reforçando a ideia da eficiência metabólica.

Segundo Duncan & Baligar (1990), 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. Assim, não basta a planta ser eficiente somente na absorção do nutriente, mas o deve ser também na sua utilização.

É importante salientar que a eficiência de absorção de nutrientes e sua relação com os estudos das raízes devem também ser investigadas em experimentos com solo. Agentes como pelos radiculares, micorrizas e

morfologia radicular podem apresentar diferenças na eficiência de absorção de nutrientes entre as variedades cultivadas em solo e, diretamente, diferenças na eficiência nutricional das plantas (Tomaz et al., 2003).

De acordo com Marschner (1995), o magnésio possui raio hidratado relativamente grande e energia de hidratação muito alta, o que faz que sua afinidade por sítios de ligação na membrana plasmática seja particularmente baixa, determinando baixas taxas de absorção, especialmente quando em presença de outros cátions.

Sacramento et al. (1999), estudando absorção de magnésio por raízes destacadas de cultivares de tomateiro, observaram que determinados genótipos apresentavam comportamento diferentes na absorção do magnésio das soluções tratamento; ou seja, determinados cultivares tinham maior afinidade pelo Mg²⁺ ao absorverem o nutriente em concentrações de até 0,41 mmol.L⁻¹.

Martins et al. (1981), ao trabalharem com híbridos de sorgo, demonstraram que as plantas mais eficientes no uso de Mg foram também as mais produtivas.

CONCLUSÕES

- 1 O cultivar Oeiras teve maior produção de biomassa do sistema radicular, ocasionando em maiores valores de peso de matéria seca e superfície de raiz, em cultivo hidropônico.
- 2 Para a variável peso de matéria seca da parte aérea os genótipos Oeiras, H 419-10-3-1-5, Mundo Novo e Apoatã, tiveram crescimento superior aos demais.
- 3 Avaliando a eficiência nutricional de cálcio, os genótipos Oeiras, H 419-10-3-1-5, Mundo Novo e Apoatã, mostraram ser mais eficientes no uso deste nutriente.
- 4 Para a eficiência nutricional de magnésio, os genótipos Oeiras, H 419-10-3-1-5, Mundo Novo, Apoatã e Emcapa 8141, foram mais eficientes no uso deste nutriente.
- 5 A variedade Conillon M.1 mostrou desempenho inferior às demais plantas estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- ANGHINONI, I.; Volkart, C.R.; Fattore, N.; Ernani, P.R. **Morfologia de raízes e cinética da absorção de nutrientes em diversas espécies e genótipos de plantas.** R. Bras. Ci. Solo, v.13, p.355-361, 1989.
- BERTOL, I.; Beutler, J.F.; Leite, D.; Batistela, O. **Propriedades físicas de um Cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo.** Scientia Agrícola, v.58, n.3, p.555-560, jul./set. 2001.

- BOHM, W. **Methods of studying root systems**. New York: Springer-Verlag, 1979. 188p.
- CAINES, A.M. & Shennan, C. **Growth and nutrient composition of Ca²⁺ use efficient and Ca²⁺ use inefficient genotypes of tomato**. *Plant Physiol. Biochem.*, v.37, p.559-567, 1999.
- CAIRES, E.F. & Rosolem, C.A. **Correção da acidez do solo e desenvolvimento do sistema radicular do amendoim em função da calagem**. *Bragantia*, Campinas, v.57, n.1, p.175-184, 1998.
- 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 CAFEIEIRA, 10., 1983, Poços de Caldas, MG. Anais... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1983. p.117-83.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- DUNCAN, R.R. & Baligar, V.C. **Genetics and physiological basis of nutrient uptake and use efficiency**. In: Baligar, V.C.; Duncan, R.R. (Ed.). *Crops as enhancers of nutrient use*. New York: Academic Press, 1990. p.3-35.
- FAGERIA, N.K. & Morais, O. P. **Avaliação de cultivares de arroz na utilização de cálcio e magnésio em solo de cerrado**. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.22, n.7, p.667-672, 1987.
- FAGERIA, N.K. **Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas**. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.2, n.1, p.6-16, 1998.
- FERNANDES, A.A.; Martinez, H.E.P.; Pereira, P.R.G.; Fonseca, M.C.M. **Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes**. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.2, p.195-200, junho 2002.
- HAARER, A.E. **Modern coffee production**. London: Leonard Hill, 1962. 495p.
- JOHNSON, C.M. & Ulrich, A. **Analytical methods for use in plants analyses**. Los Angeles: University of California, 1959. p.32-33. (Bulletin, 766).
- LI, B.; McKeand, S.E.; Allen, H.L. **Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings**. *For. Sci.*, v.37, p.613-626, 1991.
- LIMA, P.C.; MOURA, W.M.; AZEVEDO, M.S.F.R.; CARVALHO, A.F. **Estabelecimento de cafezal orgânico**. *Informe Agropecuário*, v.23, p.33-52, 2002.
- MALAVOLTA, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MARTINEZ, H.E.P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: UFV, 1999. 46p.
- MARTINS, C.E.; Amaral, F.A.L.; Monnerat, P.H.; Condé, A.R.; Fontes, L.A.N. **Eficiência de utilização de potássio, cálcio e magnésio de 16 híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench)**. *R. Ceres*, v.28, p.323-332, 1981.
- 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**. In: Rena, A.B.; Malavolta, E.; Rocha, M.; Yamada, T. (Ed.). *Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafos, 1986. p.13-85.
- RENA, A.B. & Guimarães, P.T.G. **Sistema radicular do cafeeiro: Estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam**. Belo Horizonte: Epamig, 2000. 80p. (Epamig, Série Documentos, 37).
- RITCHEY, K.D.; Silva, S.E.; Costa, V.F. **Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols**. *Soil Sci.*, Baltimore, v.133, p.378-382, 1982.
- SANDS, R. & Mulligan, D.R. **Water and nutrient dynamics and tree growth**. *For. Ecol. Manage.*, v.30, n.1, p.91-111, 1990.
- SACRAMENTO, L.V.S.; Martinez, H.E.P.; Monnerat, P.H.; Oliveira, L.M. **Absorção de magnésio por raízes destacadas de cultivares de tomateiro**. *Sci. Agrícola*, v.56, n.3, p.509-515, 1999.
- 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.
- SILVA, R.V.D.; Oliveira, R.D.D.L.; Pereira, A.A.; Jesus, D.S. **Otimização da produção de inóculo de Meloidogyne exigua em mudas de cafeeiro**. *Nematol. Bras.*, v.30, n.3, p.229-238, 2006.

- SOUZA, M.E. **Correlação adulto juvenil para eficiência nutricional e comportamento de clones de Eucalyptus grandis em dois níveis de fertilidade do solo.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994. 102p. Dissertação Mestrado.
- SWIADER, J.M.; Chyan, Y.; Freiji, F.G. **Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids.** J. Plant Nut., v.17, p.1687-1699, 1994.
- TENNANT, D. **A test of a modified line intersect method of estimating root length.** J. Applied Ecol., v.63, p.995-1001, 1975.
- THAM, K.C.; Kadmin, B.; YAU, P.Y.; Wan-Othman, W.M.; Ambak, K.; Ting, C.C.; Ahamad, Y. **Root activity patterns of two coffee species (Coffea liberica and Coffea robusta) grown under different soil environments: a study using ³²P tracer technique.** Mardi Research Journal, v.20, n.1, p.93-104, 1992.
- TOMAZ, M.A.; Martinez H.E.P.; Cruz, C.D.; Ferrari, R.B.; Zambolim, L. **Diferenças genéticas na eficiência de absorção, na translocação e na utilização de K, Ca e Mg em mudas enxertadas de cafeeiro.** Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.6, p.1540-1546, set. 2008.
- TOMAZ, M.A.; Silva, S.R.; Sakiyama, N.S.; Martinez, H.E.P. **Eficiência de absorção, translocação de cálcio, magnésio e enxofre por mudas enxertadas de coffea arábica.** R. Bras. Ci. Solo, v.27, p.885-892, 2003.