

# PRÉ-ENRAIZAMENTO DE MUDAS DE MANDIOQUINHA-SALSA EM DIFERENTES BANDEJAS E SUBSTRATOS COM FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

## Pre-rooting of rhizomes of peruvian carrot in different trays and substrates with arbuscular micorrhizal fungi

Carla Andréia da Cunha Martins<sup>1</sup>, Adriano Portz<sup>2</sup>, Felipe da Costa Brasil<sup>3</sup>, Eliane Maria Ribeiro da Silva<sup>4</sup>, Eduardo Lima<sup>5</sup>, Everaldo Zonta<sup>5</sup>

### RESUMO

Realizou-se este trabalho com o objetivo de estudar a colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no período de pré-enraizamento da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Os tratamentos constaram de dois substratos e dois tamanhos de bandeja de isopor. Utilizou-se um substrato comum constituído de 30% de composto orgânico, 30% de solo argiloso e 30% de areia e um substrato comercial Plantmax® Hortaliças; os tamanhos de bandejas de isopor foram: 128 células/bandeja (38 cm<sup>3</sup> por célula) e 200 células/bandeja (18 cm<sup>3</sup> por célula). Efetuou-se uma inoculação mista de FMAs com solo inóculo composto pelas espécies *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum*. Houve em ambos os substratos restrita resposta à inoculação dos FMAs, pela baixa colonização radicular, variando de 0,63 a 2,14% no substrato comercial e 7,93 a 15,09% no substrato comum. O substrato comum não apresentou características físicas desejáveis (aeração e drenagem) para um bom desenvolvimento das raízes de mandioquinha-salsa durante a fase de pré-enraizamento. O substrato comercial apresentou maiores médias para a variável área e comprimento radicular em todas as coletas. A área radicular variou de 21,50 cm<sup>2</sup> com 30 DAP a 68,22 cm<sup>2</sup> com 60 DAP, enquanto o comprimento radicular variou de 2,64 m com 30 DAP a 12,64 m com 60 DAP. A bandeja de 200 células (18 cm<sup>3</sup> célula/bandeja) não foi adequada para a produção de mudas de mandioquinha-salsa.

**Termos para indexação:** Batata baroa, endomicorizas, características radiculares.

### ABSTRACT

The objective of the work was to study the root colonization by arbuscular micorrhizal fungi (AMF) during the development of Peruvian carrot rhizomes (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). The treatments consisted of two substrates and two polystyrene trays sizes. A common substrate constituted of 30% of organic compost, 30% of loamy soil and 30% of sand, and a commercial substrate "Plantmax® Hortaliças"; and polystyrene trays sizes of 128 cells/tray (38 cm<sup>3</sup> per cell) and 200 cells/tray (18 cm<sup>3</sup> per cell) were used. A mixed inoculation of AMF, with soil inoculum composed by the species *Gigaspora margarita* and *Glomus clarum* was done. In both substrates a restricted response of inoculation of AMF, occurred low root colonization, was low ranging from 0.63 to 2.14% in the commercial substrate and 7.93 to 15.09% in the common substrate. The common substrate did not present desirable physical characteristics (aeration and drainage) for a good development of the Peruvian carrot roots during the pre-rooting phase. The commercial substrate resulted in larger averages for root area and length in all the samplings. Root area varied from 21.50 cm<sup>2</sup> with 30 days after planting (DAP) to 68.22 cm<sup>2</sup> with 60 DAP, while root length varied from 2.64 m with 30 DAP to 12.64 m with 60 DAP. The tray of 200 cells (18 cm<sup>3</sup> cell/tray) did not adapt for the production of Peruvian carrot seedlings.

**Index terms:** Arracacha, endomycorrhizae, rooting characteristic.

(Recebido para publicação em 22 de dezembro de 2005 e aprovado em 7 de junho de 2006)

### INTRODUÇÃO

A mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) é uma cultura bastante rústica, podendo ser cultivada o ano todo, além de não possuir período determinado e fixo para colheita, o que permite o escalonamento ou mesmo aguardar oscilações positivas nos preços (VIEIRA & CASALI, 1997). Sua importância alimentar está no alto valor nutricional e no amido de fácil digestibilidade, porém, apesar da sua introdução no País ter sido no início do século passado, a cultura ainda é

considerada como recente em termos de exploração agrícola e consumo, comparado a outras hortaliças.

Os benefícios oriundos da associação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no desenvolvimento dos vegetais são conhecidos a décadas (KOIDE & MOSSE, 2004), e, sabe-se que há melhorias na absorção de água e de nutrientes, podendo ocorrer aumento na resistência a diversos tipos de estresse (MARSCHNER, 1997).

Balota & Lopes (1996) consideram que a capacidade de germinar dos esporos de FMAs está relacionada com o potencial de inóculo do solo.

<sup>1</sup>Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Agronomia – Ciência do Solo – Departamento de Solos da UFRRJ – BR 465, Km 07 – Seropédica, RJ – 23890-000 – candcunha@ufrj.br

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto, Departamento de Agronegócios da UFF – Av. dos Trabalhadores, 420 – Vila Santa Cecília – Volta Redonda, RJ – 27255-125 – aporz@metal.eeimvr.uff.br

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor, Departamento de Geografia, Universidade Gama Filho/UGF – Piedade – Rio de Janeiro – 20748-900 – febrasil@bol.com.br

<sup>4</sup>Engenheira Florestal, Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia – CNPAB – Br 465, Km 07 – Seropédica, RJ – 23890-000 – eliane@cnab.embrapa.br

<sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto, Departamento de Solos da UFRRJ – Br 465, Km 07 – Seropédica, RJ – 23890-000 – edulima@ufrj.br; ezonta@ufrj.br

A técnica de pré-enraizamento da mandiocinha-salsa, que pode ser realizada em viveiros, tem como principais objetivos a padronização das mudas e a redução do ciclo da planta permitindo uma colheita mais precoce (SANTOS & CARMO, 1998). A prática de inoculação com FMAs, nesta fase, pode favorecer a obtenção de plantas com melhor desenvolvimento de parte aérea e do sistema radicular, o que deve contribuir para um maior vigor e resistência das mudas quando transplantadas para o campo (MATOS et al., 2002).

Sendo intrínseca a relação entre FMAs e o sistema radicular das plantas, o estudo do sistema radicular torna-se essencial para a avaliação, entendimento e controle desta simbiose.

Assim, conduziu-se este trabalho com o objetivo de avaliar o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea de mudas de mandiocinha-salsa e a colonização radicular pelos FMAs na fase de pré-enraizamento, em dois substratos e dois tamanhos de células em bandeja de isopor.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi montado na estação experimental da Embrapa Agrobiologia (CNPAB) em Seropédica – RJ, com mudas de mandiocinha-salsa da cultivar Amarela de Carandaí. As plantas matrizes foram colhidas aos 12 meses após o plantio (final de ciclo), de onde retirou-se os filhotes das touceiras adultas, com tamanho entre 4 a 6 cm. Depois de destacados efetuou-se o corte em bisel, uniformizando o tamanho em  $3 \pm 0,5$  cm. O delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram dois tipos de substrato, dois tipos de bandeja, ambos inoculados, a saber: substrato comum - constituído de 30% de composto orgânico, 30% de solo argiloso e 30% de areia e substrato comercial - Plantmax® Hortaliças constituído de vermiculita, ilita, cascas e turfa, ambos não esterilizados, numa tentativa de maior aproximação das condições de produtores rurais, onde foi adicionado 10% v/v de fosfato de rocha (Fosfato de Araxá®). Os dois tamanhos de bandejas de isopor (38 e 18 cm<sup>3</sup> por célula) foram denominados bandeja 1 (128 células/bandeja) e bandeja 2 (200 células/bandeja). Como solo-inóculo, foi utilizada uma mistura das espécies de FMAs *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* (da coleção do Laboratório de Micorrizas do CNPAB) na quantidade de 0,5 g do inóculo misto (duas espécies) por célula das bandejas. Durante um período de 60 dias foram realizadas três coletas com intervalo de 15 dias entre as mesmas.

As análises dos substratos realizadas pelo Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos da UFRRJ, segundo o método da Embrapa (1999), apresentaram as seguintes características químicas, a seguir: (substrato comum) pH em água (1:2,5) = 6,4; Al<sup>3+</sup> = 0,0 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>; H+Al = 0,3 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 6,6 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 1,5 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>; Na<sup>+</sup> = 2,131 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>; P = 1385 mg dm<sup>-3</sup>; K = 487 mg dm<sup>-3</sup>; C = 3,9 g Kg<sup>-1</sup>; (substrato comercial) pH em água (1:2,5) = 4,6; Al<sup>3+</sup> = 0,0 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>; H+Al = 1,0 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 11,3 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 7,2 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>; Na<sup>+</sup> = 1,924 cmol<sub>c</sub> Kg<sup>-1</sup>; P = 1669 mg dm<sup>-3</sup>; K = 562 mg dm<sup>-3</sup>; C = 18,6 g Kg<sup>-1</sup>.

O experimento foi conduzido em viveiro com cobertura de sombrite 50%, irrigado por microaspersão, duas vezes ao dia, uma pela manhã e a outra à tarde, mantendo-se a umidade do substrato próxima a 80% da capacidade de campo.

Em cada coleta eram retiradas nove plantas aleatoriamente de cada uma das parcelas experimentais. Das nove plantas coletadas, quatro plantas formaram uma amostra composta, onde as raízes, após lavagem em água corrente, eram acondicionadas em etanol a 50% para posterior clarificação, coloração e determinação da porcentagem de colonização das raízes. A clarificação e coloração das raízes foram baseadas nos métodos propostos por Grace & Stribley (1991) e Koske & Gemma (1989), respectivamente, e a avaliação da colonização radicular seguiu o método da interseção de quadrantes descrita em Giovannetti & Mosse (1980), adaptado a partir do método de medida de comprimento de raízes de Newman (1966). Nas cinco plantas restantes, se determinou a massa fresca tanto da parte aérea como da raiz.

Para a quantificação das características morfológicas radiculares foi utilizada a técnica de processamento digital de imagens (RITCHNER et al., 2000). Para tal as raízes foram lavadas em água destilada, separadas do substrato e armazenadas em recipientes com etanol a 50%, para depois serem digitalizadas. A digitalização das imagens foi feita em um scanner de mesa com 300 dpi de resolução ótica e com quantização de 256 tons de cinza, que permite quantificar objetos com diâmetro igual ou superior a 0,16 mm (ZONTA, 2003). As imagens obtidas foram salvas em formato BMP (Bitmap) e processadas no software SIARCS 3.0 da Embrapa-CNPADIA®. Foram determinados os valores de área superficial radicular em centímetros quadrados (cm<sup>2</sup>) e o comprimento radicular total em metros (m) (BRASIL, 2001). A área e o comprimento específico (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> e m g<sup>-1</sup> de raízes) foram derivados como indicadores da espessura ou do diâmetro radicular, para a comparação entre os diferentes tratamentos (OLIVEIRA et al., 2000).

O programa estatístico utilizado foi o SAEG, e os dados foram submetidos aos testes estatísticos de normalidade (teste de Lilliefors) e homogeneidade de variância (teste de Bartlett). Foi feita a transformação dos dados usando-se arcoseno ( $\arcsin(x/100)$ ) para a colonização radicular. Os dados foram avaliados como um fatorial AxB (2x2) com 4 repetições, por análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Duncan.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A colonização radicular observada nas raízes dos tratamentos avaliados variaram de 0,63% a 15,9%, para os tratamentos substrato comercial e substrato comum, respectivamente. Sob condições de campo, Martins (2005) encontrou valores superiores em raízes da Amarela de Carandaí, da ordem de 23,9%, neste estudo foram encontradas 29 espécies de FMAs nativos, cujos gêneros foram *Archaeospora*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus* e *Scutellospora*, porém a espécie *Glomus macrocarpum* predominou em relação as demais. Foram observadas diferenças significativas pelo teste F a 1%, entre as médias nos dois substratos, sendo que o substrato comum sempre apresentou maior porcentagem de colonização em todas as coletas (Figura 1). Para ambos tratamentos foram observadas a diminuição da colonização radicular com o decorrer da idade das plantas, o que possivelmente pode ter sido devido a um efeito dilutivo, em que a infecção radicular não acompanhou o rápido crescimento das raízes.

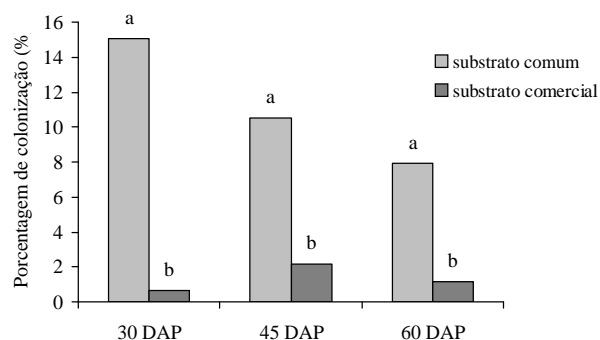
A baixa colonização pode ser devida à baixa dependência de nutrientes pelas mudas, já que estas também são órgãos de reserva, com quantidades suficientes de reservas para a emissão de novas raízes e da parte aérea da nova planta. Os teores de nutrientes nesta parte da planta são inclusive maiores do que nas raízes de reserva apesar de possuírem maior quantidades de celulose se comparado as raízes comestíveis (CÂMARA, 1984; PORTZ, 2001). Neste caso a colonização inicial das mudas de mandioca-salsa pelos FMAs poderia estar sendo inibida ou mesmo retardada pela disponibilidade inicial de nutrientes da nova planta na muda, por economia de carbono, inclusive.

Em trabalho realizado por Zambolim et al. (1992), a densidade de esporos de *Glomus etunicatum* aumentou quando houve incorporação de matéria orgânica ao solo, o que provavelmente pode ser devido a melhoria da aeração do substrato e ao maior desenvolvimento radicular, ao contrário deste trabalho, em que foi observado que o substrato comum, com 30% de composto orgânico em sua composição, não proporcionou bom desenvolvimento

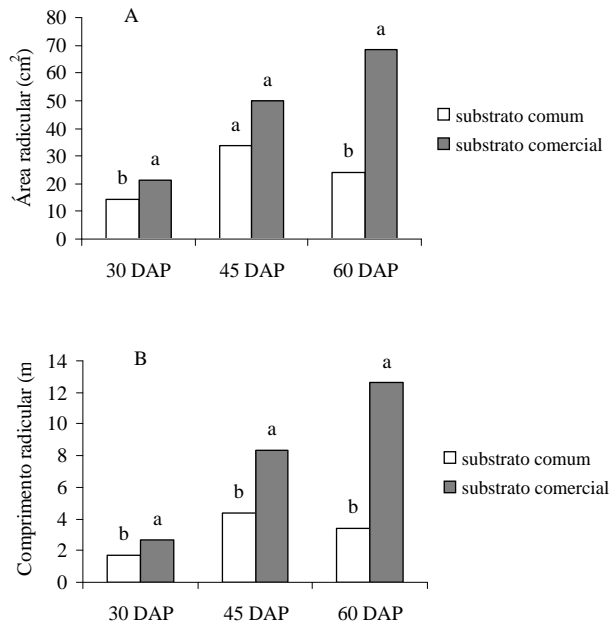
radicular e nem mesmo maior colonização radicular, causando inclusive perda considerável (variando de 10 a 30%) das mudas por apodrecimento dos propágulos. Neste caso, um dos fatores que pode ter contribuído para tal, tenha sido a inadequada aeração e drenagem deste substrato, devido a grande quantidade de argila, que aumenta a densidade e reduz os macroporos. Wang et al. (1993), em um estudo com três tipos de substratos à base de turfa, verificaram que o substrato menos fibroso apresentava alta densidade e pouca aeração, e por consequência a sua colonização radicular era baixa. O substrato comercial apesar de possuir maior aeração e drenagem, quando comparado ao substrato comum, também não apresentou maior colonização radicular pelos FMAs, sendo encontrado de 0,63 a 2,14% para o substrato comercial e 7,93 a 15,09% para o substrato comum (Figura 1).

Para os dois substratos, a quantidade inicial dos nutrientes disponíveis também poderia estar influenciando na resposta da planta a colonização radicular dos FMAs inoculados. Vários autores (LOPES et al., 1983; MARSCHNER, 1997; MOREIRA & SIQUEIRA, 2002; MOSSE et al., 1981; SAGGIN JÚNIOR & LOVATO, 1999), mostraram que em altas concentrações de fósforo ocorre inibição da simbiose micorrízica.

Com relação às características radiculares, foi observado no substrato comercial maiores médias de área e comprimento radicular em todas as coletas (Figura 2A e 2B), o que melhoraria a absorção, já que houve aumento de raízes finas, e, segundo Vogt et al. (1998) em espécies anuais e perenes, as raízes finas são responsáveis pela maior parte do comprimento total do sistema radicular.



**FIGURA 1** – Colonização radicular em porcentagem, das raízes de mandioca-salsa em dois tipos de substratos (substrato comum: 30% areia, 30% composto orgânico e 30% solo argiloso e substrato comercial), aos 30, 45 e 60 DAP (dias após o plantio). Barras seguidas de mesma letra dentro de cada coleta, não diferem entre si a 1% de probabilidade, pelo teste de Duncan.



**FIGURA 2** – Médias da área radicular em centímetros quadrados e do comprimento radicular em metros, das raízes de mandioca-salsa em dois tipos de substrato (substrato comum: 30% areia, 30% composto orgânico e 30% solo argiloso e substrato comercial), aos 30, 45 e 60 DAP (dias após o plantio). Barras seguidas de mesma letra dentro de cada coleta, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Com exceção dos 30 DAP, nas demais coletas (45 e 60 DAP) o substrato comercial também apresentou maiores médias de massa fresca radicular (Teste F a 1%), sendo observado que as raízes tinham cor mais clara e pareciam menos suberizadas quando comparadas àquelas plantadas no substrato comum, provavelmente devido a que este substrato, de textura mais leve (menor densidade) e melhor distribuição do espaço poroso, favoreceu o rápido crescimento das raízes, por ter proporcionado menor resistência física à penetração. Estas características são altamente favoráveis para o transplante das mudas no campo, quando comparado ao substrato comum (Tabela 1).

O acúmulo da massa fresca de parte aérea foi crescente e o substrato comercial favoreceu o desenvolvimento da parte aérea das mudas na bandeja de 128 células aos 45 e 60 DAP (Teste F 1%), também não havendo diferenças significativas aos 30 DAP. Novamente o substrato de menor densidade com melhor aeração e

com maior capacidade de retenção de água deve ter favorecido o melhor desenvolvimento das mudas, inclusive na bandeja com menor volume de substrato na célula (Tabela 2).

A relação raiz/parte aérea aos 30 DAP foi maior na bandeja 1 e no substrato comercial isoladamente. Aos 45 e 60 DAP o substrato comercial apresentou maior relação raiz/parte aérea (Teste F a 1%), em consequência do melhor desenvolvimento das raízes neste substrato. Particularmente, para o bom desenvolvimento das mudas após o transplante para o campo, é desejável uma alta relação raiz/parte aérea, que favorece um rápido restabelecimento das plantas no novo ambiente.

Aos 30 DAP, a área específica e o comprimento específico apresentaram maiores médias na bandeja 2, ou seja aquela de menor volume de substrato. Aos 45 DAP, a área específica foi maior na bandeja 2 e verificada também no substrato comum (Tabela 3), porém para esta mesma data de coleta, o comprimento radicular específico não apresentou diferenças significativas para bandejas e substratos. Já aos 60 DAP o comprimento específico foi maior no substrato comercial, e a área específica não apresentou diferenças nos tratamentos bandejas e substratos (Tabela 3). A área e o comprimento específicos são variáveis que dão noção da espessura e ramificação das raízes. Valores altos de comprimento específico maximizam a superfície de área explorada pelas raízes para a absorção de nutrientes e água, e são comuns em plantas novas e/ou crescendo em solos inférteis (FITTER, 1985). Para plantas que dependem da simbiose com fungos micorrízicos para a aquisição de nutrientes a manutenção de um grande sistema radicular de pequeno diâmetro pode ser de alto custo energético e desvantajoso (JANOS, 1980). Assim, o comprimento radicular específico de plantas dependentes de fungos micorrízicos aparentemente diminui quando a simbiose está estabelecida. Em estudos com algodão, os isolados de fungos micorrízicos mais eficientes causaram a maior redução do comprimento radicular específico (PRICE et al., 1989).

O substrato comum proporcionou uma maior ramificação das raízes, assim como um menor crescimento em diâmetro das raízes nas plantas. No entanto, isto pode ter sido mascarado aos 60 DAP porque as raízes das mudas já tinham atingido o fundo das células das bandejas e sofreram uma poda pela queima das pontas das raízes pela luz, o que induziria uma maior produção de raízes secundárias.

**TABELA 1** – Massa fresca radicular em gramas de plantas de mandioquinha-salsa em dois substratos aos 30, 45 e 60 DAP (dias após o plantio). Médias de cinco repetições\*.

	30 DAP	45 DAP	60 DAP
Substrato comum	0,31 Aa	0,27 Ab	0,26 Ab
Substrato comercial	0,40 Ba	0,62 Aa	0,76 Aa

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem entre si a 1 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

**TABELA 2** – Massa fresca em gramas de parte aérea de plantas de mandioquinha-salsa em dois substratos e duas bandejas 1 e 2 aos 30, 45 e 60 DAP (dias após o plantio). Médias de cinco repetições.

Tratamentos		30 DAP	45 DAP	60 DAP
Bandeja 1 (128 células)	Substrato comum	0,44 Ba*	1,11 Aa	1,40 Ab
	Substrato comercial	0,38 Ca	1,45 Ba	2,73 Aa
Bandeja 2 (200 células)	Substrato comum	0,37 Ba	0,98 Ba	1,92 Aa
	Substrato comercial	0,37 Ba	0,82 Bb	1,65 Ab

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem entre si a 1 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

**TABELA 3** – Área radicular específica ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) e comprimento radicular específico ( $\text{m g}^{-1}$ ) de plantas de mandioquinha-salsa em duas bandejas 1 e 2 aos 30, 45 e 60 DAP (dias após o plantio). Médias de cinco repetições.

Tratamentos	Área radicular específica ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ )			Comprimento radicular específico ( $\text{m g}^{-1}$ )		
	30 DAP	45 DAP	60 DAP	30 DAP	45 DAP	60 DAP
Bandeja 1 (128 células)	46,06 b*	91,70 b*	86,34 a	5,59 b	13,45 a	14,44 a
Bandeja 2 (200 células)	64,04 a	114,73 a	99,90 a	7,88 a	15,99 a	15,52 a
Substrato comum	52,58 a	122,66 a	94,31 a	6,42 a	15,70 a	13,13 b*
Substrato comercial	57,52 a	83,77 b	91,93 a	7,05 a	13,73 a	16,82 a

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna dentro de bandeja e, dentro de substrato, não diferem entre si a 1 % de probabilidade, pelo teste de Duncan.

### CONCLUSÕES

O substrato comercial mostrou ser melhor para o desenvolvimento das mudas de mandioquinha-salsa. A porcentagem de colonização radicular na fase de pré-enraizamento foi baixa. As raízes apresentaram redução nos valores totais de comprimento e área radicular no substrato de maior colonização micorrízica, com reflexo direto no aumento de valores de comprimento específico e conseqüente aumento da superfície de absorção das raízes. A bandeja de 200 células (18  $\text{cm}^3$  célula) não é adequada

para a produção de mudas da cultura por apresentar restrição ao crescimento radicular, ao contrário da bandeja de 128 células (38  $\text{cm}^3$  célula), que mostrou ser mais adequada para o desenvolvimento das mudas de mandioquinha-salsa.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALOTA, E. L.; LOPES, E. S. Introdução de Fungos Micorrízicos Arbusculares no cafeeiro em condições de campo: II. flutuação sazonal de raízes, de colonização e de Fungos Micorrízicos associados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 225-232, 1996.

- BRASIL, F. C. **Estudo de características radiculares de uma pastagem de *Brachiaria humidicola* com auxílio de análise digital de imagens**. 2001. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2001.
- CÂMARA, F. L. A. **Estudo de tecnologias objetivando a precocidade de produção de batata baroa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)**. 1984. 54 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF, 1999. 370 p.
- FITTER, A. H. Functional significance of root morphology and root system architecture. In: FITTER, A. H.; ATKINSON, D.; READ, D. J.; USHER, M. B. (Eds.). **Ecological interactions in soil**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1985. p. 87-106.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Oxon, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.
- GRACE, C.; STRIBLEY, D. P. A safer procedure for routine staining of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research**, Cambridge, v. 95, n. 10, p. 1160-1162, 1991.
- JANOS, D. P. Mycorrhizae influence tropical succession. **Biotropica**, Lawrence, v. 12, p. 56-64, 1980. Supplement.
- KOIDE, R. T.; MOSSE, B. A history of research on arbuscular mycorrhiza. **Mycorrhiza**, New York, v. 14, n. 3, p. 145-163, 2004.
- KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, New York, v. 92, part. 4, p. 486-488, 1989.
- LOPES, E. S.; SIQUEIRA, J. O.; ZAMBOLIN, L. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 1-19, 1983.
- MARTINS, C. A. da C. **Fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioquinha-salsa**. 2005. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic, 1997. 889 p.
- MATOS, R. M. B.; SILVA, E. M. R. da; BRASIL, F. C. Micorriza arbuscular e matéria orgânica na aclimatização de mudas de bananeira, cultivar nanicação. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 3, p. 277-283, 2002.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Micorrizas. In: \_\_\_\_\_. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. p. 473-578.
- MOSSE, B.; STRIBLEY, D. P.; LETACON, F. Ecology of mycorrhizae and micorrhizal fungi. **Advances in Microbial Ecology**, London, v. 5, p. 137-210, 1981.
- NEWMAN, E. J. A method of estimating the total length of root sample. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 3, n. 1, p. 139-145, 1966.
- OLIVEIRA, M. R. G.; NOORDWIJK, M. van; GAZE, S. R.; BROUWER, G.; BONA, S.; MOSCA, G.; HAIRIAH, K. Auger sampling, ingrowth cores and pinboard methods. In: SMIT, A. L.; BENGOUGH, A. G.; ENGELS, C.; NOORDWIJK, M. van; PELLERIN, S.; GEIJN, S. C. van de (Eds.). **Root methods: a handbook**. Berlin: Springer-Verlag, 2000. p. 176-206.
- PORTZ, A. **Determinação de parâmetros nutricionais e produtivos da cultura de mandioquinha-salsa em Nova Friburgo-RJ**. 2001. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2001.
- PRICE, N. S.; RONCADORI, R. W.; HUSSEY, R. S. Cotton root growth as influenced by phosphorus nutrition and vesicular-arbuscular mycorrhizas. **New Phytologist**, Oxon, v. 111, n. 1, p. 61-66, 1989.
- RITCHNER, W.; LIEDGENS, M.; BÜRGI, H.; SOLDATI, A.; STAMP, P. Root image analysis and interpretation. In: SMIT, A. L.; BENGOUGH, A. G.; ENGELS, C.; NOORDWIJK, M. van; PELLERIN, S.; GEIJN, S. C. van de (Eds.). **Root methods: a handbook**. Berlin: Springer-Verlag, 2000. p. 305-341.

- SAGGIN JÚNIOR, O. J.; LOVATO, P. E. Aplicação de micorrizas arbusculares na produção de mudas e plantas micropropagadas. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIM, V.; FURTIM NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: UFLA, 1999. p. 725-773.
- SANTOS, F. F. dos; CARMO, C. A. S. do. Manejo de mudas e tratos culturais. In:—\_\_\_\_\_. **Mandioquinha-salsa: manejo cultural**. Brasília, DF: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPQ, 1998. p. 29-36.
- VIEIRA, M. C.; CASALI, V. W. D. Adaptação da cultura da mandioquinha-salsa à adubação orgânica. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 190, p. 40-42, 1997.
- VOGT, K. A.; VOGT, D. J.; BLOOMFIELD, J. Analysis of some direct and indirect methods for estimating root biomass and production of forest at in ecosystem level. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 200, n. 1, p. 71-89, 1998.
- WANG, H.; PARENT, S.; GOSSELIN, A.; DESJARDINS, Y. Vesicular-arbuscular mycorrhizal peat-based substrates enhance symbiosis establishment and growth of three micropropagated species. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 118, n. 6, p. 896-901, 1993.
- ZAMBOLIM, L.; REIS, M. A. dos; COSTA, L. M. da. Substratos para multiplicação de inóculo do fungo micorrízico vesículo-arbuscular *Glomus etunicatum*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 28-31, 1992.
- ZONTA, E. **Estudos da tolerância ao alumínio em arroz de sequeiro e seus efeitos sobre a interface solo-planta**. 2003. 139 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2003.