

**EFEITO DA INOCULAÇÃO PELO FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR  
(*Entrophospora colombiana*) EM MUDAS MICROPROPAGADAS DE MANDIOCA ATRAVÉS  
DO SISTEMA AEROPÔNICO**

**A. C. E. S. MERGULHÃO<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Bióloga, M.Sc., Laboratório de Biologia do Solo (Bloco 6), Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, IPA. Bolsista da FACEPE. Av. General San Martin, 1371, Bongí. Caixa Postal 1022, CEP 50761-000 Recife, PE. E.mail: adália@jpa.br  
Aceito para publicação em: 10/12/2002.

**RESUMO**

O uso generalizado de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) tem sido bastante limitado pelo fato destes fungos somente esporularem em raízes metabolicamente ativas; não havendo ainda, uma tecnologia aplicável a produção massal das micorrizas. A mandioca foi escolhida, por possuir um sistema radicular com poucos pelos radiculares e com baixa capacidade de explorar o solo, tendo sido apontada como planta bastante dependente ao micotrofismo para crescer nas condições de baixa fertilidade normalmente encontradas nos solos ácidos de regiões tropicais. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da inoculação por propágulos do FMA (*Entrophospora colombiana*) no desenvolvimento das plantas de mandioca em sistema aeropônico. O experimento foi realizado com delineamento inteiramente casualizado com 20 mudas de mandioca micropropagadas cv. Trouxinha, uma espécie de FMA e cinco períodos de avaliações (21, 42, 63, 84 e 105 dias). O sistema aeropônico foi constituído por um tanque brasilit (1,0 m<sup>3</sup>), contendo 200 L de solução nutritiva que pulverizava através de um conjunto de microaspersores e mantinha o ambiente arejado durante 1 minuto, com intermitência de 3 minutos automaticamente. Os resultados demonstraram que a inoculação da *Entrophospora colombiana* na mandioca resultou em maiores taxas na porcentagem de colonização radicular, número de esporos e produção de matéria seca pelas plantas. Os melhores resultados foram obtidos aos 105 dias das plantas ao sistema aeropônico.

**Palavras-chave:** FMA, mudas micropropagadas, mandioca, sistema aeropônico.

**ABSTRACT**

**EFFECT OF INOCULATION FOR FUNGI ARBUSCULAR MYCORRHIZA (*Entrophospora colombiana*) IN SEEDLING MICROPROPAGATED OF CASSAVA THROUGH OF AEROPONIC SYSTEM**

A more general use of arbuscular mycorrhiza has been limited due to the absence of sporulation without metabolically active roots. Up to now there is no technology apt to a massive mycorrhizal propagule production. Cassava was chosen due to its radicular system, with few root hairs, and low soil exploration capability, this species is considered highly dependent on the mycorrhizal association when grown under low soil fertility conditions, frequently seen on the acid soils of tropical regions. This paper aims to evaluate the effect of inoculation of cassava plants with propagules of *Entrophospora colombiana* on the development of the plants under an aeroponic system. The experiment was plantlets of cv. Trouxinha, one fungal species and five evaluation times (21, 42, 63, 84 and 105 days). The aeroponic system was made of an tank with 1m<sup>3</sup> containing 200 L of nutritive solution, which was sprayed for one

minute every three minutes, automatically. The results have shown that the inoculation enhanced root colonization, spore numbers and dry matter production. The best results of plants were obtained at 105 days in aeroponic system.

**Key words:** FMA, seedling micropropagated, cassava, aeroponic system

**INTRODUÇÃO**

A origem da mandioca é bastante discutida entre os pesquisadores, porém alguns botânicos mundiais concordam em afirmar que a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é planta de origem americana. Esta é considerada de ampla aceitação na alimentação humana, como também na matéria-prima para obtenção de álcool etílico destinado a fins automotivos e industriais. Nos últimos anos tem sido elevado o uso de mandioca na composição de rações para animais (CONCEIÇÃO, 1979).

Algumas espécies vegetais respondem diferentemente a micorrização. YOST & FOX (1979), em seus experimentos observaram que a mandioca é uma das espécies mais dependentes ao micotrofismo, resultado este, também confirmado por CARVALHO (1982); EMBRAPA (1984). Segundo HOWELER (1979), a capacidade de formar endomicorriza tem sido apontada como uma das principais características da mandioca para crescer e produzir em condições de baixa fertilidade, normalmente encontradas nos solos ácidos das regiões tropicais. Dentre os fatores limitantes à produtividade da mandioca, destaca-se o baixo potencial produtivo das culturas utilizadas. Estas na sua maioria, não atingem 10 toneladas de raízes/ha em dois ciclos de cultivo. Esse baixo rendimento pode ser explicado pela utilização de técnicas culturais inadequadas, aliada ao uso de cultivares pouco produtivas e agentes patogênicos.

Estudos prévios em soluções nutritivas de fluxo contínuo tem indicado que a mandioca não é uma espécie muito eficiente quanto à absorção de nutrientes, por outro lado, a planta possui um sistema radicular engrossado com poucos pêlos radiculares e, conseqüentemente, baixa capacidade de explorar o solo (EZETA & CARVALHO, 1982). A mandioca crescendo em solução nutritiva requer elevadas concentrações de fósforo (HOWELER, 1982); porém, quando cultivada em condições naturais de campo, em solos de baixa fertilidade, responde em menor grau à adubação fosfatada, em comparação com outras culturas (COCK, 1985), podendo obter altos rendimentos sem aplicação de fósforo. As observações realizadas por POTTY (1985) mostraram que a mandioca não apresentou especificidade na associação com fungos micorrízicos nativos ou introduzidos. Segundo KATO (1990), em seu trabalho com espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) no crescimento e nutrição da mandioca, concluíram que a inoculação com as espécies de

*Glomus clarum*, *Entrophospora colombiana* e mistura de fungos resultou em maiores taxas de colonização micorrízica e produção de matéria seca pelas plantas. HOWELER & SIEVERDING (1982), mostraram que há grandes variações quanto à efetividade das diferentes espécies de FMA, no crescimento e produção de raízes. Assim, o trabalho inicial de seleção de fungos micorrízicos para inoculação em determinada espécie vegetal é indicado pelo fato de as diferentes espécies de fungo apresentarem grande variação quanto a sua eficiência de acordo com o hospedeiro (KATO, 1990).

Segundo EDWARDS (1976), constataram que a mandioca apresenta maior tolerância ao baixo pH, a altos níveis de alumínio (Al) e a baixos níveis de Ca, N e K do que várias espécies, e ainda tem capacidade de tuberizar sob condições de severa deficiência de fósforo. PONTES (1991), em estudos sobre o efeito do *Glomus macrocarpum* no crescimento de mandioca em diferentes níveis de fósforo, observou que o nível mais baixo de fósforo beneficiou a infecção do *Glomus macrocarpum* nas raízes de mandioca. HUNG & SYLVIA (1988), trabalhando com a tuberosa batata-doce colonizada por *Glomus deserticola*, *Glomus etunicatum* e *Glomus intraradices* em cultura aeropônica, observaram que a porcentagem de colonização e a esporulação aumentaram geralmente com o tempo. Sendo simbiontes obrigatórios, os fungos micorrízicos arbusculares não foram ainda cultivados "in vitro", ficando sua utilização bastante restrita na agricultura (CARR, 1985). Várias técnicas têm sido utilizadas para a multiplicação de FMA, dentre essas temos o sistema aeropônico que permite o crescimento das raízes inoculadas isentas de substratos recebendo vapores de solução nutritiva, este tem produzido altas concentrações de inóculos (esporos + raízes colonizadas) (MERGULHÃO, 1997).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da inoculação por propágulos do FMA (*Entrophospora colombiana*) no desenvolvimento das plantas de mandioca em sistema aeropônico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária-IPA, com delineamento inteiramente ao acaso e cinco períodos de avaliações (21, 42, 63, 84 e 105 dias). Este apresentou duas etapas distintas, inicialmente, as 20 mudas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) micropropagadas cv. Trouxinha, tiveram suas raízes padronizadas com 15 cm de comprimento e receberam 0,30g de inóculo (pedaços de raízes + esporos) da espécie *Entrophospora colombiana* com 59% de colonização, estas ficaram em copos com capacidade de 200 ml contendo substrato "plant max" por um período de 45 dias onde duas vezes por semana recebiam solução nutritiva (HOAGLAND & ARNON, 1975). Após este período as raízes foram lavadas com água destilada e padronizadas com 10 cm de comprimento. Com 62% de colonização radicular, as plantas de mandioca foram transferidas para o sistema aeropônico, constituído por um tanque Brasilit (1m<sup>3</sup>) contendo 200 L de solução nutritiva com pH em torno de 6,5 e 0,093 ppm de fósforo (JARSTFER & SYLVIA, 1992), que pulverizava as plantas através de um conjunto de microaspersores e mantinha o ambiente arejado durante 1 minuto com intermitência de 3 minutos automaticamente. Associado ao sistema foi instalado uma fonte luminosa (GRO-LUX F-30T12) a 70cm de altura das plantas para maximizar o fotoperíodo (20 horas) e estimular a multiplicação do fungo micorrízico

arbuscular. Periodicamente de 21 em 21 dias, eram colhidas 15 cm de raízes de todas as plantas para as seguintes análises: peso da matéria seca das raízes, porcentagem de colonização radicular e número de esporos.

Após cada colheita, as raízes da mandioca foram acondicionadas em saco de papel e levadas à estufa a 60-65°C com ventilação forçada, para secagem até o peso constante, durante aproximadamente três dias consecutivos. Em seguida, foram pesadas para a determinação do peso da matéria seca.

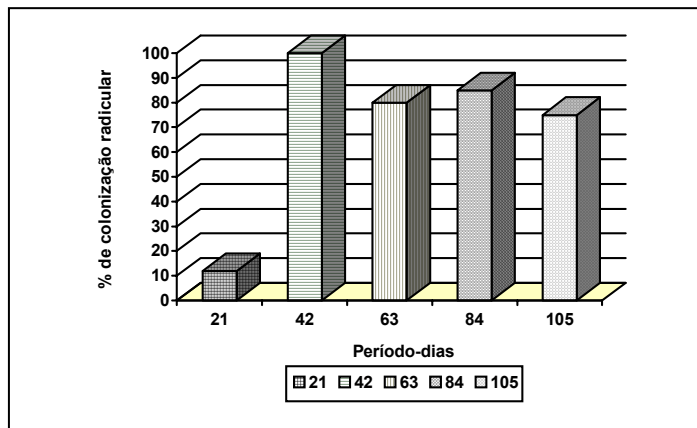
Os números de esporos foram obtidos através do método de GERDEMAN & NICOLSON (1963) e a porcentagem de colonização radicular foi realizada através da coloração com fuccina láctica ácida a 0,01% (PHILLIPS & HAYMAN, 1970) e mantidas em lactoglicerol incolor para sua conservação. Foram analisadas duas lâminas em cada colheita e calculou-se a porcentagem de colonização radicular pela média das proporções em todos os segmentos analisados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram uma excelente porcentagem de colonização radicular pela espécie de FMA (*Entrophospora colombiana*) nas plantas de mandioca através do sistema aeropônico em praticamente todos os períodos analisados (Figura 1). Verificou-se, que aos 21 dias as plantas sofreram um estresse de adaptação com uma redução na colonização radicular. Entretanto, após o período de adaptação, a porcentagem de colonização aumentou consideravelmente, alcançando os maiores índices aos 42 dias (sistema aeropônico) com 100% de colonização. Dados estes, também observados por SOUZA (1996), verificando que o período de adaptação das plantas de batata-doce inoculada com *Entrophospora colombiana* em sistema aeropônico foi aos 42 dias. Trabalho publicado por KATO (1990), revelaram que a mandioca obteve altas taxas de colonização e produção de matéria seca quando inoculadas com as espécies de FMA *Glomus clarum* e *Entrophospora colombiana*. Comprovando assim, o seu alto poder micotrófico com a espécie *Entrophospora colombiana*. PONTES (1991), observaram que o nível mais baixo de fósforo beneficiou a colonização com *Glomus macrocarpum* nas raízes da mandioca. Estes dados, possivelmente vêm a corroborar com o nosso trabalho no que se refere a alta colonização radicular pela *Entrophospora colombiana*, uma vez que, o pH da solução nutritiva sempre foi mantido em torno de 6,5 e com 0,093 ppm de fósforo disponível na solução nutritiva.

Em relação aos números de esporos recuperados (Figura 2), os resultados evidenciaram queda significativa durante o período de 21 dias, porém, estabilizando-se dos 42 aos 84 dias em sistema aeropônico. No entanto, após esse período de adaptação ao sistema, a recuperação das plantas de mandioca contribuiu para um aumento significativo do número de esporos recuperados, alcançando os maiores índices de esporulação aos 105 dias com 3.500 esporos/planta. HUNG & SYLVIA (1988), reportaram que o ambiente altamente arejado por solução nutritiva em sistema aeropônico proporcionou uma abundante esporulação e colonização radicular pelos FMA *Glomus deserticola*, *Glomus etunicatum* e *Glomus intraradices* em batata-doce, este autores ainda observaram que o aumento na colonização e esporulação só ocorreu com maior intensidade, quando as plantas ficaram submetidas ao um período maior em sistema aeropônico. Estes dados vêm a concordar com o nosso trabalho, onde verificou-se que seria necessário aumentar o

período de desenvolvimento das plantas de mandioca ao sistema aeropônico para uma melhor avaliação dos resultados. Demonstrando assim, a necessidade de adequação da técnica aeropônica para essa espécie vegetal.



**Figura 1.** Avaliação da porcentagem de colonização radicular das plantas de mandioca inoculadas com *Entrophospora colombiana* em sistema aeropônico.

Quanto à avaliação da matéria seca da raiz (Figura 3), o rendimento decresceu durante os primeiros 21 dias das plantas ao sistema, recuperando-se parcialmente em seguida e atingindo uma produção considerável aos 105 dias. Observou-se, que provavelmente a estabilidade durante os períodos de 21 aos 84 dias para o peso da matéria seca da raiz, foi devido à padronização efetuada nas raízes da mandioca antes das mesmas serem transferidas para o sistema aeropônico. A produção de matéria seca da raiz de mandioca obtiveram um rendimento de 680% aos 105 dias em relação à matéria seca da raiz aos 21 dias em sistema aeropônico. ALVES (1989) observaram em plantas de batata-doce inoculadas com *Glomus clarum*, aumentos na produção de matéria seca da raiz em torno de 269% aos 180 dias.

Pelos resultados pode-se concluir que:

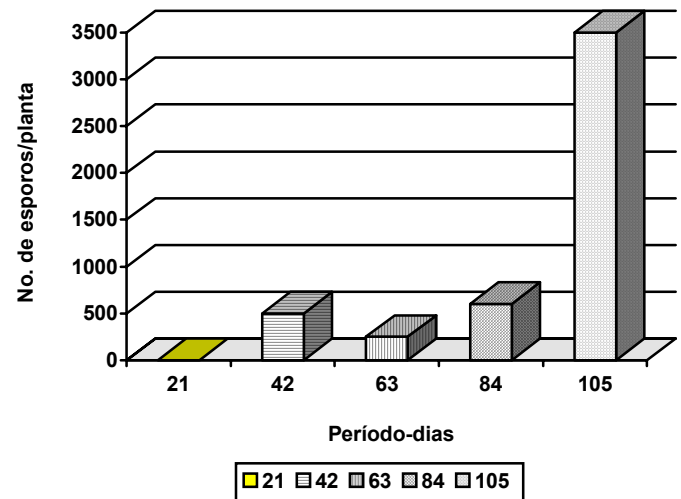
a) a inoculação da mandioca com *Entrophospora colombiana* resultou em maiores taxas de colonização radicular, número de esporos e produção de matéria seca das raízes pelas plantas;

b) os melhores resultados foram observados aos 105 dias das plantas ao sistema aeropônico, onde todos os parâmetros analisados apresentaram respostas bastante satisfatórias;

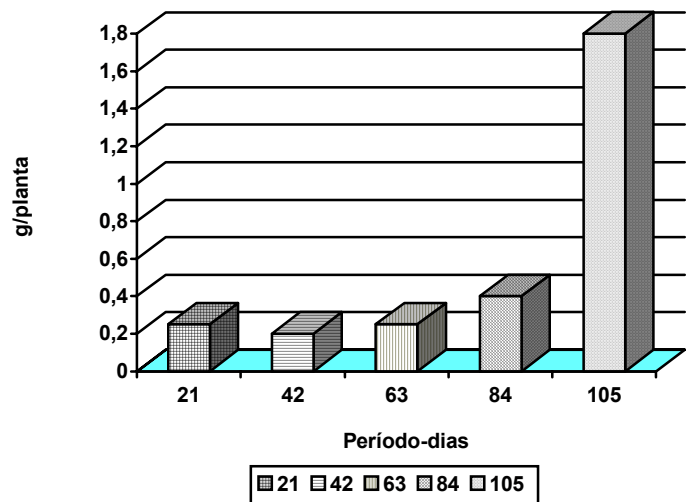
c) em trabalhos posteriores, recomenda-se um aumento dos números de colheitas para uma melhor análise das plantas de mandioca com *Entrophospora colombiana* em sistema aeropônico.

#### AGRADECIMENTO

À Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), pelas instalações físicas.



**Figura 2.** Avaliação da esporulação de FMA- *Entrophospora colombiana* em plantas de mandioca através do sistema aeropônico.



**Figura 3.** Avaliação da matéria seca da raiz das plantas de mandioca inoculadas com *Entrophospora colombiana* em sistema aeropônico.

#### LITERATURA CITADA

ALVES, J.M.C.; PAULA, M.A.; PINTO, J.E.B.P.; PASQUAL, M. Utilização de micorrizas vesículo-arbusculares na aclimação e crescimento de mudas de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L) Lam) micropropagadas "in vitro". **Ciência e Prática**, Lavras, v.13, n.2, p.214-233, 1989.

CARVALHO, P.C.L.; EZETA, F.N.; CALDAS, R.C.; RODRIGUES, E.M. Contribuição da endomicorriza para absorção de nutrientes e crescimento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira Mandioca**, Cruz das Almas, v.1, n.1, p.55-60, 1982.

- CARR, G.R.; HINKLEY, M.A.; LETACON, F.; HEPPEL, C.M.; JONES, M.G.K.; THOMAS, E. Improved hyphal growth of two species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in the presence of suspension cultured plant cells. **New Phytologist**, Oxford, v.101, p.417-426, 1985.
- COCK, J.H. Components of a new technology. In: **Cassava New Potential for Neglected Crop**. Boulder: International Agricultural Development Service, 1985. p.72-114.
- CONCEIÇÃO, A.J. da. **A mandioca**. Cruz das Almas: UFBA, 1979. 382p.
- EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J.; WILSON, G.I. Mineral nutrition of cassava and adaptation to low fertility conditions. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR TROPICAL ROOT CROPS, 4, 1976. Cali, Colombia. **Proceedings of the Symposium of the International Society for Tropical Root Crops**. Cali: CIAT, 1976. p.124-130.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. (Cruz das Almas, BA). **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura 1983**. Cruz das Almas, 1984. 191p.
- EZETA, F.N.; CARVALHO, P.C.L. Influência da endomicorriza na absorção de P e K e no crescimento da mandioca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.6, n.1, p.25-28, jan/abr. 1982.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted for soil by wet sieving and decating: **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v.46, n.2, p.235-244, 1963.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.T. The water culture method of growing plants without soil. In: SARRUGE, J.R. **Soluções Nutritivas**. Piracicaba: ESALQ, 1975, v.1, p.231-233.
- HOWELER, R.H.; SIEVERDING, E. Potentials and limitations of mycorrhizal inoculations illustrated by experiments with field grown cassava. **Plant and Soil**, Netherlands, v.75, n.2, p.245-261, 1983.
- HOWELER, R.H.; ASHER, C.J.; EDWARDS, D.G. Establishment of an effective endomycorrhizal association on cassava in flowing solution culture and its effects on phosphorus nutrition. **New Phytologist**. London, v.90, n.2, p.229-238, 1982.
- HOWELER, R.H. The effect of mycorrhizal inoculation on the phosphorus nutrition of cassava. In: WORKSHOP IN CASSAVA CULTURAL PRACTICES, 1979. Salvador.
- Proceedings of the Workshop in Cassava Cultural Practices**. Salvador, 1980. p.131-137.
- HUNG, L.L.; SYLVIA, D.M. Production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus inoculum in aeroponic culture. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.54, p.353-357, 1988.
- JARSTFER, A.G.; SYLVIA, D.M. **The production and use of aeroponically grown inocula of VAM fungi in the native plant nursery**. Florida: Sea Grant Publication, 1992. 16p.
- KATO, O.R.; OLIVEIRA, E.; SANTIAGO, A.D.; CORREA, H. Efeito de diferentes espécies de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares no crescimento e nutrição da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.8, p.1175-1181, ago. 1990.
- MERGULHÃO, A. C. E. S, LYRA, M. C. C. P, BURITY, H. A, SILVA, L. E. S. F, KROSS, A. E. S. Obtenção massal de propágulos de fungos micorrízicos - arbusculares sob diferentes níveis de pH e fósforo em sistema aeropônico. In: **XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 1997, Rio de Janeiro. 1997.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transaction of the British Mycological Society**, Cambridge, v.55, n.1, p.158-161, 1970.
- PONTES, C.N. Efeito do *Glomus macrocarpum* no crescimento de mandioca em diferentes níveis de fósforo. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRPE, 1, 1991. Recife. **Resumos do Congresso de Iniciação Científica da UFRPE**. Recife: UFRPE-Coordenadoria Geral de Programas Especiais, 1991. p.78.
- POTTY, V.P. Cassava as an alternate host for multiplication of VAM fungi. **Plant and Soil**, Netherlands, v.88, n.1, p.135-142, 1985.
- SOUZA, E.S.; BURITY, H.A.; ESPÍRITO-SANTO, A.C.; SILVA, M.L.R.B. Alternativa de produção de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares em aeroponia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 13, n.2, p. 153-158, 1996.
- YOST, R.S.; FOX, R.L. Contribution of mycorrhizas to P nutrition of crops growing on an oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v.71, p.903-908, nov./dec. 1979.