



**A Cultura da
Mandioquinha-Salsa e
sua Relação com os
Fungos Micorrízicos**

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

José Amauri Dimárzio

Presidente

Clayton Campanhola

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Dietrich Gerhard Quast

Sérgio Fausto

Urbano Campos Ribeiral

Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola

Diretor Presidente

Gustavo Kauark Chianca

Herbert Cavalcante de Lima

Mariza Marilena T. Luz Barbosa

Diretores Executivos

Embrapa Agrobiologia

José Ivo Baldani

Chefe Geral

Eduardo Francia Carneiro Campello
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Rosângela Stralio
Chefe Adjunto Administrativo

TRINDADE, A. V.; FARIA, N. G.; ALMEIDA, F. P. da Uso de esterco no desenvolvimento de mudas de mamoeiro colonizadas com fungos micorrízicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1389-1394, 2000.

VIEIRA, M. do C. **Avaliação do crescimento e da produção de clones e efeito de resíduo orgânico e de fósforo em mandioquinha-salsa no Estado do Mato Grosso do Sul**. 1995. 146 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

WARNER, A. Colonization of organic matter by vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v. 28, p. 352-354, 1984.

WARNER, A.; MOSSE, B. Independent spread of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in soil. **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v. 74, p. 407-410, 1980.

WEBER, O. B.; OLIVEIRA, A. A. R.; MAGALHÃES, A. F. de J. Adubação orgânica e inoculação com *Glomus etunicatum* em porta-enxerto de citrus. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 321-326, 1990.



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1517-8498
dezembro/2004

Documentos 180

A Cultura da Mandioquinha-Salsa e sua Relação com os Fungos Micorrízicos

Adriano Portz
Carla Andreia Cunha Martins
Vera Lúcia Divan Baldani

Seropédica – RJ

2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridas na:

Embrapa Agrobiologia

BR465 – km 7

Caixa Postal 74505

23851-970 – Seropédica/RJ, Brasil

Telefone: (0xx21) 2682-1500

Fax: (0xx21) 2682-1230

Home page: www.cnpab.embrapa.br

e-mail: sac@cnpab.embrapa.br

Comitê Local de Publicações: Eduardo F. C. Campello (Presidente)
José Guilherme Marinho Guerra
Maria Cristina Prata Neves
Verônica Massena Reis
Robert Michael Boddey
Maria Elizabeth Fernandes Correia
Dorimar dos Santos Felix (Bibliotecária)

Expediente:

Revisores e/ou ad hoc: Francisco A. de Souza e Orivaldo J. Saggin Júnior

Normalização Bibliográfica: Dorimar dos Santos Félix

Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia

1ª impressão (2004): 50 exemplares

P853c Portz, Adriano.

A Cultura da Mandioquinha-Salsa e sua Relação com os Fungos Micorrízicos / Carla Andreia da Cunha Martins, Vera Lúcia Divan Baldani. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 40 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 180).

ISSN 1517-8498

1. Mandioquinha-salsa. 2. Tubérculo. 3. *Arracacia xanthorrhiza*. I. Martins, Carla Andreia da Cunha. II. Baldani, Vera Lúcia Divan. III. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Seropédica, RJ). IV. Título. V. Série.

CDD 633.4

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília: EMBRAPA-CNPAF/SPI, 1994. 142 p.

SIQUEIRA, J. O.; ROCHA JR., W. F.; OLIVEIRA, E.; COLOZZI-FILHO, A. The relationship between vesicular-arbuscular mycorrhiza and lime: Associated effects on the growth and nutrition of brachiaria grass (*Brachiaria decumbens*). **Biology and fertility of Soils**, Berlin, v. 10, p. 65-71, 1990.

SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. The importance of mycorrhizae association in natural low fertility soils. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL STRESS, 1., 1992, Belo Horizonte. **Maize in perspective: proceedings...** Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS; México: CIMMYT/UNDP, 1995. p. 239-280.

SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; GUIMARÃES, P. T. G.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Crescimento de mudas e produção do cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos e superfosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 53-60, 1993.

SOUZA, J. L. Avaliação de clones de batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza*) em cultivo orgânico. In: SOUZA, J. L. de (Ed.). **Agricultura orgânica: tecnologia para a produção de alimentos saudáveis**. Vitória: EMCAPA, 1998. V. 1. p. 31-35.

ST. JOHN, T. V.; COLEMAN, D. C.; REID, C. P. P. Association of vesicular-arbuscular mycorrhizal hyphae with soil organic particles. **Ecology**, Washington, v. 64, p. 957-959, 1983.

TARAFDAR, J. C.; MARSCHNER, H. Phosphate activity in the rhizosphere of VA mycorrhizal wheat supplied with inorganic and organic phosphorus. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 26, p. 387-395, 1994.

SANTOS, F. F. dos; CÂMARA, F. L. (Ed.). **Instrução técnica para o cultivo da mandioquinha-salsa**. Botucatu: CERAT – UNESP, 1995. 13 p. (Séries Raízes, 1).

SANTOS, F. F. dos; GIORDANO, L. B.; BRUNE, S. Avaliação de clones de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) visando produção e seleção de genótipos mais precoces. In: SYMPOSIUM OF INTERNATIONAL SOCIETY FOR TROPICAL ROOT CROPS 10., 1994, Salvador. **Abstracts...** Salvador: ISTRC, 1994. p. 4.

SANTOS, F. F. dos; SILVA H. R. da. Irrigação. In: SANTOS, F. F. dos; CARMO, C. A. S. dos (Ed.). **Mandioquinha: manejo cultural**. Brasília: Embrapa-SPI, 1998. p. 37-43.

SANTOS, F. F. dos; VIEIRA, J. V.; PEREIRA, A. S.; LOPES, C. A.; CHARCHAR, J. M. **Cultivo da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)**. Brasília: Embrapa-CNPB, 1991. 12 p. (EMBRAPA-CNPB. Instruções Técnicas, 10).

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management tropical agrosystems**. Eschborn: Technical Cooperation, 1991. 371 p.

SILVA, H. R. da; MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SANTOS, F. F. dos. Irrigação-Exigências da cultura da mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 252-257, 2000. Palestra.

SIQUEIRA, J. O. **Micorrizas arbusculares**. In: ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 151-194.

SIQUEIRA, J. O.; MAAHMUD, A. W.; HUBBEL, D. H. Comportamento diferenciado de fungos formadores de micorrizas vesiculo-arbusculares em relação à acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p. 11-16, 1986.

Autores

Adriano Portz

Doutorando em Ciência do Solo - UFRRJ
BR 465, Km 7
23851-970 – Seropédica/RJ
e-mail: portza@ufrj.br

Carla Andreia da Cunha Martins

Mestranda em Ciência do Solo - UFRRJ
BR 465, Km 7
23851-970 – Seropédica/RJ
e-mail: candcunha@yahoo.com.br

Vera Lúcia Divan Baldani

Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia
BR 465, Km 7 – Caixa Postal 74505
23851-970 – Seropédica/RJ
e-mail: vera@cnpab.embrapa.br

PEREIRA, A. S. Mandioquinha-salsa: alimento protéico, energético ou nutracêutico? **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 246-249, 2000.

PORTZ, A. **Determinação de parâmetros nutricionais e produtivos da cultura de mandioquinha-salsa em Nova Friburgo-RJ**. 2001. 99 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; SILVA, J. B. C. da. “Stimulate Mo” e proteção com “Tecido não Tecido” no pré-enraizamento de mudas de mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 53-56, 2000.

RILLIG, M. C.; STEINBERG, P. D. Glomalin production by an arbuscular mycorrhizal fungus: a mechanism of habitat modification? **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 34, p. 1371-1374, 2002.

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.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas = Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships**. Viçosa: SBCS; Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 725-774.

SAIF, S. R. Vesicular arbuscular mycorrhizas in tropical forage species as influenced by season, soil texture, fertilizers, host species in ecotypes. **Angewandte Botanik**, Berlin, v. 60, p. 125-139, 1986.

SANTOS, F. F. dos. Mandioquinha-salsa: potencial de uma cultura. (Editorial). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 2, 1994. (verso da capa).

SANTOS, F. F. dos. Clima cultivares e época de plantio da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 190, p. 35-37, 1997.

MARTINS, C. A. da C.; ZORZI, F. C.; PORTZ, A.; SILVA, E. M. R. da; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; LIMA, E. Crescimento de plantas de mandioquinha-salsa inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em diferentes doses de fósforo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., 2004, Lajes-SC. **Resumos...** Lajes: SBCS, 2004. CD ROM.

MESQUITA FILHO, M. V. de; SOUZA, A. F.; SILVA, H. R. da; SANTOS, F. F.; OLIVEIRA, S. A. de. Adubação nitrogenada e fosfatada para a produção comercializável de mandioquinha-salsa em Latossolo Vermelho-amarelo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 211-215, 1996.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. Micorrizas. In: MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626 p.

NÄGELI, C. Pilze im Innern Von Zellen. **Linnaea**, v. 16, p. 278-285, 1842.

NOGUEIRA, M. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Mycorrhizal effectiveness and manganese toxicity in soybean as affected by soil type and endophyte. **Scientia agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 329-335, 2003.

OSONUBI, O.; MULONGOY, K.; AWOTYE, O. O.; ATAYESE, M. O.; OKALI, D. U. U. Effects of ectomycorrhizal and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on drought tolerance of four leguminous woody seedlings. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 136, n. 1, p. 131-143, 1991.

PEREIRA, A. S. O valor nutritivo da mandioquinha-salsa. In: ENCONTRO NACIONAL DE MANDIOQUINHA-SALSA, 5., 1995, Venda Nova do Imigrante. **Palestras e trabalhos técnicos...** Venda Nova do Imigrante: SOB, 1995. p. 14-16.

Apresentação

A preocupação crescente da sociedade com a preservação e a conservação ambiental tem resultado na busca pelo setor produtivo de tecnologias para a implantação de sistemas de produção agrícola com enfoques ecológicos, rentáveis e socialmente justos. O enfoque agroecológico do empreendimento agrícola se orienta para o uso responsável dos recursos naturais (solo, água, fauna, flora, energia e minerais).

Dentro desse cenário, a Embrapa Agrobiologia orienta sua programação de P&D para o avanço de conhecimento e desenvolvimento de soluções tecnológicas para uma agricultura sustentável.

A agricultura sustentável, produtiva e ambientalmente equilibrada apoia-se em práticas conservacionistas de preparo do solo, rotações de culturas e consórcios, no uso da adubação verde e de controle biológico de pragas, bem como no emprego eficiente dos recursos naturais. Infere-se daí que os processos biológicos que ocorrem no sistema solo/planta, efetivados por microrganismos e pequenos invertebrados, constituem a base sobre a qual a agricultura agroecológica se sustenta.

O documento 180/04 apresenta a cultura da mandioquinha salsa, espécie que vem ocupando espaço na dieta dos brasileiros, constituindo-se de uma revisão sobre aspectos gerais do seu cultivo, onde é possível se conhecer sobre a sua riqueza nutricional e produção de mudas inoculadas com fungos micorrízicos, que apresenta resultados promissores no aumento da produtividade de raízes comerciais em determinadas condições de plantio. Neste documento constam ainda informações básicas que podem auxiliar a todos os interessados em conhecer mais a espécie e suas características de rusticidade e boa adaptabilidade em diversas regiões do país.

Eduardo Francia Carneiro Campello
Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Agrobiologia

SUMÁRIO

1. Introdução	7
2. A cultura da mandioquinha salsa.....	9
3. Benefícios dos fungos micorrízicos arbusculares	15
4. Interação solo - micorrizas arbusculares	19
5. Possibilidade de relações entre a mandioquinha salsa e os fungos micorrízicos arbusculares	25
6. Referências Bibliográficas.....	31

MADEIRA, N. R. Processos de obtenção de mudas de mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 249-250, 2000.

MARSCHNER, H. Role of root growth, arbuscular mycorrhiza and root exudates for the efficiency in nutrient acquisition. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 56, p. 203-207, 1998.

MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 159, n. 1, p. 89-102, 1994.

MARTINS, C. A. da C.; PORTZ, A.; CAPRONI, A. L.; SILVA, E. M. R. da; LIMA, E. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares na cultura de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., oct. 2000, Santa Maria-RS. **Biodinâmica do solo...** Santa Maria: SBCS, SBM, 2000. CD ROM.

MARTINS, C. A. da C.; PORTZ, A.; LIMA, E.; SILVA, E. M. R. da. Avaliação de substratos e infecção micorrízica na produção de mudas de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4., 2002, Rio de Janeiro, RJ. **Agricultura: Bases ecológicas para o desenvolvimento social e econômico sustentado. Resumos...** Rio de Janeiro: UFRRJ, 2002. CD ROM.

MARTINS, C. A. da C.; PORTZ, A.; LOPES, C. E. de P.; BRASIL, F. da C.; SILVA, E. M. R. da; LIMA, E. Produção de mudas de mandioquinha-salsa colonizada por FMA em dois substratos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Ciência do solo: Fator de produtividade competitiva com sustentabilidade. Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2001. p. 64.

HEPPER, C. M.; WARNER, A. Roles of organic matter in growth of a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus in soil. **Transactions of British Mycological Society**, London, v. 31, p. 155-156, 1983.

HODGE, A.; CAMPBELL, C. D.; FITTER, A. H. An arbuscular mycorrhizal fungi accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. **Nature**, London, v. 413, n. 20, p. 297-299, 2001.

ISHAC, Y. Z.; EL-HADDAD, M. E.; DAFT, M. J.; RAMADAN, E. M.; ELDEMERDASH, M. E. Effect of seed inoculation, mycorrhizal infection and organic amendment on wheat growth. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 90, p. 373-382, 1986.

JANOS, D. P. Mycorrhiza applications in tropical forestry: are temperate – zone approaches appropriate? In: NG, F. S. P. (Ed.). **Trees and mycorrhiza**. Kuala Lumpur: Forest Research Institute, 1988. p. 133-188.

JASTROW, D. A.; MILLER, R. M. Methods for assessing the effects of biota on soil structure. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 34, p. 279-303, 1991.

JOHNSON, N. C.; PFLEGER, F. L. Vesicular-arbuscular mycorrhizal and cultural stresses. In: BETHLENFALVAY, G. J.; LINDERMAN, R. G. (Ed). **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. Madison: ASA, 1992. p. 71-79.

KOIDE, R. T.; MOSSE, B. A history of research on arbuscular mycorrhiza. **Mycorrhiza**, New York, v. 14, p. 145-163, 2004.

KUCEY, R. M. N.; PAUL, E. A. Carbon flow, photosynthesis, and N₂ fixation in mycorrhizal and nodulated Faba beans (*Vicia faba* L.). **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 18, p. 407-412, 1982.

LI, X. L.; MARSCHNER, H.; GEORGE, E. Acquisition of phosphorous and copper by VA-mycorrhizal hyphae and root-to-shoot transport in white clover. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 136, n. 1, p. 49-57, 1991.

A relação micorriza arbuscular, solo e mandioquinha salsa¹

Adriano Portz
Carla Andreia da Cunha Martins
Vera Lúcia Divan Baldani

1. Introdução

A mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft.) é uma cultura originária das cordilheiras Andinas e pertence à família das Apiaceas (Umbelíferas), e é de grande importância na economia e sobrevivência dos povos que lá vivem. Foi introduzida no Brasil no início do século passado e seu cultivo vem aumentando nas regiões sudeste, centro-oeste, e mais recentemente pelo sul do Brasil. A produtividade média no País é de aproximadamente 9,0 t. ha⁻¹, no entanto com a seleção de novos materiais genéticos, além de novas técnicas de cultivo, já foi observada produtividade acima das 20 t. ha⁻¹. Sua importância econômica reside no amido de fácil digestibilidade, indicado para consumo de pessoas enfermas e crianças, e nos altos teores de fósforo, ferro, cálcio, magnésio e vitaminas em suas raízes tuberosas comerciais. Por ser uma cultura que extrai quantidades consideráveis de nutrientes do solo, a planta deveria responder as aplicações de fertilizantes minerais e orgânicos, fato este que nem sempre é bem observado no campo. A associação com os fungos micorrízicos pode talvez explicar em parte a eficiência da planta em retirar nutrientes do solo, e proporcionar um novo campo de estudo, trabalho e pesquisa na cultura da mandioquinha-salsa.

Koide & Mosse (2004) citam que a primeira descrição dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) ocorreu em 1842, mas somente nos últimos 35 anos de pesquisa eles foram melhor estudados e compreendidos. Os FMAs não apresentam especificidade nas

¹ Parte do exame de qualificação, para obtenção do grau de doutor em Ciência do Solo da UFRRJ, do primeiro autor

relações com o hospedeiro, e se entende muito pouco ainda sobre a fisiologia da sua associação com as plantas. Os FMAs podem extrair o fósforo de formas solúveis do pool lábil do solo do qual as plantas não micorrizadas também podem absorver, mas de uma maneira muito mais eficiente, alcança estas reservas e explora melhor o solo. A fertilização inorgânica com fósforo, os processos químicos e microbiológicos do solo influenciam na quantidade do fósforo disponível para as plantas. É provável que a associação com as FMAs afeta indiretamente os processos de fixação e solubilização do nutriente assim como a mineralização da matéria orgânica através de efeitos indiretos na microbiologia do solo e fisiologia da planta e fungo. A contribuição de FMAs na absorção de nutrientes foi estimada em 80% do P, 60% do Cu, 25% do N, 25% do Zn e 10% do K da planta (Marschner & Dell, 1994), sendo portanto maior nos nutrientes que apresentam difusão reduzida no solo. Apesar de ocorrer algumas alterações fisiológicas na planta que podem interferir na absorção de nutrientes do solo, a absorção é feita principalmente pelo micélio externo (efeito físico) que aumenta a área de absorção.

Os solos tropicais apresentam heterogeneidade de características físicas e químicas e na sua grande maioria possuem maior ou menor grau de intemperização o que proporciona diferenças marcantes na cobertura vegetal e aptidão para culturas. Um dos componentes principais dos solos tropicais são os microrganismos (parte biológica do solo) que junto com a matéria orgânica, possibilitam uma ciclagem mais rápida dos nutrientes, fazem associações com as plantas e com outros organismos do solo, melhoram as condições físicas e químicas e em certos casos podem ser responsáveis pela própria formação característica do solo e sua cobertura vegetal. É um componente bastante sensível às condições ambientais e as mudanças nas práticas de manejo agrícola, por isso deve ser levada em consideração na avaliação do potencial produtivo do solo e na escolha das práticas de manejo a serem empregadas.

COSTA, N. de L.; PAULINO, V. T.; VEASEY, E. A.; LEÔNIDAS, F. das C. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza and rock phosphate fertilization on growth, nodulation, and nitrogen and phosphorus uptake of leucaena. **Leucaena Research Reports**, Taipei, v. 13, p. 10-12, 1992.

DEGENS, B. P.; SPARLING, G. P.; ABOIT, L. K. Increasing the length of hyphae in a soil increases the amount of water stable aggregates. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 3, n. 2, p.149-159, 1996.

DELL VALLE JÚNIOR, R.; ORTIZ, C. E.; SANTIAGO-CORDOVA, M. A. Fertilization of arracacha in a ultissol. **Journal Agriculture of the University of Puerto Rico**, Rio Piedras, v. 79, p. 3-4, 1995.

DURALL, D. M.; MARSCHALL, J. D.; JONES, M. D.; CRAWFORD, R.; TRAPPE, J. M. Morphological changes and photosynthate allocation in ageing *Hebeloma crustuliniforme* (Bull.) Quel. and *Laccaria bicolor* (Maire) Orton mycorrhizas of *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws. **New Phytologist**, Oxford, v. 127, p. 719-724, 1994.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (Brasília, DF). Mandioquinha-salsa; mercado promissor para a hortaliça que veio dos Andes. **Hortinforme**, Brasília, n. 5, p. 3, 1991.

FITTER, A. H. Cost and benefits of mycorrhizas: Implications for functioning under natural conditions. **Experientia**, Basel, v. 47, p. 350-355, 1991.

FRANZLUEBBERS, A. J. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 66, p. 197-205, 2002.

HAYMAN, D. S. VA mycorrhizas in field crop systems. In: SAFIR, G. R. (Ed.). **Ecophysiology of VA mycorrhizal plants**. Boca Raton: CRC, 1987. p. 171-192.

HENZ, G. P. Doenças da mandioquinha-salsa e sua situação atual no Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 135-144, 2002.

CÂMARA, F. L. A. **Estudos de tecnologias objetivando a precocidade de produção de batata baroa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)**. 1984. 54 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CARAVACA, F.; HERNÁNDEZ, T.; GARCIA, C.; ROLDÁN, A. Improvement of rhizosphere aggregate stability of afforested semiarid plant species subjected to mycorrhizal inoculation and compost addition. **Geoderma**, Amsterdam, v. 108, p. 133-144, 2002.

CARON, M. A.; PAREN, S. Definition of a medium for the use of vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) in horticulture. **Acta Horticulturae**, Netherlands, n. 221, p. 287-294, 1988.

CHAMBERS, C. A.; SMITH, S. E.; SMITH, F. A. Effects of ammonium and nitrate ions on mycorrhizal infection, nodulation and growth of *Trifolium subterraneum*. **New Phytology**, Oxford, v. 85, p. 47-62, 1980.

COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E. L. Potencial de inoculo de fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com cafeeiro e leguminosas de verão. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 5., 1994, Florianópolis, SC. **Resumos...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1994. p. 17.

COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E. L. Micorrizas arbusculares: práticas agronômicas e manejo de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD ROM.

COSTA, G. P. Nutrição da cultura da mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 250-252, 2000.

COSTA, N. de L.; PAULINO, V. T.; COSTA, R. S. da C. **Efeito de micorrizas arbusculares e adubação com fosfato de rocha em *Sesbania sesban***. Rondônia: EMBRAPA-CPAF, 2001. 4 p. (EMBRAPA-CPAF. Circular Técnica, 194).

2. A cultura da mandioquinha-salsa

A mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) pertence à família das Umbelíferas ou Apiaceas, sendo a maior representante desta família e a única espécie que se propaga também por modo vegetativo, ou seja, pelos seus rebentos. Associado a sua origem andina, a cultura de mandioquinha-salsa no Brasil inicialmente se concentrou nas regiões montanhosas, de climas mais amenos e com altitudes superiores a 800 m (Santos et al., 1991). No entanto, posteriormente já existem relatos de cultivos bem sucedidos em altitudes inferiores a 600 m e em plantios sombreados ou intercalados com culturas perenes como de café, citros e fruteiras arbóreas, em fase inicial de implantação (Santos, 1994, 1997, EMBRAPA, 1991).



Figura 1. Aspecto da planta em campo de produção, Nova Friburgo-RJ.

Dependendo do local de cultivo, a coloração das raízes pode ser afetada, a exemplo do Distrito Federal, onde se apresentam de cor creme, ainda que no sul a coloração das raízes seja um amarelo intenso. Certamente as condições climáticas e pedológicas estão influenciando diretamente nas diferenças observadas para a coloração das raízes (Santos & Câmara, 1995). Em solos de turfa, tem havido insucesso para o cultivo da mandioquinha-salsa, cujas raízes, após a lavagem, ficam com manchas escuras, perdendo o seu valor comercial.

Para o local de plantio da mandioquinha, recomenda-se terrenos de topografia plana ou ligeiramente inclinada, profundos e com boa capacidade de drenagem, pois esta espécie que não tolera o encharcamento. O plantio pode ser feito diretamente no solo ou então em camalhões com altura entre 20-40 cm, dependendo da capacidade de drenagem e textura do solo.

A propagação convencional de caráter exclusivamente assexuada, aliada à baixa variabilidade observada entre as variedades cultivadas no Brasil, conduz à possibilidade teórica desta espécie estar em alto grau de heterozigose, apresentando baixa produtividade e ciclo consideravelmente longo (Santos et al., 1994).

A cultura da mandioquinha-salsa ainda hoje, está baseada em uma única variedade denominada Amarela de Carandaí ou Amarela comum. No entanto, com os crescentes estudos desta olerícola não só na Embrapa Hortaliças, que se tornou um dos centros de referência da cultura, mas também em outras regiões do País (Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo), a mandioquinha vem conquistando espaço e destaque em algumas regiões produtoras de hortaliças. O desenvolvimento de novos clones oriundos de propagação sexual por cruzamentos selecionados, vem proporcionando uma grande variabilidade de genótipos e a viabilidade de plantas mais adaptadas às nossas áreas de cultivo e manejo, selecionando plantas com maior resistência a doenças, precocidade e com maiores produções de raízes. Estes novos clones despertam interesse nas regiões produtoras da cultura, já que foram selecionados para maior adaptabilidade nas condições de clima e solos do País. Somando-se ainda que alguns ensaios preliminares demonstraram que estas plantas e a cultura sejam também adequadas ao manejo orgânico, e aptas ao cultivo com uma menor carga de insumos minerais, podendo então ser mais adequadas em outras regiões e tipos de manejo cultural. Santos & Silva (1998), comentam que as plantas de mandioquinha iniciam a emissão de raízes de reserva em torno dos 45 dias após o plantio, com o máximo de formação aos cinco meses, período no qual a falta de água compromete determinantemente a produtividade e qualidade das raízes. A irrigação da mandioquinha-salsa

propriedades rurais, e devido as suas características e qualidades nutricionais tem grande potencial de mercado. As introduções de novos materiais genéticos selecionados, associados a novas técnicas de cultivo aumentam as possibilidades de sucesso e incrementam a produção nacional.

6. Referências bibliográficas

AZCÓN-AGUILAR, G.; BAREA, J. M. Effects of interaction between different culture fractions of phosphobacteria and *Rhizobium* on mycorrhizas infection growth and nodulation of *Medicago sativa*. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 24, p. 520-524, 1978.

BONFANTE, P. Plants, mycorrhizal fungi and endobacteria: a dialog among cells and genomes. **Biology Bulletin**, v. 204, p. 215-220, 2003.

BIANCIOFFO, V.; ANDREOTTI, S.; BALESTRINI, R.; BONFANTE, P.; PEROTTO, S. Mucoïd mutants of the biocontrol strain *Pseudomonas fluorescens* CHAO show increased ability in biofilm formation on mycorrhizal and nonmycorrhizal carrot roots. **Molecular Plant Microbe Interaction**. v. 14, p. 255-260, 2001.

BOYLE, M.; FRANKENBERGER Jr., W. T.; STOLZY, L. H. The influence of organic matter on soil aggregation and water infiltration. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 2, n. 4, p. 290-299, 1989.

BRESSAN, W. **Micorriza, fósforo e nitrogênio no sorgo e soja consorciados**. 1996. 160 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BRESSAN, W.; SIQUEIRA, J. O.; VASCONCELLOS, C. A.; PURCINO, A. A. C. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 315-323, 2001.

Tabela 1. Composição de raízes, cepas, folhas e pecíolos de mandioquinha-salsa

Composição	Raízes	Cepas	Folhas	Pecíolos
Massa seca % em matéria fresca	24,41	22,21	15,77	7,44
g % da matéria seca				
Celulose	4,69	8,39	24,49	27,45
Proteína	3,35	4,06	20,75	9,15
C.A.D.	82,91	77,37	19,99	24,80
Amido	77,89	71,25	15,34	16,76
Sacarose	3,25	3,85	0,67	0,23
Cálcio	73,6	174,2	1.065,4	494,5
mg % da matéria seca				
Magnésio	69,4	88,7	305,8	132,1
Potássio	2.630	3.167	5.061	8.716
Fósforo	210,39	295,58	468,78	390,91
Relação Ca:P	0,35	0,59	2,27	1,27
% da proteína				
Lisina	2,62	3,11	4,49	3,28
Histidina	1,18	1,63	1,63	1,19
Amônia	4,32	3,15	1,80	2,61
Arginina	16,39	18,19	5,06	3,52
Ácido aspártico	10,32	8,03	9,89	11,37
Treonina	2,6	2,63	4,84	3,98
Serina	2,83	2,86	4,43	4,14
Ácido glutâmico	13,43	10,22	11,19	13,91
Prolina	1,84	2,09	4,83	3,7
Glicina	2,56	2,80	5,44	4,41
Alanina	3,02	3,02	6,27	5,41
Valina	2,71	2,85	5,95	4,93
Metionina	2,57	1,63	1,95	1,88
Isoleucina	2,48	2,54	4,91	4,22
Leucina	3,63	3,95	8,92	7,56
Tirosina	1,57	1,49	4,00	3,01
Fenilalanina	2,3	2,35	5,52	4,12

Fonte: Câmara, 1984

proporciona aumentos de produtividade de até 80% em relação à média nacional. (Silva et al., 2000).

A cultura de mandioquinha-salsa devido as suas características específicas de clima tem se desenvolvido até então limitadamente em certas regiões e desta forma não apresenta uma oferta constante nos grandes centros urbanos consumidores. Também sua sazonalidade de produção, aliada a pequena conservação das raízes após a colheita, prejudicam uma melhor distribuição desta hortaliça para locais mais distantes da região produtora. Uma das possibilidades para suplantar este problema é o uso de novos materiais genéticos, mais rústicos, com melhor produtividade e com maior adaptabilidade em novas regiões de cultivo. Além disso, algumas dessas regiões de cultivo vêm se destacando na produção nacional, utilizando-se de novas técnicas e dos novos materiais genéticos, aumentando e melhorando a produção de raízes no País. Concomitantemente, pesquisas para aumentar o tempo de conservação destas raízes, após a colheita, estão sendo também realizadas.



Figura 2. Cultivo de mandioquinha-salsa sob cobertura morta .

A rusticidade da planta, aliada a falta de manejo adequado e sua boa resposta à aplicação de nutrientes nos levam a supor que a mandioquinha-salsa possa ter um bom desempenho em sistema de cultivo orgânico. O estudo da associação com FMAs pode ser uma importante ferramenta para o aumento de produção desta cultura quando cultivada em solos mais pobres e em novas regiões de cultivo, principalmente em manejo não convencional e mais sustentável.

Segundo Reghin et al. (2000), o Brasil é o maior produtor mundial de mandioquinha-salsa, cultivando-se anualmente cerca de 11.000 ha, com produtividade média de 9,2 t.ha⁻¹. Atualmente a área plantada, estimada, está em torno de 25000 ha e se apresenta em expansão. Entretanto, não se tem dados recentes sobre a produção e a produtividade dos Estados que produzem essa cultura.

A mandioquinha-salsa é considerada como um alimento essencialmente energético em função de sua composição centesimal onde se destacam os teores de carboidratos em relação aos nutrientes (Pereira, 1995). Pereira (2000), também destaca que a mandioquinha é excelente fonte de vitaminas (complexo B e vitamina A) e de minerais (Ca, P e Fe). Segundo o mesmo autor, outros fatores determinantes do uso da mandioquinha-salsa em dietas especiais são as características do seu amido que contém baixo teor de amilopectina e ausência total de fatores antinutricionais que concorrem para sua alta digestibilidade, fato este que o autor passa a considerar como um alimento também nutracêutico (Tabela 1).

Madeira (2000), cita as vantagens do processo de pré-enraizamento para a produção de mudas de mandioquinha-salsa, indicando que como acontece nas demais olerícolas, a qualidade de mudas é primordial no estabelecimento da cultura no campo. Com a utilização do pré-enraizamento das mudas de mandioquinha-salsa pode-se introduzir a prática de inoculação de FMAs na fase inicial da cultura, aproveitando os benefícios trazidos da associação simbiótica entre o fungo e a planta, como a nutrição da planta e a absorção da água (melhor balanço hídrico). O sucesso da

de microrganismos e que afetam conseqüentemente a agregação e infiltração do solo. A importância da agregação está na facilidade de infiltração de água, promover um habitat adequado para os microrganismos do solo, adequar o suprimento de oxigênio para raízes e organismos do solo, prevenir a erosão do solo, entre outros. A infiltração é uma importante característica do solo que controla a lixiviação, escoamento superficial e disponibilidade de água para as culturas (Franzluebbers, 2002). O grau de estratificação da matéria orgânica do solo em profundidade tem se mostrado como um indicador de qualidade do solo, isto porque na superfície a matéria orgânica é essencial no controle de erosão do solo, infiltração de água e conservação de nutrientes (Franzluebbers, 2002).

A mandioquinha-salsa que é cultivada principalmente em pequenas e médias propriedades rurais, possui um alto valor agregado, necessita de grande mão-de-obra familiar ou não, e utiliza baixa quantidade de insumos agrícolas. Com o manejo de pré-enraizamento das mudas se tem à possibilidade da inoculação e utilização dos benefícios da associação com os fungos micorrízicos. A planta apresenta diferentes respostas à fertilização mineral, e apesar de ser rústica extrai quantidades consideráveis de nutrientes do solo para alcançar altas produtividades, pode ser consorciada com culturas perenes e anuais, facilitando o seu manejo e a diversificação na propriedade rural. A utilização de matéria orgânica e/ou de práticas agrícolas que aumentem seu conteúdo no solo, associadas com a possibilidade de utilização de FMA's e a introdução de novos materiais genéticos pode proporcionar melhores produtividades e precocidade na cultura. Portanto, a mandioquinha-salsa é uma cultura versátil com grande potencial para o cultivo em sistema não convencional e com uma boa rentabilidade ao produtor, portanto uma alternativa economicamente viável. A possível associação com os fungos micorrízicos pode se tornar uma nova fonte de informação para a cultura com resultados promissores na produção de mudas e aumento da produtividade de raízes comerciais em determinadas condições de cultivo. Por suas características de rusticidade e adaptabilidade, a planta pode ser cultivada em diversas regiões do País em pequenas e médias

de matéria orgânica apresentaram menor taxa de colonização, mas segundo os autores a taxa de colonização foi muito baixa em todos os substratos avaliados no período em que as mudas passaram no viveiro. Martins et al. (2004), verificaram que os propágulos de mandioca-salsa carregam junto de si nos tecidos internos, fungos micorrízicos arbusculares e estes provavelmente seriam responsáveis pela re-inoculação em um novo plantio. No entanto, os mesmos autores trabalhando em casa de vegetação com doses crescentes de fósforo e fungos micorrízicos inoculados observaram que as maiores doses do nutriente inibiram a colonização.

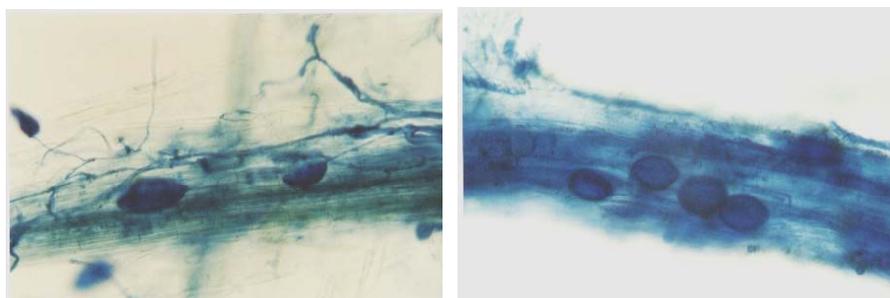


Figura 7. Esporos e hifas de fungos micorrízicos arbusculares colonizando raízes de mandioca-salsa

As características benéficas ao solo, resultantes do uso de resíduos orgânicos, têm efeito pronunciado para a cultura da mandioca-salsa, que por ter sua parte comercial subterrânea, exige solos bem estruturados e com melhores condições para o desenvolvimento das raízes de reserva, dentro das características desejáveis à comercialização. Os resíduos orgânicos poderão ter efeito benéfico pronunciado se forem usados, inclusive, como cobertura do solo, especialmente, naqueles de cerrado muito intemperizados e com baixo teor de matéria orgânica, uma vez que está sujeita ao aquecimento e dessecação da camada superficial, o que pode causar a morte das mudas de mandioca-salsa, logo após o plantio, ou das plântulas, depois do início da emissão das primeiras raízes e brotos aéreos.

A matéria orgânica do solo sustenta muitas funções, promovendo energia, substrato e diversidade biológica para suportar a atividade

inoculação no viveiro pode não ser observada imediatamente, mas só depois das mudas serem transplantadas para o campo (Sieverding, 1991). O principal efeito benéfico da associação com as micorrizas seria um melhor desenvolvimento das mudas na fase de viveiro e menor tempo para o transplante, assegurando um melhor “stand” final no campo. Entretanto, existem poucos trabalhos com esta cultura que avaliam o efeito dos FMAs após o transplante das mudas e o desenvolvimento das plantas nos campos de produção. Também existe a necessidade de estabelecer o grau de dependência micorrízica da planta e dos níveis de fertilidade do solo a ser cultivado.



Figura 3. Campo de produção em Nova Friburgo-RJ.

Na cultura de mandioca-salsa a resposta à aplicação de nutrientes ainda é assunto de estudos, devido principalmente às distintas respostas observadas em diferentes classes de solo e regiões. O excesso de adubação nitrogenada geralmente privilegia o desenvolvimento da parte aérea causando prejuízo na formação de raízes (Costa, 2000). No entanto, Del Valle Júnior et al. (1995), trabalhando em um ULTISSOL, observaram aumento da produção de propágulos até a dose de 135 kg.ha⁻¹ de nitrogênio. Ainda há

autores que reconhecem uma correlação positiva e significativa entre massa de parte aérea e produção de raízes comerciais (Câmara, 1984; Portz, 2001). Portz (2001), trabalhando com esta cultura em Nova Friburgo, RJ, verificou que houve resposta negativa da adubação nitrogenada na produção de raízes comerciais, apresentando uma tendência de queda de produção com o aumento das doses. O mesmo autor não observou resposta significativa à aplicação de doses crescentes de fósforo e potássio na produção de raízes comerciais na cultura nas condições do experimento. Entretanto, Mesquita Filho et al. (1996), verificaram um efeito quadrático de P_2O_5 significativo a 1 % em Latossolo Vermelho amarelo do cerrado. Vieira (1995), num estudo de crescimento e produção de clones no Estado do Mato Grosso do Sul concluiu que as maiores doses de fósforo e resíduo orgânico utilizado ($81,7 \text{ kg.ha}^{-1}$ e $19.000 \text{ kg.ha}^{-1}$) resultaram nos maiores pesos de matéria fresca e seca dos órgãos da planta. O autor, no entanto, recomenda utilizar maior quantidade de resíduos orgânicos e menores doses de fósforo quando se deseja produzir mandiоquinha-salsa em solos já cultivados com hortaliças ou outras espécies onde se tenham feito adubações com P, corretivas ou de manutenção. No entanto, de uma forma geral, observa-se que a cultura extrai consideráveis quantidades de nutrientes do solo e estes nem sempre retornam ao sistema (solo) na época da colheita. Os teores de K, N, P, Ca, Mg e S são de certa forma os mais elevados nas plantas de mandiоquinha e assim respectivamente os nutrientes que mais são retirados pelas plantas e desta forma fundamentais para o manejo nutricional em um novo cultivo.

As pressões para a redução do uso de agroquímicos (fertilizantes e biocidas), a adoção de sistemas de rotação de culturas e de cultivo reduzido do solo, a necessidade de melhor integração agricultura-ambiente e o desenvolvimento de tecnologias para exploração de FMA aumentam a importância destas para a produção agrícola (Moreira & Siqueira, 2002). Uma das estratégias para alcançar a sustentabilidade de qualquer ecossistema é maximizar o uso de microrganismos (dentre eles as FMA), entender os processos biológicos benéficos do solo e compreender a dinâmica da matéria

(1991) desenvolveu com certo sucesso, uma experiência prática de produção de inoculantes em canteiros nas propriedades rurais na Colômbia.



Figura 6. Raízes comerciais de mandiоquinha-salsa, variedade amarela comum

Martins et al. (2000), observaram a ocorrência de 29 espécies de FMA em solo rizosférico, coletado ao longo do ciclo da cultura da mandiоquinha. Os mesmos autores constataram uma alta taxa de colonização radicular aos três meses de ciclo, especialmente nos tratamentos com a dose 0 kg.ha^{-1} de fósforo, e um declínio da taxa de colonização radicular ao longo do desenvolvimento da cultura até a colheita. Martins et al. (2001), estudando o comportamento de mudas de mandiоquinha em dois tipos de substrato e dois tamanhos de células de bandejas de isopor, observaram que no substrato com solo + composto + areia houve uma maior taxa de colonização dos FMA inoculados, no entanto para o comprimento radicular, área radicular e massa fresca de raiz o substrato Plantmax-Hortaliças (nome comercial) apresentou maiores médias, assim como a maior relação raiz/parte aérea. Martins et al. (2002), estudando diferentes tipos de substratos em mudas de mandiоquinha inoculadas com FMA, observaram que aqueles substratos com maiores teores de



Figura 5. Produção de mudas micorrizadas de mandioquinha-salsa em bandejas de isopor

A dependência micorrízica, segundo Janos (1988), refere-se à incapacidade da planta hospedeira de crescer sem micorrizas em um dado nível de fertilidade do solo. A resposta das plantas as micorrizas reflete na eficiência do fungo, o funcionamento da simbiose e o potencial de resposta da planta a inoculação. A distinção entre resposta as micorrizas e a dependência micorrízica é tênue, mas de grande interesse para a aplicação dos fungos micorrízicos na formação das mudas, pois a sobrevivência destas, sua adaptação ao novo ambiente de transplante e a competitividade no ecossistema estão mais relacionados com a dependência do que com a resposta a micorrização (Siqueira & Saggin Júnior, 1995). Porém para culturas anuais a inoculação a campo não parece ser tecnicamente viável. A grande quantidade de inóculo necessária, a competição com os fungos micorrízicos nativos e dificuldades no estabelecimento da micorrização, devido ao ciclo rápido das culturas, inviabilizam a inoculação a campo. Neste caso, a melhor alternativa parece ser o manejo das populações nativas, através do aumento do potencial de inóculo natural do solo com práticas agrônômicas de rotação de culturas, cultivo intercalar ou mesmo o cultivo prévio com plantas altamente micorrízicas (Balota & Colozzi-Filho, 1997). Contudo a inoculação de canteiros para o preparo de mudas no solo pode tornar-se viável para certas culturas, Sieverding

orgânica no solo. Mais recentemente tem se observadas boas produtividades da mandioquinha-salsa em manejo sob sistemas orgânicos de produção, inclusive com a introdução de novos clones melhorados (Souza, 1998). A matéria orgânica adicionada neste caso tem efeitos benéficos para cultura, como reserva de nutrientes, melhoria das condições físicas do solo e proporcionando aumento de atividade biológica. Como a cultura exige solos bem estruturados, por ter sua parte comercial subterrânea, os resíduos orgânicos utilizados poderiam ter efeito benéfico pronunciado inclusive se fossem adicionados como cobertura do solo.

Um cultivo de mandioquinha-salsa dificilmente atingirá o ponto de colheita sem apresentar problemas com algum tipo de doença ou praga devido ao seu ciclo relativamente longo, de até 12 meses. Esta hortaliça é considerada uma cultura rústica, com boa tolerância a doenças e pragas, sendo raros os relatos de perdas severas (Henz, 2002). Deve-se no entanto, evitar locais com infestação de nematóides e cultivados com espécies da mesma família, sempre procurando um bom manejo de rotação de culturas.

A perspectiva de aumento de área cultivada é grande e a cultura está se expandindo para novas regiões do País, inclusive para locais onde as condições climáticas não são tão favoráveis para o seu desenvolvimento, isto é: regiões mais quentes e de baixa altitude. Quando cultivada solteira, no consórcio com perenes, em rotação com outras culturas, e principalmente quando cultivada em pequenas propriedades com uso da mão de obra familiar à mandioquinha-salsa se torna uma ótima opção de investimento e rentabilidade com baixa entrada de insumos e retorno garantido.

3. Benefícios dos fungos micorrízicos arbusculares

O benefício da associação plantas - fungos micorrízicos não é recente e ocorre em quase todas as espécies vegetais nos mais diversos ecossistemas. Os efeitos benéficos são às vezes muito complexos, e, em muitos casos, inconsistentes, por dependerem de vários fatores que atuam direta e indiretamente sobre o sistema micorrízico e seus componentes. A capacidade do fungo de

estimular o crescimento da planta é determinada pelas características dos componentes da simbiose, principalmente do microbionte, que pode apresentar diferentes graus de eficiência, sendo até mesmo ineficaz ou parasítico temporário das plantas hospedeiras (Moreira & Siqueira, 2002). O benefício geralmente está ligado à absorção do fósforo do solo e características como a exigência nutricional e capacidade da planta de adquirir o nutriente do solo são condicionantes da associação entre o hospedeiro e o fungo. Assim, além da eficiência do fungo, a disponibilidade do P no solo é fator determinante na responsividade da planta.

Pode-se dizer que nos solos tropicais o aumento na absorção de fósforo é o mecanismo primário de benefício das micorrizas, sendo que a maior absorção desse nutriente exerce inúmeros efeitos benéficos secundários que podem ser nutricionais favorecendo a absorção de outros nutrientes ou fisiológicos na planta como o favorecimento das relações hídricas (Osonubi et al., 1991). FMAs causam alterações fisiológicas na absorção de nutrientes como redução do Km. Plantas micorrizadas têm sido demonstradas apresentando menores valores de Km de P que aquelas sem micorrizas, tendo portanto maior afinidade a este elemento (Moreira & Siqueira, 2002). No entanto, o máximo de esporulação e colonização ocorre em solos de baixa fertilidade, e tanto o fósforo como o nitrogênio pode reduzir significativamente o desenvolvimento e esporulação quando presente em altos níveis (Siqueira & Saggin Júnior, 1995).

Os fungos micorrízicos arbusculares não apresentam especificidade à planta hospedeira, mas a capacidade de fungos diferentes de promover o crescimento da mesma espécie de planta é variável. Considera-se como eficiente o fungo que, em uma ampla faixa de condições ambientais, coloniza rápida e extensivamente as raízes; compete com outros microrganismos pelos sítios de infecção e absorção de nutrientes; forma rapidamente um extenso micélio extra-radicular; absorve e transfere nutrientes para a planta e promove benefícios não nutricionais à planta, como agregação do solo, equilíbrio hormonal e alívio de estresse, entre outros (Saggin Júnior & Lovato, 1999).

5. Possibilidade de relações entre a mandioquinha-salsa e os fungos micorrízicos arbusculares

A eficiência da inoculação de fungos micorrízicos na produção de mudas, principalmente se estas possuem um certo grau de dependência micorrízica, passa por variantes ambientais, difere com a espécie e/ou isolado do fungo e com a espécie vegetal. Num agroecossistema, será necessária a presença de vários isolados de fungos para cumprir os diferentes papéis de benefícios nutricionais e não nutricionais com diferentes espécies de plantas e em diferentes estágios fisiológicos e fenológicos. Estas considerações propõem que os inoculantes sejam compostos, isto é, tenham mais de uma espécie ou isolado, a exemplo do que acontece com os inoculantes de rizóbio, no entanto é necessário avaliar aspectos ligados à competição entre os diferentes fungos (Saggin Júnior & Lovato, 1999).

A viabilização do uso de micorrizas em qualquer cultura passa por determinados processos e etapas e a dependência da planta a associação simbiótica pode acontecer por determinada fase vegetativa ou ciclo da cultura. Quando se tem a possibilidade de inocular os fungos micorrízicos na fase de viveiro das mudas de uma cultura, podem-se trazer benefícios tais como: maior vigor, uniformidade e resistência a qualquer tipo de stress impostas as plantas em sua fase inicial de desenvolvimento. No entanto, não se tem como garantir a sobrevivência desta associação quando as plantas são levadas para o campo. Outros fatores como a capacidade de competição da espécie do fungo micorrízico no solo, o nível de dependência da espécie vegetal e teores de nutrientes no solo irão influenciar na manutenção ou não da simbiose. Há necessidade de então se conhecer o grau de dependência micorrízica da planta, ou então se a planta é apenas responsiva.

1997). Na rotação de culturas devem-se escolher espécies vegetais com grande capacidade de micorrização, as quais possam aumentar a infectividade do solo. A escolha errada de espécies ou um período prolongado de pousio podem diminuir a infectividade natural do solo e diminuir a diversidade de fungos micorrízicos.

O cultivo intercalar (alley-cropped) pode favorecer simultaneamente o solo e a cultura principal. A cobertura do solo, adição de matéria orgânica e controle de pragas são algumas das vantagens observadas. Quando são utilizadas leguminosas no consórcio os benefícios são ainda incrementados pela contribuição de nitrogênio fixado biologicamente, além disso, o crescimento vigoroso das leguminosas e o desenvolvimento de seu sistema radicular no solo aumentam a densidade de raízes por unidade de área estimulando a micorrização, aumentando a diversidade de espécies de fungos micorrízicos e o potencial infectivo natural do solo (Colozzi-Filho & Balota, 1997). Johson & Pflieger (1992), aumentaram a densidade de fungos micorrízicos e o crescimento de mudas de árvores para a produção de madeira cultivando milho e sorgo nas entrelinhas. Colozzi-Filho & Balota (1994), cultivando leguminosas nas entrelinhas do cafeeiro, observaram aumento significativo do potencial de inóculo natural de fungos micorrízicos no solo, nas parcelas cultivadas com mucuna cinzenta. As mucunas são leguminosas utilizadas na adubação verde porque apresentam rápido crescimento, toleram diferentes níveis de acidez e fertilidade do solo, são capazes de fixar biologicamente grandes quantidades de N, possuem sistema radicular vigoroso que auxilia no rompimento de camadas e no aumento de porosidade do solo, e também são altamente susceptíveis a micorrização.

A severidade dos efeitos dos distúrbios ocasionados pelo preparo do solo sobre a micorrização varia com o solo e o tipo de preparo executado, mas estão principalmente relacionados com a disponibilidade de propágulos infectivos para o restabelecimento da colonização no próximo cultivo.

Os mecanismos pelos quais os fungos micorrízicos aumentam o crescimento das plantas podem ser nutricionais e não nutricionais. Em geral, as magnitudes dos benefícios da micorrização são determinadas pelo fluxo de nutrientes do fungo para a planta e de fotossintatos da planta para o fungo, sendo este estimado em cerca de 10 a 15 % da fotossíntese total. Os benefícios do aumento da absorção de nutrientes com a produção de biomassa de micorrizas têm um custo energético associado, e é considerável. Quando comparado ao custo de carbono de plantas micorrizadas e não micorrizadas observa-se que entre 4 e 36% do carbono é alocado para a micorriza (Durall et al., 1994), mas o aumento da fotossíntese nestas plantas pode compensar este maior custo de carbono (Kucey & Paul, 1982). Fitter (1991), estimou que o dreno da associação micorrízica varia de 10 a 20% do total de fotossíntese da planta.

Plantas micorrizadas geralmente apresentam teores mais elevados de certos nutrientes, principalmente aqueles de mobilidade reduzida no solo, como é o caso de P e Zn. As micorrizas também são capazes de modificar quimicamente a rizosfera, alterando a disponibilidade de fósforo inclusive na forma orgânica, também podem aumentar a eficiência de fosfatos naturais aplicados no solo. A absorção de outros nutrientes também é influenciada pelas micorrizas arbusculares e estão envolvidas com nutrientes que possuem baixa mobilidade no solo, como é o caso do Zn e Cu. Em estudo com milho crescendo em solo calcário as micorrizas arbusculares foram responsáveis pela absorção de 16 a 25 % do Zn, e 52 a 62 % do Cu (Li et al., 1991). Em contraste, os teores de Mn são geralmente menores em plantas micorrizadas, parecendo ser devido a efeitos indiretos, resultantes das alterações microbiológicas induzidas na rizosfera, como a diminuição da população de bactérias redutoras de manganês, causando diminuição da disponibilidade deste elemento, geralmente em excesso (Moreira & Siqueira, 2002). Mesmo em consórcios as micorrizas atuam com vantagens para os dois hospedeiros. Bressan et al. (2001), observaram que a inoculação de fungos micorrízicos contribuiu para o aumento da matéria seca, produção de grãos e para os teores de N, P, K, Zn e Cu no sorgo e soja consorciados.

Outros elementos como o sódio, cobalto e silício não são essenciais para o crescimento de todas as plantas, no entanto a absorção destes elementos pelas plantas algumas vezes se relaciona com a atividade de fungos micorrízicos. Alguns metais pesados (Cd, Ni, Se, Cs) e alguns ânion não nutricionais (Bi, I) são observados serem absorvidos e transportados para o hospedeiro pelas hifas de fungos micorrízicos (Sieverding, 1991).

As micorizas arbusculares também interferem direta ou indiretamente na aquisição de N pelas plantas. Hodge et al. (2001), observaram que hifas fúngicas são capazes de absorver N nas formas orgânica e inorgânica, transferindo-as para a planta. Também, através de mecanismos indiretos, as micorizas arbusculares favorecem a aquisição de N₂ atmosférico, principalmente nas plantas que se associam com o rizóbio. Com uma melhor disponibilidade de P nas plantas micorrizadas, aumenta-se a eficiência da fixação de N₂ e nodulação pelo aumento de produção de raízes e a fotossíntese.

A transferência de nutrientes entre raízes da mesma planta e entre plantas, mediadas por hifas fúngicas que atuam como canais de ligação, tem sido observado em alguns ecossistemas. Em um consórcio com sorgo e soja, em solo do cerrado, a produção do sorgo foi 67% maior na ausência de micorizas e de 157 % na presença destas (Bressan, 1996).

Nogueira & Cardoso (2003), observaram que há necessidade de avaliações mais detalhadas da eficiência dos fungos ao longo do desenvolvimento da planta, e não apenas pontual, para que se possa expressar o benefício micorrízico e estabelecer uma completa simbiose micorrízica. Estes autores observaram mudanças de respostas com o tempo na efetividade de diferentes endófitos e substratos em soja afetada por toxicidade de manganês.

Além das conhecidas interações entre os fungos micorrízicos e as plantas, as raízes micorrizadas são talvez excelentes nichos ecológicos para outros microrganismos: algumas bactérias da rizosfera aderem fortemente às hifas fúngicas, enquanto outras são diretamente associadas com as superfícies de raízes (Bianciotto et

maiores teores de carbono solúvel em água e atividade enzimática quando comparados ao solo não rizosférico, e junto com a micorrização estabeleceram um efeito sinérgico no crescimento e desenvolvimento das plantas (Caravaca et al., 2002).

Weber et al. (1990), observaram maiores aumentos no crescimento e infecção radicular com tratamentos que receberam palha de braquiária. Os autores observaram que o incremento nos dados de crescimento pelo fungo foi maior no tratamento do solo que recebeu esterco bovino, em relação ao controle, e tais resultados revelam que adubos orgânicos interferem na micorrização e crescimento de citros. Da mesma maneira, Caron & Parent (1988), observaram variações no crescimento aéreo e na colonização das raízes de alho, quando inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em vários substratos orgânicos. Saif (1986), constatou maior infecção radicular em plantas provenientes de locais onde foi incorporado os restos culturais. Alguns fungos micorrízicos arbusculares podem apresentar habilidades saprofitas, colonizando fragmentos orgânicos, e enfatizando a importância da matéria orgânica do solo no crescimento e infecção micorrízica nas radículas das plantas (Warner & Mosse, 1980; Hepper & Warner, 1983; Warner, 1984). Uma maior diversidade de espécies de fungos micorrízicos no solo possivelmente aumentaria as chances do hospedeiro ser infectado por uma espécie mais eficiente, contudo na natureza a seleção natural nem sempre seleciona para a eficiência, sendo mais provável uma seleção de espécies para sobrevivência naquelas condições do meio onde se desenvolve (Siqueira, 1994). Neste caso sistemas agrícolas manejados selecionam os FMAs e é possível que o preparo de solo esteja selecionando espécies de FMAs mais adaptadas a situações de stress cultural.

O manejo do agroecossistema pelo uso de práticas conservacionistas tais como cobertura verde e rotação de culturas podem ajudar a recompor o equilíbrio da comunidade microbiana, restabelecendo uma população de fungos micorrízicos diversificada e com potencial de inóculo elevado, resultando em produtividade associada à qualidade e sustentabilidade (Colozzi-Filho & Balota,

como na germinação com o pH e correlações negativas com os teores de saturação de alumínio. Apenas *G. margarita* apresentou baixa correlação entre as variáveis mencionadas indicando, possivelmente sua maior adaptação às condições ácidas do solo. Siqueira et al. (1990), observaram que a calagem promoveu redução da efetividade de fungos micorrízicos e causou mudança na composição de espécies. *G. margarita*, estava presente em grande quantidade na ausência de calagem e praticamente ausente após a aplicação do corretivo. *Glomus etunicatum* foi favorecido pela calagem e *Acaulospora morrowae* predominou na presença e ausência de calagem. Os autores também verificaram que os maiores estímulos de crescimento na braquiária ocorreram quando nenhum calcário foi aplicado ou quando houve pesada aplicação de corretivo no solo nos tratamentos inoculados com os fungos micorrízicos.

A matéria orgânica do solo tem interações com os fungos micorrízicos, favorecendo indiretamente pela melhoria da porosidade e estrutura dos solos agrícolas. St. John et al. (1983), obtiveram evidências experimentais de que a matéria orgânica estimula o crescimento e a ramificação das hifas do fungo no solo, pela formação de um nicho fisiológico mais adequado para o crescimento do fungo micorrízico. Isahac et al. (1986), relataram que o maior desenvolvimento radicular, promovido pela matéria orgânica, pode resultar em maior desenvolvimento de micorrizas na planta. Trindade et al. (2000), trabalhando com doses de esterco em mudas de mamoeiro micorrizadas com *Glomus etunicatum*, observaram que até a dose de 10 % de esterco no substrato houve uma maior eficiência do fungo, proporcionando mudas com maiores alturas e maior massa vegetal.

Rillig & Steinberg (2002), observaram que o efeito de espaço físico é importante no crescimento do micélio do fungo. Estes autores indicaram que a concentração de glomalina no solo, que é uma glicoproteína produzida pelas micorrizas, se correlaciona fortemente com a estabilidade de água nos agregados. Aumento na estabilidade de agregados de solo rizosférico também foi observado pela adição de resíduos de composto orgânico de lixo, além de

al., 2001). Recentes estudos revelaram que nas micorrizas arbusculares a complexidade do sistema foi aumentado pela participação de um terceiro simbiote: uma bactéria vivendo dentro do fungo, e sinais moleculares entre os três componentes da simbiose podem elucidar os mecanismos de reconhecimento entre eles e a aquisição de nutrientes. (Bonfante, 2003).

4. Interações solo - micorrizas arbusculares

A participação das micorrizas no solo não se restringe a benefícios nutricionais para o hospedeiro, também, os agregados (do solo) são estabilizados pelas raízes e hifas. A ação mecânica do cultivo do solo causa a ruptura desses filamentos e reduz em até 76 % os macroagregados após um único cultivo, mas apesar de facilmente desestabilizados pelo cultivo, os macroagregados são formados rapidamente pelo crescimento de novas raízes e hifas. Degens et al (1996), observaram aumentos de 63 a 147 % de agregados estáveis devido ao estímulo no crescimento de hifas de *Scutellospora calospora*, em solo cultivado com *Lolium rigidum*, após 35 dias. Tanto a formação quanto a estabilidade dos agregados mostram correlações altas e positivas com o teor de matéria orgânica do solo e o comprimento de hifas e raízes (Boyle et al., 1989; Jastrow & Miller, 1991). Siqueira et al. (1994), comentam que as maiores produtividades, sustentabilidade agrícola e conservação ambiental são influenciadas pelas micorrizas não só pela melhoria da agregação do solo, mas também pela atenuação do efeito dispersivo da adsorção de fosfato que afeta negativamente na agregação. A presença do fungo também estimularia o crescimento das raízes e a rizodeposição (polissacarídeos extracelulares) que estimularia outros componentes da microbiota rizosférica. Para a aquisição de nutrientes, a raiz induziria mudanças na rizosfera modificando o pH, potencial de redox e liberação de exudados de baixo e alto peso molecular como o ácido málico e ácido cítrico, em condições de baixa disponibilidade de fósforo (Marschner, 1998). Estes ácidos orgânicos, segundo o autor, não se restringiriam ao fósforo, mas também para alguns micronutrientes como o Zn, Fe e Mn. A aquisição de fósforo orgânico é aumentada

pela liberação de fosfatases ácidas liberadas como ectoenzimas pelas raízes, ou de microrganismos incluindo as micorrizas arbusculares (Tarafdar & Marschner, 1994).

Em solos com fertilidade muito baixa, a aplicação de nutrientes, especialmente de fósforo, favorece a micorrização e os efeitos da inoculação. Mudanças de café inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e plantadas em solos com deficiência de P, só aumentaram a produção de grãos a campo, quando receberam P no plantio (Siqueira et al., 1993). Quando ocorre a adição de N e/ou P suficiente para otimizar o crescimento da planta, reduz-se a colonização. A calagem e adição de fosfatos são fatores de grande efeito nas micorrizas nos solos tropicais, que são geralmente muito ácidos e deficientes em P. Essas práticas alteram a composição das populações indígenas de fungos micorrízicos, favorecendo a dominância de certas espécies (Moreira & Siqueira, 2002). Nitrogênio é um dos mais limitantes elementos para a produção de plantas nos solos tropicais. Existe indicação da literatura (Hayman, 1987) que o aumento do nível de fertilizante nitrogenado diminui ou pode inibir a formação de micorrizas e pode afetar negativamente a população dos fungos micorrízicos. Fontes de fertilizantes amoniacais foram reportados serem mais inibitórios do que de fontes nítricas (Chambers et al., 1980). No entanto, os efeitos da aplicação de nitrogênio na simbiose não são constantes, podendo variar com o solo e da disponibilidade de fósforo para a planta.



Figura 4. Mudanças feitas de rebentos de mandioca-salsa, detalhe do corte em bisel e início do enraizamento.

Segundo Azcón-Aguilar & Barea (1978), bactérias solubilizadoras de fosfatos estão presentes na rizosfera micorrízica atuando sinérgicamente com os endófitos. Deste modo, os fungos micorrízicos ao aumentarem a absorção de fósforo, favorecem a dissociação química do fosfato insolúvel visando estabilizar sua concentração na solução do solo. Costa et al. (1992), não detectaram efeito depressivo da aplicação de fosfato natural de Araxá sobre a colonização de raízes de *L. leucocephala* inoculadas com *Scutellospora heterogama*. Costa et al. (2001), observaram que mesmo não havendo efeito significativo de doses de fosfato de rocha aplicadas ao solo, a aplicação do fertilizante promoveu um aumento da eficiência de resposta à inoculação dos fungos micorrízicos em *Sesbania sesban*, com acréscimos no rendimento de matéria seca e absorção de fósforo e nitrogênio.

Características físicas do solo como textura e condições de umidade do solo, aeração, inundação e a compactação influenciam os fungos micorrízicos severamente. Como os fungos são aeróbicos, solos com elevados teores de umidade ou sujeitos à inundação são geralmente desprovidos de micorrizas. A temperatura também influencia nas condições de sobrevivência e desenvolvimento dos fungos no solo. A camada arável do solo é onde se concentram as raízes absorventes das plantas tornando-se por isso o principal habitat e reservatório de propágulos de fungos micorrízicos. Qualquer fator que influencie nessa camada terá efeito sobre os fungos micorrízicos. Modificações na composição e número de espécies refletem alterações nas características físicas e químicas do solo, resultantes das práticas de cultivo, aração, calagem e adubações.

Existem variadas respostas do comportamento de fungos micorrízicos relacionados à acidez do solo. Siqueira et al. (1986), observaram que em condição de elevada acidez, *Gigaspora margarita* apresentou elevadas taxas de colonização e germinação, enquanto *Glomus mosseae*, *G. macrocarpum* e *G. intraradices* apresentaram baixas taxas de colonização e responderam linearmente a correção de acidez em plantas de milho. Os autores também observaram correlações positivas tanto na colonização