

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO

DISSERTAÇÃO

Fungos Micorrízicos Arbusculares na
Cultura da Mandioquinha-Salsa

Carla Andreia da Cunha Martins

2005



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA
CULTURA DA MANDIOQUINHA-SALSA**

CARLA ANDREIA DA CUNHA MARTINS

Sob a Orientação da Professora

Eliane Maria Ribeiro da Silva

e Co-orientação do Professor

Eduardo Lima

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção do
grau de **Mestre em Ciências** em
Agronomia, Área de Concentração
em Ciência do Solo

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2005

633.491
M386f
T

Martins, Carla Andreia da Cunha, 1973-
Fungos micorrízicos arbusculares na cultura da
mandioquinha-salsa / Carla Andréia da Cunha
Martins. – 2005.
99f. : il.

Orientador: Eliane Maria Ribeiro da Silva.
Dissertação(mestrado) – Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.
Bibliografia: f. 73-83.

1. Batata baroa – Cultivo – Teses. 2. Fungos
micorrízicos – Teses. 3. Nitrogênio – Fixação –
Teses. 4. Plantas – Efeito do fósforo – Teses. 5.
Endomocorriza – Teses. I. Silva, Eliane Maria
Ribeiro da, 1956. II. Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta dissertação, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA CIÊNCIA DO SOLO**

CARLA ANDREIA DA CUNHA MARTINS

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia Ciência do Solo, área de Concentração em Ciência do Solo, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, em Agronomia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 23/02/2005

Eliane Maria Ribeiro da Silva. Dra. Embrapa Agrobiologia
Orientadora

Fausto Francisco dos Santos. Dr. Embrapa Hortaliças

Marcos Gervásio Pereira. Dr. UFRRJ

“O bem, se o fiz, que seja desconhecido

E o que deixei de fazer irremediável.

Nunca percas a oportunidade de fazê-lo

Sem esperar compensações.

É um dos sentidos da vida.”

Orlando Ricciari

Aos meus pais, irmão, avó e tias
pela liberdade de escolha,
por acreditarem no meu esforço
com amor eterno, dedico este trabalho.

Ao Adriano, por ter iniciado toda essa história
com mandioquinha-salsa,
ofereço.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo mistério...

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade de estudo.

Ao CPGA-CS pelo auxílio durante o estudo.

A CAPES pela concessão da bolsa e a realização deste estudo.

A Embrapa-Agrobiologia pelo auxílio nas diversas etapas deste trabalho.

A Dra. Eliane Maria Ribeiro da Silva pela orientação, discussões, incentivo, apoio, amizade e compreensão durante as etapas deste trabalho.

Ao professor Eduardo Lima pela co-orientação, incentivo, amizade, carinho e por ter me mostrado o caminho da pesquisa.

Ao pesquisador Fausto Francisco dos Santos pelo apoio, incentivo, amizade, sugestões e compreensão em todo andamento do trabalho.

Ao produtor rural Augustinho Chudzinski pelo apoio e mudas de mandiocinha-salsa utilizada em parte deste trabalho, muito obrigada.

Ao pesquisador Orivaldo J. Saggin Junior pelas sugestões e amizade.

Ao professor Nelson Mazur pelo ensino e dicas em informática e por sua amizade.

Ao professor Adelson Araújo pelo bom senso das discussões das análises estatísticas que muito contribuíam para realização deste trabalho.

Ao professor Ricardo Berbara pela amizade e sugestões sempre que necessárias.

A pesquisadora Janaina Ribeiro Costa pela ajuda na interpretação das análises estatísticas.

A Dra. Ana Lucy Caproni pelas dicas e ajuda na taxonomia dos fungos, e por sua amizade.

A professora Lúcia Helena C. Anjos pelo auxílio nas correções de formatação e abstract e por sua amizade.

Ao professor Marcos Gervásio pelas dicas nos momentos solicitados e amizade.

Ao professor Everaldo Zonta pela amizade e ajuda em todas as horas.

A pesquisadora Vera Baldani pelo carinho, acolhimento e colaboração nos trabalhos com as bactérias diazotróficas.

Ao laboratorista Itamar Garcia pela ajuda nas análises e principalmente pelos seus conhecimentos na taxonomia dos fungos micorrízicos arbusculares, diversão e amizade motivando e alegrando os dias de trabalho.

Ao Vinícius Vitoi da PESAGRO – Nova Friburgo pelo apoio, carinho e amizade sempre presente.

Ao Alzimiro Marcelo C. Castilho da PESAGRO – Itaguaí por todo o apoio, e ajuda sempre prestativa com o controle biológico realizado em parte do trabalho.

Ao Geraldo Baeta pelo auxílio na microscopia eletrônica, pela companhia, carinho e amizade.

Aos professores do CPGA-CS que contribuíram de alguma forma para o meu aprendizado.

Aos estagiários e amigos dos laboratórios de fertilidade do solo (UFRRJ), micorrizas, gramíneas e dependências da Embrapa-Agrobiologia pela ajuda e companhia em todo trabalho.

Aos meus pais Luiz e Marilza por todo apoio, incentivo e amor eterno.

Ao meu irmão Júnior pelas brincadeiras nas horas de desânimo com amor.

A minha avó Guiomar pelo imenso carinho, apoio e por ter cuidado de mim.

As minhas tias Marli e Marlene (Dindinha) pelo chamego, carinho, grande amor e por toda ajuda sempre.

Ao meu namorado e companheiro de trabalho Adriano pelo carinho, amizade, compreensão e ajuda com sugestões e discussões em todo este estudo.

Aos meus primos (irmãos) Adilson, Carlos e Fernando pelos papos e ajuda nos momentos difíceis com tanto carinho.

As amigas Cíntia e Cristiana pelo carinho e amizade constante em todos os momentos.

Aos meus amigos de turma e sempre companheiros Allan Karl, Claudinei e Cristiane obrigada por me ouvirem e pela paciência.

Aos meus filhotes Tofi, Chuchu, Lili, Cuca, Kika e Fumaça pela companhia e alegria constante.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, muito obrigada.

BIOGRAFIA

Carla Andreia da Cunha Martins, filha de Luiz Carlos Martins e Marilza da Cunha Martins, nasceu no Rio de Janeiro em abril de 1973.

Realizou os estudos de primeiro grau na Escola Estadual Itália, e o segundo grau em Formação Geral no Centro Educacional de Duque de Caxias, ambos no Estado do Rio de Janeiro.

Em 1997 iniciou o curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, foi bolsista de iniciação científica pelo programa PIBIC/CNPq no Departamento de Solos em parceria com a Embrapa Agrobiologia, nos anos de 2000 a 2002, diplomando-se em outubro de 2002.

Em 2003 ingressou no curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo da UFRRJ, no nível de mestrado, concluindo-o em fevereiro de 2005.

RESUMO GERAL

MARTINS, Carla Andreia da Cunha. **Fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioquinha-salsa, RJ**. Seropédica: UFRRJ, 2004. 99 p. (Dissertação, Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo).

Este trabalho foi realizado parte na região de Nova Friburgo-RJ (local 1), na Estação Experimental da Embrapa Agrobiologia-RJ (local 2), e na área experimental do Departamento de Solos na UFRRJ (local 3), em Seropédica-RJ. O delineamento experimental em N. Friburgo foi de blocos ao acaso com 4 repetições e 9 tratamentos com NPK (000, 010, 020, 100, 111, 120, 200, 210 e 222). O solo era um Nitossolo e a variedade usada foi a Amarela de Carandaí (AC). As coletas foram feitas aos 3, 5, 7 e 10 meses após o plantio (MAP). O objetivo foi verificar a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) na cultura de mandioquinha-salsa. Em Nova Friburgo, em 2004, a quantificação das bactérias diazotróficas endofíticas em plantas de mandioquinha-salsa foi avaliada através do método do Número Mais Provável. O objetivo foi verificar a presença de bactérias diazotróficas nas variedades AC e Amarela de senador Amaral (ASA). No local 2, o delineamento foi de blocos ao acaso com parcela subdividida. Os tratamentos foram 6 tipos de substratos (parcelas): 1 (substrato comercial - SC); 2 (75 % SC, 25 % areia); 3 (70 % composto orgânico - CO), 30 % areia); 4 (27 % solo argiloso - SA), 27 % CO, 46 % areia); 5 (40 % SA, 20 % CO, 40 % areia); 6 (20 % SA, 40 % CO, 40 % areia). As subparcelas foram: inoculação de *Glomus clarum* e o controle. A variedade foi AC e as coletas foram aos 20, 35 e 50 dias após o plantio. Este teve como objetivo selecionar o(s) substrato(s) que as plantas melhor se desenvolveram durante o pré-enraizamento. No local 3, o delineamento também foi de blocos ao acaso com parcela subdividida. As parcelas constituíram-se de duas misturas de FMAs e um tratamento controle. As subparcelas foram: 4 doses de fósforo (15, 40, 100 e 240 mg P kg de solo⁻¹) e uma testemunha. A variedade usada foi AC e a inoculação constou de 200 esporos em suspensão por planta. O objetivo foi avaliar a eficiência dos FMAs no desenvolvimento e no estado nutricional das plantas de mandioquinha-salsa. Os resultados mostraram que no local 1, a maior porcentagem de colonização foi aos 3 MAP e o número de esporos apresentou-se relativamente elevado durante todas as coletas. Verificou-se a ocorrência de 29 espécies de FMAs pertencentes a seis gêneros nos diferentes tratamentos de adubação. A espécie predominante foi *Glomus macrocarpum*. Em 2004 no local 1, as duas variedades AC e ASA mostraram ser hospedeiras de bactérias diazotróficas naturais. Os gêneros observados foram *Azospirillum*, *Herbaspirillum* e *Burkholderia*, não sendo verificada a presença de *Gluconacetobacter*. O melhor desenvolvimento das mudas de mandioquinha-salsa foi verificado nos substratos com maior proporção de composto orgânico no local 2. O controle apresentou maior área radicular específica e comprimento radicular específico. A inoculação com FMA não contribuiu com aumento de matéria seca em nenhuma parte da planta (folha + pecíolo, propágulo e raiz). No terceiro local, os maiores teores de nitrogênio e fósforo foram obtidos com a mistura de espécies da coleção. Os FMAs nativos mostraram ser menos eficientes quanto ao crescimento das plantas. Descobriu-se que propágulos de mandioquinha-salsa carregam FMAs eficientes para a cultura.

Palavras chave: batata baroa, bactérias diazotróficas, fósforo

GENERAL ABSTRACT

MARTINS, Carla Andreia da Cunha. **Arbuscular mycorrhizal fungi in the culture of arracacha, RJ State**. Seropédica: UFRRJ, 2004. 99 p. (Dissertation, Master Science in Agronomy, Soil Science).

This study was accomplished in an area of Nova Friburgo municipality – RJ State (site 1), in Embrapa Agrobiologia Experimental Station (site 2), and in the experimental area of Soils Department, UFRRJ (site 3), the sites 2 and 3 in Seropédica municipality, Rio de Janeiro State (Brazil). The experimental design of the Nova Friburgo site was of randomized block with 4 repetitions and 9 NPK treatments (000, 010, 020, 100, 111, 120, 200, 210 and 222). The soil was a Nitossolo (Ultisol) and the variety used was “Amarela de Carandaí” (AC). The four sampling periods were at 3, 5, 7 and 10 months after planting (MAP). The objective was to verify incidence of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the Peruvian carrot culture. In Nova Friburgo-RJ site, the quantification of diazotrophic associative bacteria endophytic of Peruvian carrot plants was evaluated in 2004 through the Most Probable Number method. The objective was to verify the presence of diazotrophic bacteria in the varieties AC and “Amarela de Senador Amaral” (ASA). In the site 2, the experiment installed was of the type split-plot blocky randomized design. The treatments were 6 types of substrate (plots): 1 (commercial substrate - CS); 2 (75% CS, 25% sand); 3 (70% organic compost - CO), 30% sand); 4 (27% loamy soil (LS), 27% CO, 46% sand); 5 (40% SL, 20% CO, 40% sand) and 6 (20% SL, 40% CO, 40% sand). The split-plot parcels were: *Glomus clarum* inoculation and control (without inoculation). The crop variety was the AC and it was collected at 20, 35 and 50 days after the planting. This study had as objective to select the best substrate media for seedling growth. In the site 3, it was installed an experiment with randomized blocks design and of split-plot type. The plots were constituted of two mixes of the AMF and the treatment control (without inoculation). The split-plot parcels were: 4 levels of phosphorus (15, 40, 100 and 240 mg P kg⁻¹ of soil) and the control (without P). The variety used was the AC and the inoculation consisted of 200 spores in suspension per plant. The objective was to evaluate efficiency of AMF in the development and nutritional status of Peruvian carrot plants. The results showed that for the site 1, the largest colonization percentage occurred with 3 MAP and the number of spores was relatively high during all the sampling periods. It was verified the occurrence of 29 species of AMF, in six genera, in the different fertilizing treatments. The predominant specie was *Glomus macrocarpum*. In 2004 in the site 1, the two varieties AC and ASA hosted native diazotrophic bacteria. The observed genera were *Azospirillum*, *Herbaspirillum* and *Burkholderia*, and the *Gluconacetobacter* was not present. The best development of Peruvian carrot seedlings happened in the substrate with larger proportion of organic compost, site 2. The largest radicular specific area and length was verified in the control. Inoculation with AMF did not contribute with an increase of dry matter in any part of the plant (leaf+petiole, corms and root). In the third site, the largest nitrogen and phosphorus levels were obtained with the mix of species of the fungi collection. Native AMF showed to be less efficient for the plant growth. It was found that Peruvian carrot corms carry AMF that are efficient for the crop.

Key words: arracacha, diazotrophic bacteria, phosphorus

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO I OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E LEVANTAMENTO PRELIMINAR DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM PLANTAS DE MANDIOQUINHA-SALSA NA REGIÃO DE NOVA FRIBURGO – RJ.....	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
1. INTRODUÇÃO	6
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4. CONCLUSÕES.....	21
CAPÍTULO II AVALIAÇÃO DE MUDAS DE MANDIOQUINHA-SALSA INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM SEIS SUBSTRATOS.....	22
RESUMO	23
ABSTRACT	24
1. INTRODUÇÃO	25
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
3.1 Matéria Fresca e Seca nas Partes da Planta.....	30
3.2 Colonização Radicular.....	32
3.3 Área e Comprimento Radicular e Área Radicular Específica e Comprimento Radicular Específico	33
4. CONCLUSÕES.....	38
CAPÍTULO III INOCULAÇÃO COM MISTURAS DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM PLANTAS DE MANDIOQUINHA-SALSA EM DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO.....	39
RESUMO	40
ABSTRACT	41
1. INTRODUÇÃO	42
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.1 Experimento 1: Inoculação com Misturas de FMAs em Plantas de Mandioquinha-Salsa.....	44

2.2	Experimento 2: Multiplicação de FMAs em Consórcio de Mandioquinha-Salsa e <i>Brachiaria decumbens</i>	45
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
3.1	Experimento 1: Inoculação com Misturas de FMAs em Plantas de Mandioquinha-Salsa.....	47
3.1.1	Altura e número de folhas.....	47
3.1.2	Matéria seca das partes da planta	50
3.1.3	Teores de nutrientes nas partes da planta.....	52
3.1.4	Acúmulo de nutrientes nas partes da planta	59
3.1.5	Colonização radicular.....	63
3.2	Experimento 2: Multiplicação de FMAs em Consórcio de Mandioquinha-salsa e <i>Brachiaria decumbens</i>	65
4.	CONCLUSÕES.....	70
	CONCLUSÕES GERAIS	71
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
	ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Número de esporos em 50 mL de solo rizosférico e colonização de raízes de plantas de mandioquinha-salsa (Amarela de Carandaí) em quatro épocas de avaliação.	15
Tabela 2. Táxons de FMAs observados em rizosfera de plantas de mandioquinha-salsa (Amarela de Carandaí) aos 10 meses de ciclo da planta (quarta coleta).	17
Tabela 3. Número de bactérias diazotróficas presentes em tecidos de plantas de mandioquinha-salsa aos 9 meses após o plantio, variedade Amarela de Carandaí, crescidas em meios semi-sólidos seletivos. Médias de três repetições.	19
Tabela 4. Número de bactérias diazotróficas presentes em tecidos de plantas de mandioquinha-salsa aos 10 meses após o plantio, variedade Amarela de Senador Amaral, crescidas em meios semi-sólidos seletivos. Médias de três repetições.	20
Tabela 5. Resultados da análise química dos seis substratos.	28
Tabela 6. Peso de matéria fresca e seca em g das partes da planta de mandioquinha-salsa aos 20 dias após o plantio. Médias de quatro repetições.	30
Tabela 7. Peso de matéria fresca e seca em g das partes da planta de mandioquinha-salsa aos 35 dias após o plantio. Médias de quatro repetições.	31
Tabela 8. Peso de matéria fresca e seca em g das partes da planta de mandioquinha-salsa aos 50 dias após o plantio. Médias de quatro repetições.	31
Tabela 9. Área (cm ²) e comprimento (cm) radicular das plantas de mandioquinha-salsa, cultivada em seis substratos aos 20 DAP. Médias de quatro repetições.	34
Tabela 10. Área radicular específica (cm ² g ⁻¹) e comprimento radicular específico (cm g ⁻¹) das plantas de mandioquinha-salsa, cultivada em seis substratos, aos 20 DAP. Médias de quatro repetições.	35
Tabela 11. Área radicular específica (cm ² g ⁻¹) e comprimento radicular específico (cm g ⁻¹) das plantas de mandioquinha-salsa aos 20 DAP. Médias de quatro repetições.	35
Tabela 12. Área (cm ²) e comprimento (cm) radicular das plantas de mandioquinha-salsa, cultivada em seis substratos, aos 35 DAP. Médias de quatro repetições.	36
Tabela 13. Área (cm ²) e comprimento (cm) radicular das plantas de mandioquinha-salsa aos 35 DAP. Médias de quatro repetições.	36
Tabela 14. Área específica (cm ² g ⁻¹) e comprimento específico (cm g ⁻¹) radicular das plantas de mandioquinha-salsa, cultivada em seis substratos, aos 35 DAP. Médias de quatro repetições.	36
Tabela 15. Área (cm ²) e comprimento (cm) radicular das plantas de mandioquinha-salsa, cultivada em seis substratos, aos 50 dias após o plantio. Médias de quatro repetições.	37
Tabela 16. Teores de nitrogênio nas partes da planta de mandioquinha-salsa inoculadas com duas misturas de fungos micorrízicos arbusculares ou não inoculadas, em diferentes doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições.	58
Tabela 17. Porcentagem do comprimento de raízes finas colonizadas dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em raízes de mandioquinha-salsa. Médias de cinco repetições.	63

Tabela 18. Colonização de raízes de mandioca-salsa aos 6 meses após o plantio nas diferentes doses de fósforo. Médias de cinco repetições.....	64
Tabela 19. Médias do número de esporos em 50 mL no substrato, aos 180 dias após o plantio, cultivados em vasos com duas variedades de mandioca-salsa e de dois locais de origem.	66
Tabela 20. Médias do número de esporos no substrato, aos 180 dias após o plantio, cultivados em vasos com mandioca-salsa de dois locais de origem.....	67
Tabela 21. Médias da porcentagem do comprimento de raízes finas colonizadas aos 180 dias após o plantio, em plantas de mandioca-salsa cultivada em vasos em consórcio com ou sem braquiária.....	67
Tabela 22. Médias da porcentagem do comprimento de raízes finas colonizadas aos 180 dias após o plantio, em duas variedades de mandioca-salsa.....	68
Tabela 23. Médias da porcentagem do comprimento de raízes finas colonizadas aos 180 dias após o plantio, em mandioca-salsa de dois locais de origem cultivadas em vasos com ou sem consórcio com braquiária.	68
Tabela 24. Resultados da análise química dos horizontes do perfil de solo aberto ao lado do local do experimento.....	84
Tabela 25. Resultados de análise granulométrica (Método da Pipeta) dos horizontes do perfil de solo aberto ao lado do local do experimento.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** População de bactérias diazotróficas (Log 10) isoladas de amostras de terra da rizosfera de duas variedades de plantas de mandioquinha-salsa na região de Nova Friburgo, utilizando a técnica do Número Mais Provável (NMP). Média de três repetições. 20
- Figura 2.** Colonização das raízes de mandioquinha-salsa aos 20 DAP em seis substratos: substrato comercial (SC) (1), 75 % SC + 25 % areia (A) (2), 70 % composto orgânico (CO) + 30 % A (3), 27 % solo argiloso (SA) + 27 % CO + 46 % A (4), 40 % SA + 20 % CO + 40 % A (5), 20 % SA + 40 % CO + 40 % A (6). Médias de 4 repetições. Significativo pelo teste de Tukey a 5%. 33
- Figura 3.** Colonização das raízes de mandioquinha-salsa aos 50 DAP médias dos seis substratos. Médias de 4 repetições. Significativo pelo teste de Tukey a 1%. 33
- Figura 4.** Altura (cm) e número de folhas de plantas de mandioquinha-salsa aos 30 DAP (dias após o plantio), nos tratamentos com cinco doses de fósforo. Médias de cinco repetições. 47
- Figura 5.** Altura (cm) e número de folhas de plantas de mandioquinha-salsa aos 45 DAP (dias após o plantio), nos tratamentos com cinco doses de fósforo. Médias de cinco repetições. 48
- Figura 6.** Altura (cm) e número de folhas de plantas de mandioquinha-salsa aos 60 DAP (dias após o plantio), nos tratamentos com cinco doses de fósforo. Médias de cinco repetições. 49
- Figura 7.** Altura (cm) e número de folhas de plantas de mandioquinha-salsa aos 75 DAP (dias após o plantio), nos tratamentos com cinco doses de fósforo. Médias de cinco repetições. 50
- Figura 8.** Altura (cm) e número de folhas de plantas de mandioquinha-salsa aos 90 DAP (dias após o plantio), nos tratamentos com cinco doses de fósforo. Médias de cinco repetições. 50
- Figura 9.** Peso de matéria seca em g das partes da planta de mandioquinha-salsa (FP: folha + pecíolo; PR: propágulo; R: raiz) cultivada em quatro doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições. 51
- Figura 10.** Teores de nitrogênio (N), fósforo (F) e potássio (K) na planta inteira de mandioquinha-salsa em diferentes doses de fósforo, média dos tratamentos de inoculação, aos 6 meses após o plantio. s.a.: sem ajuste de regressão para os modelos estudados. 53
- Figura 11.** Teores de nitrogênio, fósforo e potássio na planta inteira de mandioquinha-salsa, média das cinco doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias com mesma letra em cada nutriente, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1 %. 53
- Figura 12.** Teores de nitrogênio nas partes da planta de mandioquinha-salsa (FP: folha + pecíolo, PR: propágulo, R: raiz) em diferentes doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Média de cinco repetições. 55
- Figura 13.** Teores de fósforo nas partes da planta de mandioquinha-salsa (FP: folha + pecíolo, PR: propágulo, R: raiz) em diferentes doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições. 55

Figura 14. Teores de potássio nas partes da planta de mandioquinha-salsa (FP: folha + pecíolo, PR: propágulo, R: raiz) em diferentes doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições.	56
Figura 15. Nitrogênio, fósforo e potássio na planta inteira de mandioquinha-salsa em diferentes doses de fósforo, média dos tratamentos de inoculação, aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições.....	59
Figura 16. Nitrogênio, fósforo e potássio na planta inteira de mandioquinha-salsa, média das cinco doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias com mesma letra em cada nutriente, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1 %.	60
Figura 17. Nitrogênio nas partes da planta de mandioquinha-salsa e na planta inteira (FP: folha + pecíolo, PR: propágulo, R: raiz) em diferentes doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições. s.a.: sem ajuste de regressão para os modelos estudados.....	61
Figura 18. Fósforo nas partes da planta de mandioquinha-salsa e na planta inteira (FP: folha + pecíolo, PR: propágulo, R: raiz) em diferentes doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco plantas.	61
Figura 19. Potássio nas partes da planta de mandioquinha-salsa e na planta inteira (FP: folha + pecíolo, PR: propágulo, R: raiz) em diferentes doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições.	62
Figura 20. Colonização de FMAs (hifas interconectadas) sob as ‘escamas’ de tecido do propágulo da mandioquinha-salsa aos seis meses após o plantio.	65

INTRODUÇÃO GERAL

Originária dos países andinos, a mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) foi introduzida no Brasil por volta de 1907. O Rio de Janeiro foi o primeiro produtor desta hortaliça abrindo espaço para sua produção nos outros Estados. Atualmente o Brasil é o maior produtor de mandioquinha-salsa com uma área de cultivo de aproximadamente 25 mil hectares onde sua produção chega a 120 mil toneladas por ano.

Sua importância econômica está ligada ao seu consumo in natura assim como a indústria de alimentos, que utiliza a matéria-prima para fabricação de sopas, papas para bebês, entre outros preparados. As raízes de mandioquinha-salsa são muito ricas em vitaminas principalmente as do complexo B além de seu amido ser de alta digestibilidade, o que a faz um alimento importante na dieta de crianças, idosos e convalescentes.

O cultivo desta hortícola é basicamente através da agricultura familiar, porém não é dada atenção merecida aos tratos culturais, o que ocasiona grandes perdas de produtividade. Durante o processo de seleção das futuras mudas é imprescindível os cuidados com a qualidade fitossanitária dos propágulos e procedência dos mesmos. No preparo das mudas, o corte dos propágulos em bisel utilizado para a prática do pré-enraizamento, garante uma melhor distribuição das raízes (pela maior área) evitando o seu enovelamento e conseqüente deformação prejudicando a produção, com perdas na sua produtividade. O tempo de pré-enraizamento da mandioquinha-salsa é de 45 a 60 dias, onde a partir deste inicia-se a formação das raízes de reserva.

As associações simbióticas mutualistas existem desde eras distantes (antigas), a partir de então os processos evolutivos contribuíram para o que hoje se conhece da interação planta-fungos micorrízicos (associações micorrízicas). Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) apresentam grande importância para a agricultura, onde ocorrem de forma generalizada nos diferentes sistemas de cultivo. A contribuição que a associação proporciona equivale à diminuição na utilização de insumos, principalmente fertilizantes.

Outro sistema biológico, também um tipo de associação simbiótica é a conhecida fixação biológica de nitrogênio (FBN), que através do aproveitamento do nitrogênio da atmosfera, contribui consideravelmente para a economia quanto à utilização dos fertilizantes nitrogenados minerais.

Os avanços nesta área se intensificaram com as pesquisas liderada por Döbereiner, com a descoberta de bactérias endofíticas associadas à cultura da cana-de-açúcar, e devido também aos esclarecimentos quanto aos mecanismos de funcionamento da nitrogenase. Porém a comunidade científica ainda demanda de muitos estudos, devido à complexidade dos mecanismos envolvidos e a não uniformidade dos resultados obtidos nas pesquisas.

A simbiose pode ser diretamente afetada pelas frações de fósforo e nitrogênio presentes na solução do solo, podendo ocorrer uma diminuição dos microrganismos na rizosfera quando a fertilidade se apresentar elevada.

Os FMAs encontram-se em maior riqueza (diversidade) em sistemas consorciados, rotacionais, agroflorestais, do que em monocultivo e pousio. A intensa movimentação causada na rizosfera pela biota do solo em cultivos diversificados assim como os diferentes sistemas radiculares favorecem, esses sistemas (ambientes) a

possuírem um maior número de espécies. De acordo com as variações físico-químicas presentes no solo causadas principalmente por pH, matéria orgânica, e também por fatores abióticos, algumas espécies de FMAs poderão estar na sua forma de dormência (esporos), variando com as diferentes épocas do ano, estações secas e chuvosas. Devido às bactérias diazotróficas apresentarem baixa ou nenhuma especificidade em relação ao hospedeiro, vários autores verificaram que ocorre uma frequência destas bactérias associadas a gramíneas, porém parece também haver diferenças na ocorrência quanto às estações do ano. Esta regulação pode estar diretamente ligada às plantas presentes nos diferentes sistemas, pois através de mecanismos bioquímicos, sinais emitidos pelas plantas a simbiose poderá ser ativada.

Sistemas de cultivo com mandioquinha-salsa podem apresentar alta diversidade de FMAs, e com isso suas raízes de absorção poderão estar colonizadas (infecção micorrízica), o que pode favorecer o desenvolvimento e a nutrição das plantas no campo.

Durante o período em que plantas podem passar por viveiro torna-se viável a prática de inoculação conjunta com FMAs e bactérias diazotróficas endofíticas, onde os benefícios oriundos da associação planta-fungo-bactéria contribuem para um melhor desenvolvimento das plantas, maior resistência a patógenos e pragas, maior absorção de nutrientes principalmente os de pouca mobilidade na solução do solo como P, Zn e Cu, melhor estabelecimento das plantas quando transplantadas para o campo e também modificações físicas como melhor agregação das partículas do solo pela ação das hifas do fungo e exsudados, podendo ser do metabolismo primário e ou secundário.

As plantas de mandioquinha-salsa inoculadas com FMAs podem apresentar respostas diferenciadas quando em presença de diferentes doses de fósforo. Como consequência a nutrição da cultura poderá ser favorecida com a presença da associação. Assim como a presença de bactérias endofíticas poderá estar ocorrendo em tecidos das diferentes partes da planta naturalmente, beneficiando quando associada com os FMAs às plantas desta cultura.

Os objetivos propostos pelo trabalho, foram, avaliar a população nativa dos FMAs na região de Nova Friburgo – RJ; um levantamento preliminar de ocorrência de possíveis bactérias diazotróficas endofíticas na cultura da mandioquinha-salsa; avaliar substratos visando a produção de mudas inoculadas com espécies de fungos micorrízicos durante o pré-enraizamento da cultura, assim como observar a contribuição da associação micorrízica no desenvolvimento e na nutrição mineral da mandioquinha-salsa.

CAPÍTULO I

OCORRÊNCIA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E LEVANTAMENTO PRELIMINAR DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM PLANTAS DE MANDIOQUINHA-SALSA NA REGIÃO DE NOVA FRIBURGO - RJ

RESUMO

O trabalho foi conduzido na Fazenda Santo Antônio de Estrela na região de Nova Friburgo-RJ. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições e nove tratamentos de NPK (000, 010, 020, 100, 111, 120, 200, 210 e 222) com as seguintes doses de nitrogênio (60, 120), P₂O₅ (150, 300) e K₂O (80, 160) kg ha⁻¹ e uma testemunha (ausência de fertilizante em cada tratamento). Utilizou-se uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio como fontes dos nutrientes, respectivamente. As parcelas apresentaram as dimensões de 2,8 x 4,0 m (11,2 m²), com 40 plantas. O solo foi classificado como Nitossolo e a variedade cultivada foi a Amarela de Carandaí (AC). Realizaram-se quatro coletas, aos 3, 5, 7 e 10 meses após o plantio retirando-se quatro plantas ao acaso, para avaliação do número de esporos e colonização radicular. Em 2004 na mesma fazenda, foram coletadas três plantas de duas variedades, AC e Amarela de Senador Amaral (ASA). Através da metodologia para contagem de microrganismos diazotróficos foi estimado o número de bactérias diazotróficas de acordo com o Número Mais Provável. O estudo teve como objetivo verificar a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e o levantamento preliminar de bactérias diazotróficas endofíticas na cultura da mandiquinha-salsa. Os resultados mostraram que aos 3 meses após o plantio foi verificada a maior colonização radicular, que decresceu com o crescimento da planta. O número de esporos apresentou-se relativamente elevado durante todas as coletas. Foi observada a ocorrência de 29 espécies de FMAs na AC na região de Nova Friburgo, presentes em seis gêneros nos diferentes tratamentos de adubação. A espécie predominante foi *Glomus macrocarpum*. Os resultados do levantamento em 2004 revelaram, que duas variedades de mandiquinha-salsa AC e ASA mostraram ser hospedeiras naturais de bactérias diazotróficas endofíticas. Os gêneros observados foram *Azospirillum*, *Herbaspirillum* e *Burkholderia*, não sendo verificado a presença de *Gluconacetobacter* em nenhuma parte da planta.

Palavras chave: batata baroa, endomicorriza, fixação biológica de nitrogênio

ABSTRACT

The study was accomplished in Fazenda Santo Antônio de Estrela, located in Nova Friburgo municipality, RJ State. The experimental design was of random blocks with four replications and nine treatments of NPK (000, 010, 020, 100, 111, 120, 200, 210 and 222) with the following levels of nitrogen (60, 120), phosphorus (150, 300) and potassium (80, 160) kg.ha⁻¹ and a control (fertilizer absence). The sources of nutrients used were urea, superphosphate and potassium chloride, respectively. The plots had the dimensions of 2.8 x 4.0 m (11.2 m²), and with 40 plants. The soil was classified as a Nitossolo (Ultisol) and the variety “Amarela de Carandaí” (AC) was planted. To evaluate the number the spores and radicular colonization, four harvesting took place, at 3, 5, 7 and 10 months after the planting, removing four plants at random. In 2004, in the same farm, three plants of the varieties AC and “Amarela de Senador Amaral” (ASA) were also collected. The number of diazotrophics bacterias was estimated by using the method of counting diazotrophic microorganisms, as in the Most Probable Number method. The study had as objective to verify occurrence of arbuscular micorrhizal fungi (AMF), and a preliminary survey of endofitic diazotrophic bacteria in the Peruvian carrot crop. The results showed that the largest radicular colonization was verified 3 months after planting, with a decrease with the plant growth. The number of spores showed relatively high during all harvests. The occurrence of 29 AMF species was observed in AC, in the Nova Friburgo area, occuring in six genera, in the different fertilizing treatments. The predominant specie was *Glomus macrocarpum*. The results of the 2004 year survey revealed that two Peruvian carrot varieties, AC and ASA, showed to be natural host for endophitic diazotrophic bacteria. The observed genera were *Azospirillum*, *Herbaspirillum* and *Burkholderia*, and *Gluconacetobacte* was not observed in any part of the plant.

Key words: arracacha, endomycorrhizae, biological nitrogen fixation

1. INTRODUÇÃO

Quando da conquista da América do Sul pelos espanhóis, a mandioquinha-salsa já era amplamente utilizada pelos Incas e suas raízes foram encontradas nas tumbas Incas do Peru. O fato de as tribos, que dependiam em parte dessa espécie para a alimentação terem desaparecido, atrasou o conhecimento dessa hortaliça (Zanin & Casali, 1984).

Sabe-se também que todas as tentativas visando a sua aclimação na Europa fracassaram, pois, os cultivos estabelecidos na Inglaterra, França e Suíça, em 1829 e 1846 não resultaram em raízes comestíveis. Comportamento semelhante foi observado nos Estados Unidos nos estados de Nova York (1825), Maryland (1828-1829) e posteriormente na Flórida e na Geórgia, no período de 1916 a 1920 (Zanin & Casali, 1984). Porém no século passado, a mandioquinha-salsa foi introduzida no México e em vários países da América Central e do Caribe como Costa Rica, Panamá, Guatemala, Porto Rico, Haiti e Jamaica.

Originária dos vales situados na parte norte da cordilheira dos Andes, onde a altitude varia de 1700 a 2500 m e as temperaturas oscilam entre 15 e 18 °C, a cultura se estabelece em lugares cujo clima se aproxima daquele de seu habitat natural pela altitude, latitude e posição geográfica, e nos quais não sejam freqüentes temperaturas elevadas durante todo o ano (Casali & Sedyama, 1997). No Brasil, seu cultivo apresenta-se de forma mais intensiva na região Centro-Sul, principalmente em áreas de elevada altitude e clima ameno de Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Espírito Santo e São Paulo (Santos, 1993). No Estado do Rio de Janeiro apesar de sua produção não ser ainda expressiva, o cultivo desta hortaliça situa-se na região serrana, onde as condições climáticas são favoráveis ao seu desenvolvimento. Em regiões do Distrito Federal, Goiás e Tocantins em altitudes inferiores a 1.000 m e com inverno pouco rigoroso, o plantio da mandioquinha-salsa, cultivar Amarela de Senador Amaral tem sido bem sucedido (Santos, 1994).

Descrita pelo botânico Bancroft em 1825, a mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), xanthorrhiza (xantho – amarela, rhiza – raiz) pertence à família Apiaceae (Umbelliferae). A planta de mandioquinha-salsa é herbácea, de porte baixo, com altura variando entre 40 e 60 cm, podendo as folhagens alcançar até 1,5 m de altura. É anual quanto à produção das raízes tuberosas e bianual quanto ao ciclo biológico, razão pela qual raras vezes completa o ciclo em plantios comerciais. A colheita é feita entre 10 e 12 meses e toda a planta é arrancada antes do florescimento. A propagação para fins comerciais é essencialmente vegetativa (Casali & Sedyama, 1997).

O cultivo da mandioquinha-salsa no Brasil restringe-se a poucas variedades, com características semelhantes e grande uniformidade genética (Santos & Carmo, 1998a). Porém Madeira et al. (2002), sugerem que o cultivo de diferentes clones com diferenciados níveis de sensibilidade ou tolerância a diferentes pragas e doenças certamente trará maior estabilidade à produção de mandioquinha-salsa. Essa hortaliça recebe diversas denominações conforme a região de cultivo, como: batata-aipo, batata-baroa, batata-fiúza, batata-galinha, batata-salsa, batata-suíça, barão, baroa, carotole, cenoura-amarela, mandioquinha, pastinaca, entre outras. No meio técnico, uniformizou-se a denominação para mandioquinha-salsa, que, nas publicações de língua inglesa, aparece como arracacha e peruvian carrot (Santos & Carmo, 1998). A produção

desta hortaliça no Brasil desempenha importante papel social, devido à intensiva utilização de mão-de-obra, principalmente familiar e ao incremento de renda que proporciona aos produtores (Santos, 1993).

Em estudos e trabalhos desenvolvidos na Alemanha, porém só reconhecidos no final do século XIX, em 1885, Frank foi o pesquisador que observou, descreveu e nomeou, empregando pela primeira vez o termo “micorriza”. Não se conhece o processo evolucionário das micorrizas, mas junto com os líquens são a forma mais antiga de relação simbiótica envolvendo organismos heterotróficos com autotróficos com formação de estruturas especializadas (Moreira & Siqueira, 2002b). As micorrizas arbusculares (MAs) são encontradas na maioria dos vegetais, em todos os níveis de plantas vasculares (Allen, 1996), sendo a ausência da associação simbiótica restrita a poucas famílias e gêneros.

A colonização radicular e a densidade de esporos na rizosfera são na maioria das vezes as variáveis utilizadas para avaliar a ocorrência das micorrizas arbusculares. Entretanto, tanto a colonização quanto a esporulação são influenciadas por fatores do ambiente, das plantas hospedeiras e espécies fúngicas envolvidas, podendo inclusive esses fatores atuar separadamente ou interagindo entre si (Lopes et al., 1983; Mosse, 1986; Sieverding, 1991). Segundo Siqueira et al. (1989), em estudos de ocorrência de micorrizas arbusculares no Estado de Minas Gerais, houve à predominância das espécies *Acaulospora scrobiculata* e *A. morrowae* em agroecossistemas. De acordo com os autores, a ocorrência de *A. scrobiculata* e *Glomus etunicatum* é favorecida em solos com elevados níveis de P disponível, enquanto *Acaulospora morrowae*, *Acaulospora mellea*, *Glomus diaphanum* e *Entrophospora colombiana* apresentam tendência inversa.

Segundo Abbott & Gazey (1994), os fungos micorrízicos arbusculares diferem na maneira e na extensão de colonização das raízes, assim como na sua capacidade de formar propágulos, não sendo bem compreendida a relação entre colonização de raízes e formação, distribuição e abundância de propágulos, sob condições de campo. Foi verificado por esses pesquisadores, que ocorre uma relativa tolerância de vários fungos a perturbações do solo, havendo a necessidade de identificar aqueles que persistem em condições ambientais específicas. A extensão pela qual um determinado FMA pode dominar sob diferentes condições do solo, não é ainda conhecida. De acordo com Abbott & Robson (1981), a falta de relação entre infectividade e eficiência do FMA em promover o crescimento de culturas anuais pode estar relacionada com o tempo necessário ao estabelecimento da colonização radicular. Em trabalho realizado por Lambais & Cardoso (1990), estes observaram que o processo de colonização radicular de *Stylosanthes guianensis* por *Gigaspora margarita* foi mais lento do que o observado para outras espécies de FMAs, o que, provavelmente, limitou a resposta da planta a micorrização por essa espécie de FMA.

É evidente que características físicas e químicas do solo, a própria vegetação local, a declividade da área e também a variação sazonal são importantes variáveis no controle da população de fungos micorrízicos arbusculares. Melo et al. (1997), realizando um levantamento dos FMAs em rizosfera de bananeiras cultivadas em três áreas da região de Petrolina, Pernambuco, em Latossolo e uma quarta área localizada em Juazeiro, Bahia, em Vertissolo, observaram que o solo de uma das áreas encontrada em Petrolina apresentava o pH mais baixo (5,65), em comparação aos demais solos estudados e que nessa área tanto o número de esporos quanto a diversidade de espécies e a colonização micorrízica foram os que apresentaram valores menores, concluindo-se que o pH exerce influência decisiva na formação da associação micorrízica nessas áreas. No mesmo trabalho foi observado que não houve relação entre o número de esporos de FMA no solo e a colonização micorrízica.

Oliveira (1986) e Weber & Oliveira (1994), constataram uma relação negativa entre os dados de colonização das raízes e densidade de esporos de fungos MA com os níveis de fertilidade do solo, embora a densidade de esporos tenha sido superior em nível baixo de fósforo (3,0 a 9,0 mg dm⁻³), bem como em baixo pH (4,3 e 4,8) e matéria orgânica (3,2 % a 4,4 %), maiores colonizações micorrízicas foram constatadas nos níveis médios de fósforo (11 a 20 mg dm⁻³) e alumínio (0,4 a 1,0 meq/100 cm³). Segundo Mosse (1981), níveis muito baixos de fósforo no solo podem induzir a um menor grau de colonização.

Microrganismos endofíticos podem ser fungos ou bactérias que durante todo ou parte de seu ciclo de vida invadem tecidos de plantas vivas através de infecções não aparentes e sem causar sintomas de doenças - patogenicidade (Moreira & Siqueira, 2002a). Bactérias fixadoras de nitrogênio têm sido consideradas endofíticas, devido ao seu estabelecimento em tecidos internos de raízes e partes aéreas de gramíneas (Döbereiner, 1992). O termo endofítico se subdivide em facultativo e obrigatório sendo proposto para diferenciar estirpes capazes de colonizar tanto a superfície quanto o interior da raiz e também com sobrevivência no solo, dos microrganismos que não sobrevivem no solo, mas colonizam o interior de raízes e partes aéreas dos tecidos vegetais (Baldani et al., 1997).

O nitrogênio molecular (N₂), mesmo sendo o gás mais abundante na atmosfera (78 %), não pode ser utilizado pelas plantas para a construção de suas biomoléculas por ser uma molécula muito estável e pouco reativa (Fernandes & Rossiello, 1995). Os organismos fixadores de N₂ ou diazotróficos, são na verdade apenas uma parcela relativamente pequena das espécies de procariotos que possui a enzima nitrogenase que é capaz de reduzir o N₂ para a forma inorgânica combinada NH₃ que pode então se tornar disponível para plantas e outros organismos (Moreira & Siqueira, 2002a). Através dessa pequena classe de microrganismos, ocorre um dos mais importantes processos conhecidos na natureza, a fixação biológica de nitrogênio atmosférico. A incorporação de nitrogênio, via FBN, aos diferentes ecossistemas é bastante elevada, representando uma economia substancial de energia fóssil empregada na produção de fertilizantes nitrogenados necessários para atender à demanda da agricultura mundial (Baldani et al., 2002).

Desde quando Döbereiner e colaboradores descobriram bactérias fixadoras de nitrogênio associadas à cana-de-açúcar, foi demonstrado o enorme potencial de bactérias endofíticas em aumentar a biomassa de gramíneas na ausência de fertilizantes nitrogenados. A maioria dos estudos com bactérias diazotróficas endofíticas tem sido desenvolvido com as espécies de *Azospirillum*, porém são as bactérias endofíticas obrigatórias, *Herbaspirillum spp.*, *Azoarcus spp.*, *Gluconacetobacter diazotrophicus* além de *Burkholderia spp.*, que tem atraído o interesse de grupos de pesquisas nesta área em todo o mundo. Este interesse está relacionado com a habilidade destas bactérias em colonizar todo o interior de plantas localizando-se em nichos protegidos do oxigênio e outros fatores que as tornam os mais promissores grupos de diazotróficos associados com plantas não-leguminosas (Baldani et al., 1997).

Entre todas as sete espécies de *Azospirillum* conhecidas, *A. brasilense* (Tarrand et al., 1978) constitui a mais caracterizada aos níveis fisiológicos e moleculares, apesar de *A. lipoferum* (Tarrand et al., 1978) ter sido a primeira do gênero a ser isolada. A maioria das espécies de *Azospirillum* é caracterizada como bactéria Gram-negativa, apresentando forma espiralada e flagelos peritriquios. Este gênero prolifera sob condições aeróbica e anaeróbica, mas é preferencialmente microaerofílico (quando crescem dependentes da fixação de N₂), desenvolve-se bem em meio semi-sólido com formação de película (Döbereiner et al., 1995; Vande Broek et al., 1996). As espécies *A.*

lipoferum e *A. brasilense* são encontradas colonizando a maioria das plantas de regiões tropicais e temperadas de interesse agrônomo como milho, sorgo, arroz e trigo (Baldani, 1984; Baldani et al., 1997). Inicialmente a espécie *A. amazonense* foi isolada de gramíneas forrageiras (Magalhães et al., 1983), mas também coloniza os cereais de milho, arroz e sorgo, estando presente também em raiz, caule e folha de cana-de-açúcar (Baldani et al., 1997).

O gênero *Herbaspirillum* com as espécies *H. rubrisubalbicans* e *H. seropedicae* teve sua ocorrência endofítica descrita por Olivares et al., (1993). São bactérias Gram-negativas, com formato de bastonetes curvos, fixadoras de N em condições microaerofílicas. Porém, nenhuma das duas espécies pode ser encontrada em amostras de solo, por serem endofíticas obrigatórias. Sendo sua ocorrência em plantas explicada pela sua disseminação em sementes. O isolamento de *Herbaspirillum* é dificultado uma vez que pode ser confundido com *Azospirillum*, principalmente em relação àquelas bactérias capazes de tolerar o pH inicial mais ácido do meio JNFb (Canuto, 2003). Isto indica, que apenas a formação de película no meio JNFb não caracteriza o crescimento deste gênero. Diferenças morfológicas como o número de flagelos, temperatura de crescimento e fontes de carbono específicas (N-acetilglucosamina para *H. seropedicae*; Meso-eritritol para *H. rubrisubalbicans*), são alguns importantes aspectos que diferenciam as duas espécies.

As bactérias do gênero *Burkholderia* spp. foram primeiramente isoladas de arroz (Oliveira, 1992), mandioca (Balota, 1994), batata-doce, algumas frutíferas e cana-de-açúcar (Baldani, 1996). O crescimento deste gênero é observado em meio JMV semi-sólido (0,5 % manitol). As células apresentam-se em forma de bastonetes, móveis, com três a vários flagelos com presença em um dos pólos.

A espécie *Saccharobacter nitrocaptans* foi inicialmente isolada de cana-de-açúcar cultivada nos estados de Alagoas, Pernambuco e Minas Gerais (Cavalcante & Döbereiner, 1988). Sendo posteriormente colocada como uma nova espécie dentro do gênero *Acetobacter* e reclassificada como *Acetobacter diazotrophicus* (Gillis et al., 1989). Recentemente foi renomeada a *Gluconacetobacter diazotrophicus* (Yamada et al., 1997; Franke et al., 1999). Foi isolada de várias variedades de cana-de-açúcar, apresentando ocorrência restrita, estando em princípio associada a plantas ricas em açúcar (cana-de-açúcar, batata-doce e capim camerrom) que se propagam vegetativamente (Döbereiner et al., 1995). É caracterizada como uma bactéria Gram-negativa, com forma de bastonetes retos e extremidades arredondadas, contendo flagelos laterais ou peritriquios. Apresenta crescimento em alta concentração de sacarose (superior a 10 %), em meio aeróbico, porém fixando N₂ apenas em condições microaeróbicas (Gillis et al., 1989).

Segundo Balota et al. (1999), os resultados do levantamento preliminar de bactérias diazotróficas em mandioca mostraram a presença destas em todas as partes da planta amostradas (maniva, casca da raiz de reserva, interior da raiz de reserva e raízes) e rizosfera, porém, os meios utilizados apresentaram resultados diferenciados. Em relação à ocorrência de bactérias diazotróficas nas regiões dos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná, os mesmos autores observaram números mais elevados de *Klebsiella* sp. e *Azospirillum lipoferum* em raízes e na rizosfera, e menores no interior da raiz de reserva.

Tilak et al., (1989), isolaram *Azospirillum* sp. de esporos esterilizados superficialmente de cinco espécies de FMAs e sugeriram que esses diazotróficos podem contribuir no processo de infecção micorrízica e possivelmente para a nutrição nitrogenada das plantas micorrizadas. Desta forma, a transmissão de bactérias diazotróficas para plantas pode estar relacionada à presença de FMAs, como verificado

por Paula et al., (1991) e Paula (1992). Em plantas de sorgo, o efeito conjunto de FMAs e *G. diazotrophicus* resultaram em aumento no teor de N nas plantas, e interferiram no tamanho das raízes, que se tornaram mais compridas e ramificadas (Isopi et al., 1995). Em estudo com cana-de-açúcar, Reis (1994), observou que a porcentagem de colonização do FMA como a presença de esporos na raiz, foi influenciada de forma significativa pela presença de *A. diazotrophicus* (atual *G. diazotrophicus*). E que no tratamento inoculado apenas com *G. clarum*, não foi observada esporulação na raiz. A autora relata que isto já era esperado, devido á curta duração do experimento (40 dias).

Geralmente, verifica-se que os cultivos de batata-doce são em solos de baixa fertilidade natural, ácidos e com baixos teores de P e matéria orgânica, especialmente em regiões com predomínio de Latossolos (Paula, 1992). Segundo o mesmo autor, os resultados de seu trabalho evidenciaram que FMAs e bactérias diazotróficas ocorrem em batata-doce em diferentes condições de solo e de manejo. Sendo também observados, efeitos sinérgicos da inoculação mista de *G. clarum*, *Acetobacter diazotrophicus* (atual *G. diazotrophicus*) e *Klebsiella* sp. no crescimento, nutrição e produção de batata-doce.

Portz et al., (2003), trabalhando com crescimento e produção de raízes comercializáveis de mandioca-salsa em resposta à aplicação de nutrientes, verificaram que aos 300 dias após o plantio, não foi observada resposta significativa às doses de fósforo e potássio sobre a produtividade de raízes comerciais. Sendo observada uma tendência quadrática nas respostas de fósforo e potássio. Os autores evidenciam que a disponibilidade destes nutrientes no solo, somando à adição de matéria orgânica, podem ter mascarado uma melhor diferenciação das respostas destes nutrientes. E em relação à aplicação de nitrogênio foi verificada resposta significativa sendo a dose de 60 kg N ha⁻¹ superior à dose de 120 kg N ha⁻¹, mas não diferindo da testemunha. Em um Latossolo no Cerrado, foi observado efeito quadrático de P₂O₅ na produção de raízes comerciais de mandioca-salsa e nenhuma resposta à adubação nitrogenada (Mesquita Filho et al., 1996).

A cultura da mandioca não responde a adubação mesmo em solos com baixa disponibilidade de nutrientes, o que também é verificado na cultura da batata-doce. De acordo com Santana et al., (1985), devido à falta de respostas da mandioca à aplicação de N, isso pode ser devido à contribuição da FBN atmosférico por bactérias diazotróficas associadas à cultura. Assim como nestas duas culturas, apesar de não serem consideradas hortaliças, a mandioca-salsa também não responde de maneira uniforme a aplicações de nitrogênio e fósforo. O que leva a suspeita de haver alguma relação entre as simbioses com FMAs e bactérias diazotróficas, onde poderá estar ocorrendo um sinérgismo entre esses microrganismos e a cultura da mandioca-salsa.

O conhecimento das populações nativas de fungos micorrízicos na área produtora, como também o levantamento preliminar de bactérias diazotróficas é fundamental para um melhor manejo, podendo futuramente através de tecnologias e o manejo contribuir com um aumento de produção e ou redução dos gastos com fertilizantes. O objetivo deste estudo foi avaliar a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares e verificar através de um levantamento preliminar a presença de bactérias diazotróficas na cultura da mandioca-salsa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Santo Antônio de Estrela situada em Nova Friburgo – RJ. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições e nove tratamentos, com as doses de nitrogênio (0, 60 e 120 kg ha⁻¹), de P₂O₅ (0, 150 e 300 kg ha⁻¹) e K₂O (0, 80, e 160 kg ha⁻¹). Os tratamentos foram: 000 (0, 0 e 0 kg ha⁻¹), 010 (0, 150 e 0 kg ha⁻¹), 020 (0, 300 e 0 kg ha⁻¹), 100 (60, 0 e 0 kg ha⁻¹), 111 (60, 150 e 80 kg ha⁻¹), 120 (60, 300 e 0 kg ha⁻¹), 200 (120, 0 e 0 kg ha⁻¹), 210 (120, 150 e 0 kg ha⁻¹) e 222 (120, 300 e 160 kg ha⁻¹). As fontes dos nutrientes utilizados foram: uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, sendo o nitrogênio aplicado metade no plantio e a outra metade aos 60 dias após o plantio. Todos os tratamentos receberam 15 kg ha⁻¹ de bórax, 5 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco e 5 t ha⁻¹ de esterco de curral curtido. As parcelas tinham 2,8 m de largura por 4,0 m de comprimento (11,2 m²), com 40 plantas no espaçamento de 0,7 m entre as leiras e 0,4 m entre as plantas. Dentro de cada parcela considerou-se como bordadura a linha externa de plantas da parcela, considerando-se então a área útil de 1,4 x 3,2 m.

O solo onde se instalou o experimento foi classificado como Nitossolo com as características físicas e químicas levantadas de um perfil localizado ao lado do ensaio (Tabelas 24 e 25 do anexo). A análise química do solo do experimento seguiu o método EMBRAPA (1999), sendo realizada pelo Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos – IA da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, onde a mesma correspondeu à profundidade de 0 a 20 cm, com os seguintes resultados: pH em água (1:2,5) = 6,0; Al⁺³ = 0,3 cmol_c kg⁻¹; H + Al = 18,3 cmol_c kg⁻¹; Mg⁺² = 0,9 cmol_c kg⁻¹; Ca⁺² = 1,8 cmol_c kg⁻¹; P = 11 mg dm⁻³; K = 148 mg dm⁻³; C = 13,0 g Kg⁻¹; Fe = 162,0 mg dm⁻³; Cu = 0,8 mg dm⁻³; Zn = 66,0 mg dm⁻³ e Mn = 11,5 mg dm⁻³.

A calagem foi realizada pelo método EMBRAPA proposto pelo Manual de Adubação do Estado do Rio de Janeiro (De Polli et al., 1988), de acordo com os resultados da análise do solo. Foi aplicado 700 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico três meses antes do plantio, sendo metade do calcário aplicado antes da aração e metade antes da gradagem.

A variedade (clone) utilizada no ensaio foi a Amarela de Carandaí ou Amarela Comum. As mudas foram oriundas da região de Nova Friburgo – RJ, cultivadas no mesmo local onde foi instalado o experimento. O preparo das mudas constou de cortar os filhotes em bisel, padronizando o seu tamanho, posteriormente foram deixadas à sombra por 24 horas (correspondendo a uma cicatrização do tecido). Para o pré-enraizamento foram preparados canteiros utilizando o mesmo solo do experimento, sem qualquer aplicação de fertilizantes. O espaçamento usado foi de 0,05 x 0,05 m, sendo o período do pré-enraizamento de 35 dias, nenhum tratamento fitossanitário foi realizado neste período, a manutenção da umidade no canteiro foi efetuada com as regas suplementares.

Uma semana anterior ao plantio realizou-se a distribuição dos tratamentos de adubação. As mudas foram transplantadas com 4 a 5 folhas e irrigadas posteriormente ao plantio. Os tratos culturais realizados foram: 2 capinas manuais (primeira aos 2 meses e segunda aos 4 meses após o plantio) evitando assim a competição das plantas invasoras com a mandiocinha-salsa até o estabelecimento da cultura. Após a segunda capina foi adicionada uma cobertura morta de palha de capineira (gramíneas) para favorecer a manutenção da umidade do solo e diminuir as plantas invasoras.

Foram realizadas quatro coletas, aos 3, 5, 7 e 10 meses após o plantio (90, 150, 210 e 300 dias após o plantio – DAP), durante o período experimental seguindo a variação de desenvolvimento do ciclo da mandioquinha-salsa, que varia de 8 a 12 meses. Em cada coleta foram retiradas quatro plantas ao acaso, fazendo-se de cada parcela uma amostra composta. Destas plantas coletou-se amostras de terra da rizosfera e as raízes mais finas, estas foram lavadas em água corrente e depois acondicionadas em frascos de vidro contendo etanol a 50 %, para posteriormente efetuar-se o clareamento e coloração para determinar a porcentagem do comprimento de raízes finas colonizadas (colonização radicular). O método para clarificação e coloração das raízes foi realizado mediante a técnica de Grace & Stribley (1991) e Koske & Gemma (1989). Em seguida, avaliou-se a colonização radicular pelo método da intersecção dos quadrantes descrita em Giovannetti & Mosse (1980), adaptado a partir do método de medida de comprimento de raízes de Newman (1966). A extração dos esporos foi executada através da técnica de peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson, 1963), na qual utilizou-se de cada amostra composta uma porção de terra de 50 g. A contagem do número de esporos foi efetuada utilizando-se placa nematológica com anéis concêntricos e auxílio de um microscópio estereoscópico. Das amostras da quarta coleta, foi identificado ao nível de gênero à população nativa dos fungos através da morfologia de esporos inteiros e partidos (Schenck & Pérez, 1988) observados em lâminas de PVLG (álcool-polivinílico-lactoglicerol) e PVLG + Melzer, porém para a identificação ao nível de espécie foi necessário o auxílio de taxonomista. Para a identificação foi feita uma comparação com a descrição das espécies (Schenck & Pérez, 1988) e posteriores a este trabalho, com culturas de referência existentes na “homepage da International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular Mycorrhizal Fungi” (INVAM – <http://invam.caf.wvu.edu>).

Para a utilização da estatística, os dados foram submetidos aos testes de normalidade (teste de Lilliefors) e homogeneidade de variância (teste de Bartlett). Quando não ocorria a normalidade e ou a homogeneidade dos dados, os mesmos eram transformados de acordo com as variáveis estudadas, Log (x) para número de esporos e arco seno (raiz(x/100)) para colonização radicular. Foi realizada a análise de variância (ANOVA) pelo teste F (Fisher), posteriormente às médias foram comparadas pelo teste de Duncan. O programa estatístico utilizado foi o SAEG.

Para o levantamento preliminar da ocorrência de bactérias diazotróficas endofíticas na cultura da mandioquinha-salsa, foi coletado em 11/04/2004 na Fazenda Santo Antônio de Estrela três plantas da cultivar Amarela de Carandaí (9 meses após o plantio) e posteriormente em 11/05/2004 três plantas da cultivar Amarela de Senador Amaral (10 meses após o plantio), das três plantas de cada cultivar formaram-se uma amostra composta. Após lavadas as plantas com água destilada, retirou-se uma amostra de 10 gramas de tecido vegetal (folhas + pecíolos, propágulos, raízes finas e raízes comerciais) e amostras de terra da rizosfera, porém somente para as raízes finas separou-se 1 grama devido a pouca quantidade deste material nesta fase do ciclo da cultura. Depois de cortados, os tecidos foram desinfestados com cloramina – T (antibiótico) a 1 %, seguindo de 3 lavagens com água destilada (5 minutos cada lavagem) e posteriormente utilizou-se uma solução tampão fosfato 0,05 M (2 minutos e 30 segundos). Em seguida, os tecidos separadamente foram triturados em liquidificador com 90 mL de solução salina durante 1 a 2 minutos. Retirando-se 1 mL desta solução para a realização das diluições seriadas (sucessivas) em concentrações de 10^{-2} a 10^{-6} em tubos de ensaio contendo 9 mL de solução salina. Destas diluições, alíquotas de 0,1 mL foram inoculadas em frascos com capacidade para 10 mL, com 5 mL dos seguintes meios semi-sólidos e isentos de N (seletivos), com 3 repetições: LGI-P para

Gluconacetobacter diazotrophicus, LGI para *Azospirillum amazonense*, NFb para *Azospirillum* spp., JNFb para *Herbaspirillum* spp. e JMV para *Burkholderia* spp. de acordo com a metodologia descrita por Döbereiner et al., (1995). Os frascos foram incubados por seis dias entre 28 a 30°C no escuro, quando foi feita a observação das características de crescimento. A contagem do número de microrganismos (bactérias diazotróficas) foi realizada pela técnica do número mais provável (NMP), baseada na presença ou ausência de película característica utilizando-se a tabela de McCrady. Dos frascos da última diluição com crescimento positivo, foram preparadas lâminas para observação da predominância dos microrganismos em microscópio. Os frascos que apresentam crescimento bacteriano foram, sucessivamente repicado para os respectivos meios semi-sólido. Após o crescimento das bactérias verificado pela presença de película, uma determinada quantidade do material retirada com alça de platina foi riscada em placa com meio sólido. Este procedimento foi realizado tantas e quantas vezes foram necessárias para se chegar à purificação do material. Depois de purificado o material foi estocado nos mesmos meios de cultura sólidos usados para purificação, em frascos com capacidade para 10 mL, contendo 5 mL de meio de cultura e inclinados, para aumento da superfície. Os isolados já puros foram riscados, incubados para crescimento. Após crescidos foram cobertos com óleo mineral, e armazenados a temperatura ambiente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 90 dias após o plantio, observou-se uma maior média para porcentagem de colonização das raízes de mandioquinha-salsa, diferindo estatisticamente das outras épocas pelo teste de Duncan a 1 % (Tabela 1), a análise de variância encontra-se na Tabela 26 do anexo. Pode-se observar uma tendência de diminuição da porcentagem de colonização radicular com o desenvolvimento da cultura. Provavelmente a maior colonização radicular no início do ciclo da cultura, pode ser devido ao fato de que neste período, onde o desenvolvimento da parte vegetativa é mais vigoroso, a planta de mandioquinha-salsa apresenta uma maior necessidade na absorção de água e nutrientes.

O máximo crescimento das plantas geralmente é verificado aos 150 DAP, havendo após este período uma estabilização no crescimento das plantas de mandioquinha-salsa, enquanto ocorre o enchimento das raízes de reserva (comerciais). A partir daí observou-se que a porcentagem de colonização das raízes diminuiu consideravelmente, podendo tal fato dever-se à ocorrência da translocação de fotoassimilados da parte aérea e dos propágulos para as raízes de reserva que são drenos preferenciais, e então a planta estaria economizando em fotoassimilados para os FMAs, que provavelmente neste período não seja benéfico para a planta manter a associação com os fungos, pois estaria sendo desvantajoso para o hospedeiro.

Sieverding (1991), observou em solo Colombiano cerca de 2800 esporos por 100 mL de solo. O número de esporos deste estudo apresentou-se relativamente elevado durante todas as épocas, porém aos 300 DAP (10 meses de ciclo) Tabela 27 do anexo, observa-se a maior média para esta variável, não havendo estatisticamente diferença dos 150 DAP (5 meses de ciclo), Tabela 1. A esporulação pode variar ao longo do ano, podendo estes esporos permanecer no solo até o momento quando as condições se apresentarem propícias e favoráveis para que ocorra a sua germinação. Outro fator que pode apresentar grande influência quanto à variação do número de esporos no campo é a competição entre espécies.

Durante um período de aproximadamente 5 anos antes da implantação do ensaio, a área permaneceu em pousio, sendo usada como pastagem, apresentando uma alta diversidade de espécies de vegetação espontânea, com o predomínio de braquiária. Os resultados obtidos são relativamente elevados, pois segundo Moreira & Siqueira (2002b), a ocorrência de FMAs, assim como o grau de colonização das raízes é determinado pela vegetação e pelo ambiente, sendo reduzidos ou ausentes em solos sob longos períodos de pousio. O potencial infectivo de FMAs do solo pode variar em função das condições de fertilidade do solo e do manejo da área. Como exemplo, têm-se as observações feitas por Sieverding (1991), onde o número de propágulos de FMAs aumentou consideravelmente, em cultivo de mandioca, após o cultivo de leguminosas de pastagens.

Tabela 1. Número de esporos em 50 mL de solo rizosférico e colonização de raízes de plantas de mandioquinha-salsa (Amarela de Carandaí) em quatro épocas de avaliação.

Dias após o plantio	Nº de Esporos	Colonização Radicular (%)
90	1154,1 c*	23,9 a
150	2138,3 ab	11,5 b
210	1734,7 b	9,9 b
300	2230,2 a	8,9 b

*Médias seguidas de mesma letra, dentro da mesma variável, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Duncan a 1 %. Dados originais, sendo a análise feita com os dados de nº de esporos transformados em log (x) e a colonização radicular em arco seno da raiz quadrada de x/100.

Observou-se a ocorrência de 29 espécies de FMAs na região de Nova Friburgo – RJ, em área sob o cultivo de mandioquinha-salsa. As espécies *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora* sp1, *Entrophospora colombiana*, *E. infrequens*, *Gigaspora* sp, *Glomus caledonium*, *G. geosporum*, *G. macrocarpum*, *Glomus* sp2, *Scutellospora heterogama* e *Scutellospora* sp., estiveram presentes em todos os tratamentos selecionados, porém a espécie *Glomus macrocarpum* predominou em relação às demais. Já as espécies *Acaulospora rehmi*, *Glomus* sp1, *Glomus tenebrosum*, *Scutellospora coralloidea*, *S. verrucosa* e *S. weresubiae* aparecem em pelo menos dois dos tratamentos citados (Tabela 2).

A alta diversidade neste agrossistema foi evidenciada pela presença de 29 espécies de FMAs associadas naturalmente à cultura de mandioquinha-salsa, tendo-se chegado ao nível de espécie em 21 destes. Oliveira et al. (1986), encontraram em pomares de citrus, 140 espécies de fungos MA, onde 50 espécies já foram relatadas no Brasil por Schenck & Pérez (1988). Apesar da densidade de esporos não refletir necessariamente o potencial de inóculo ou infectividade do solo, o alto índice de ocorrência destas espécies reflete sua maior capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas dominantes (Fernandes & Siqueira, 1989).

Os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* são os que apresentaram maiores quantidades de espécies, porém entre as espécies descritas, a espécie *Acaulospora scrobiculata* foi uma das espécies que se mostrou presente em todos os tratamentos selecionados (Tabela 2). Isto está de acordo com resultados de Schenck & Perez (1988), onde mostram que as espécies do gênero *Acaulospora*, especialmente *A. scrobiculata*, predominam sobre as demais em agrossistemas, quando comparados com ecossistemas naturais em áreas adjacentes. Balota et al. (1999), em rizosfera de mandioca de três Estados brasileiros, encontrou colonização micorrízica variando de 31 % a 69 %, e a densidade de esporos de 10 a 384 esporos/100 mL de solo, predominando as espécies de FMAs *Entrophospora colombiana* e *Acaulospora scrobiculata* no Rio de Janeiro, *A. scrobiculata* e *Scutellospora heterogama* no Paraná e em Piracicaba (São Paulo) e *A. appendicula* (nomenclatura atual – *Archaeospora leptoticha*) e *S. pellucida* em Campinas (São Paulo). Os autores verificaram que os menores valores para percentagem de colonização (31 %) foram observados nos solos de maior fertilidade, ou seja, um Organossolo em Santa Cruz, RJ e um Latossolo Vermelho, com altos teores de P, em Londrina, PR. Semelhante a uma das espécies encontrada pelos autores anteriores, Siqueira et al. (1989), detectaram que entre as espécies encontradas, *Acaulospora scrobiculata* ocorreu com elevada frequência em agrossistemas de Minas

Gerais, predominando em cana-de-açúcar, algodão, feijoeiro, soja, mandioca, milho e braquiária, enquanto a *A. morrowae* predominou apenas em arroz, citrus, braquiária e estilosantes.

A taxonomia e identificação de FMAs têm sido na maioria das vezes baseada na morfologia de esporos extraídos direto do solo. Entretanto, segundo Caproni (2001), somente os esporos não fornecem estimativa completa da diversidade de espécies de FMAs, sendo necessária a utilização de mais de uma técnica para uma avaliação mais segura de uma comunidade de FMAs em um ecossistema. Para a mesma autora, a diversidade de FMAs ainda é pouco conhecida, sendo necessário o conhecimento sobre a variabilidade morfológica, fisiológica e genética em FMAs nos níveis de organização intra e inter específico. Segundo Giovannetti & Gianinazzi-Pearson (1994), a conservação e a eficiente utilização de sua biodiversidade são de extrema importância para a sustentabilidade do sistema de produção das plantas, devido à importância nutricional.

Em solos do Rio de Janeiro e Pernambuco, Paula (1992), estudando a ocorrência de FMAs e bactérias diazotróficas na cultura de batata-doce, verificou o predomínio de espécies dos gêneros *Glomus* e *Acaulospora*, onde a espécie de *Glomus macrocarpum* destacou-se pela sua elevada densidade de esporos e ocorrência comum na rizosfera de todas as cultivares.

A utilização dos meios semi-sólidos e semi-seletivos para os gêneros e espécies de bactéria diazotrófica endofítica mostrou a presença destas bactérias naturalmente em tecidos de plantas de duas variedades de mandioquinha-salsa.

Os resultados do levantamento preliminar de bactérias diazotróficas mostraram a presença destas nos seguintes tecidos de plantas de mandioquinha-salsa, da variedade Amarela de Carandaí: folha + pecíolo, propágulo, raiz e na amostra de terra da rizosfera, a única parte da planta onde não se verificou presença dos microrganismos, em nenhum meio semi-sólido utilizado foi na raiz comercial (Tabela 3). Enquanto que na variedade Amarela de Senador Amaral, a presença das bactérias diazotróficas foi verificada nos tecidos das seguintes partes: propágulo e raiz, e na amostra de terra da rizosfera. Não sendo verificada presença das mesmas em folha + pecíolo e raiz comercial, também em nenhum dos meios semi-sólidos estudados (Tabela 4). Os resultados do levantamento preliminar da ocorrência de bactérias diazotróficas associadas à cultura da mandioca mostraram a presença destas em todas partes amostradas (raízes, raízes de reserva, manivas), exceto nas folhas (Balota, 1994). O autor também observou que os meios semi-sólidos utilizados para a avaliação, apresentaram resultados diferenciados. Em diferentes genótipos de dendezeiro e um de pupunheira, Carvalho (1997) observou a presença de bactérias diazotróficas nas raízes de todos os genótipos estudados, porém nas folhas tanto dos genótipos de dendezeiro como na pupunheira não foi constatada a presença de bactérias diazotróficas em nenhum dos meios estudados.

Tabela 2. Táxons de FMAs observados em rizosfera de plantas de mandioquinha-salsa (Amarela de Carandaí) aos 10 meses de ciclo da planta (quarta coleta).

Espécies	Tratamentos (N, P ₂ O ₅ e K ₂ O)**								
	000	010	020	100	111	120	200	210	222
<i>Archaeospora leptoticha</i>	-	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Archaeospora gerdemanii</i>	-	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Acaulospora foveata</i>	+	+	-	+	+	+	-	+	+
<i>Acaulospora laevis</i>	-	+	+	+	-	+	+	-	+
<i>Acaulospora morrowiae</i>	+	-	-	-	+	+	-	-	+
<i>Acaulospora rehnii</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Acaulospora tuberculata</i>	-	-	-	-	+	+	-	-	+
<i>Acaulospora sp.</i>	-	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Acaulospora sp₁</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Entrophospora colombiana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Entrophospora infrequens</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Entrophospora sp.</i>	+	+	+	-	-	-	-	-	+
<i>Gigaspora sp.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Glomus caledonium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Glomus etunicatum</i>	-	-	+	-	+	-	-	+	+
<i>Glomus formosanum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Glomus geosporum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Glomus macrocarpum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Glomus microcarpum</i>	-	+	-	-	+	+	-	+	-
<i>Glomus sp.</i>	+	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>Glomus sp₁</i>	-	-	-	-	+	-	-	+	+
<i>Glomus tenebrosum</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Glomus sp₂</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Scutellospora coralloidea</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Scutellospora heterogama</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Scutellospora verrucosa</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scutellospora sp.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Scutellospora weresubiae</i>	-	-	+	-	-	-	+	-	-

Presença: (+), Ausência: (-)

**Doses crescentes: 000 (0, 0 e 0 kg ha⁻¹), 010 (0, 150 e 0 kg ha⁻¹), 020 (0, 300 e 0 kg ha⁻¹), 100 (60, 0 e 0 kg ha⁻¹), 111 (60, 150 e 80 kg ha⁻¹), 120 (60, 300 e 0 kg ha⁻¹), 200 (120, 0 e 0 kg ha⁻¹), 210 (120, 150 e 0 kg ha⁻¹) e 222 (120, 300 e 160 kg ha⁻¹).

Foi observada diferença no número de microrganismos estimados pelo método do NMP entre as duas variedades de mandioquinha-salsa estudadas. Na variedade Amarela de Carandaí a quantidade de bactérias estimada pelo método NMP, variou de 10³ - 10⁵ células g⁻¹ de folhas + pecíolos frescos, diminuindo da parte aérea (folhas + pecíolos) em direção as raízes (Tabela 3). Observando a Tabela 4, verifica-se que na A. Senador Amaral, a quantidade de bactérias estimadas pelo mesmo método em tecidos de raízes, variou também de 10³ - 10⁵ células g⁻¹ de raízes frescas. Porém o maior número de bactérias na Amarela comum, independente do meio semi-sólido utilizado para crescimento dos microrganismos foi verificado em tecidos da parte aérea (folha + pecíolos) das plantas, enquanto que esta mesma observação na variedade A. Senador Amaral foi evidenciado em tecidos radiculares (raízes de absorção). Reis Junior et al., (2004), avaliando a ocorrência de bactérias diazotróficas em diferentes espécies de *Brachiaria* em Goiás e na Bahia, observaram que nos dois locais a quantidade de bactérias estimadas pelo método do número mais provável variou de 10³ - 10⁷ células g⁻¹ de raízes.

Assim como nos tecidos da mandioquinha-salsa verificou-se a presença de crescimento de bactérias diazotróficas nas amostras de terra da rizosfera, em todos os meios semi-sólidos seletivos avaliados menos no meio LGI-P (Figura 1). A maior estimativa populacional apresentada foi de 10^5 células g^{-1} de solo no meio semi-sólido NFb, enquanto a menor foi de 10^3 células g^{-1} de solo no meio semi-sólido JMV para a variedade A. comum. Já na variedade A. Senador Amaral a maior estimativa populacional nas amostras de solo foram de 10^5 células g^{-1} de solo nos meios semi-sólidos NFb e JNFb. Apesar da densidade estar diretamente relacionado com a espécie vegetal associada (Baldani et al., 1999), este valor pode ser considerado baixo, quando comparados aos encontrados em solos de gramíneas como milho e sorgo (10^6 a 10^7 bactérias g^{-1} de solo) (Döbereiner et al., 1995). Na rizosfera de espécies de braquiária em Goiás e Minas Gerais foram encontradas (10^3 a 10^7 bactérias g^{-1} de solo) (Reis Junior et al., 2004). Em solo de canavial Cruz et al., (2004), verificaram uma densidade por volta de 10^7 células g^{-1} de solo, nos seguintes meios de cultivo semi-sólidos seletivos (NFb, JNFb, LGI, LGI-P e JMV). Entretanto, os autores observaram quando feita a avaliação da identificação dos isolados, que pertenciam em sua maioria ao gênero *Burkholderia*, e embora os diversos meios seja semi-específicos para distintas espécies, bactérias pertencentes ao gênero *Burkholderia* foram capazes de crescer em todas as formulações utilizadas. Melloni et al., (2004), observaram que em diferentes épocas do ano, os maiores valores de densidade total de bactérias diazotróficas endofíticas foram obtidos em amostras de solo de áreas revegetadas com gramíneas, as quais são consideradas plantas hospedeiras comuns destas bactérias (Baldani et al., 1999).

A área de onde foram coletadas as plantas e a amostra de terra da rizosfera, apresenta um histórico de aproximadamente 2 anos, sendo que durante este período a área estava sendo cultivada com diversos canteiros de hortícolas, como couve-flor, couve, brócolis, couve-chinesa, repolho, alface, cenoura, beterraba, porém o que predominava eram crucíferas. O sistema de rotação de culturas estava sempre sendo utilizado com plantio de milho, azevém ou na forma de pasto (pousio). Antes da utilização da área como descrita acima, o local apresentava-se como pasto “sujo” em pousio, apresentando alta diversidade de vegetação espontânea como: capim pé-de-galinha, capim gordura, braquiária, tiririca, nabo forrageiro, capim marmelada, língua-de-vaca, botão-de-ouro, mestruz, guanxuma, kikuio, cujo predomínio era de braquiária e em segundo plano o capim marmelada. De acordo com o histórico, e devido às bactérias diazotróficas apresentarem maior afinidade pela rizosfera de gramíneas como demonstrado por diversos autores, provavelmente a ocorrência destas bactérias no solo estudado se deve pela fácil disseminação das mesmas por meio das sementes das espécies presentes na área.

O meio semi-sólido NFb, seletivo para o crescimento do gênero *Azospirillum* spp. foi o que apresentou maior número de bactérias, no tecido de folhas + pecíolos da variedade A. comum. Nos tecidos de propágulo e raiz de absorção da mesma variedade, o maior número de bactérias foi observado no meio semi-sólido JNFb, seletivo para *Herbaspirillum* spp. Na variedade A. Senador Amaral, constatou-se resultado semelhante nos tecidos destas duas partes da planta (Tabela 3 e Tabela 4). Ressaltando que a população de bactérias diazotróficas não variou muito de uma variedade para outra, sendo encontrado valores próximos. Em trabalho de Carvalho (1997), a predominância de ocorrência de bactérias diazotróficas no meio JNFb, foi maior que 50 % em tecidos de raízes de genótipos de dendezeiro e pupunheira.

De acordo com os resultados, provavelmente os genótipos das plantas de mandioquinha-salsa contribuíram para influência da associação planta-bactéria diazotrófica endofítica nas diferentes partes dos tecidos estudados, ressaltando que

devido à dinâmica solo-planta-atmosfera, fatores edafoclimáticos também podem interferir na simbiose. Segundo Reis Junior et al., (2000), existe um consenso geral de que o genótipo da planta é o fator chave para a fixação biológica de nitrogênio junto com a seleção de estirpes eficientes.

O único meio semi-sólido onde não houve crescimento dos microrganismos em nenhuma parte dos tecidos das duas variedades de plantas de mandioquinha-salsa foi o LGI-P. Provavelmente a não presença de bactérias nos tecidos da planta neste meio, pode ser devido a pouca quantidade de sacarose relatada na mandioquinha-salsa (Câmara, 1984), quando comparada com culturas ricas em açúcares. Este meio de cultivo semi-sólido seletivo é característico para crescimento de *G. diazotrophicus*, ocorrendo principalmente associado a plantas ricas em açúcar, como cana-de-açúcar, batata-doce e capim camerrom, em que o tipo de propagação destas culturas é através da forma vegetativa (Döbereiner et al., 1995).

De acordo com o crescimento de bactérias nos respectivos meios semi-sólidos avaliados, verificou-se a presença dos seguintes gêneros: *Azospirillum* spp. (LGI, NFb), *Herbaspirillum* spp. (JNFb) e *Burkholderia* spp. (JMV) nas duas variedades de plantas de mandioquinha-salsa como também na amostra de terra da rizosfera. O número de bactérias diazotróficas isoladas variou em cada meio semi-sólido, sendo isolados (2 em LGI; 43 em NFb; 58 em JNFb; 20 JMV). Melloni et al., (2004), também obtiveram um maior número de isolados com a utilização do meio JNFb, porém foi verificado através da análise de similaridade, que os isolados não necessariamente apresentaram maior similaridade a *Herbaspirillum*. Baldani et al., (1999), observaram falta de especificidade do meio JNFb, isto indica que o meio JNFb permite o crescimento de outras bactérias endofíticas, principalmente as do gênero *Azospirillum*, que são capazes de tolerar a maior acidez inicial do meio JNFb.

Tabela 3. Número de bactérias diazotróficas presentes em tecidos de plantas de mandioquinha-salsa aos 9 meses após o plantio, variedade Amarela de Carandaí, crescidas em meios semi-sólidos seletivos. Médias de três repetições.

Meios Semi-Sólidos	Folha + Pecíolo	Propágulo	Raiz	Raiz Comercial
	Número de células (x 10 ³) g ⁻¹ de massa fresca			
LGI	0,9	1,5	n.d.	n.d.
LGI-P	n.d.*	n.d.	n.d.	n.d.
NFb	140,0	9,5	0,4	n.d.
JNFb	110,0	25,0	0,9	n.d.
JMV	45,0	4,5	n.d.	n.d.

*n.d.: Não detectado.

Tabela 4. Número de bactérias diazotróficas presentes em tecidos de plantas de mandioquinha-salsa aos 10 meses após o plantio, variedade Amarela de Senador Amaral, crescidas em meios semi-sólidos seletivos. Médias de três repetições.

Meios Semi-Sólidos	Folha + Pecíolo	Propágulo	Raiz	Raiz Comercial
	Número de células ($\times 10^3$) g^{-1} de massa fresca			
LGI	n.d.*	n.d.	0,6	n.d.
LGI-P	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NFb	n.d.	7,5	45,0	n.d.
JNFb	n.d.	9,5	110,0	n.d.
JMV	n.d.	0,9	45,0	n.d.

*n.d.: Não detectado.

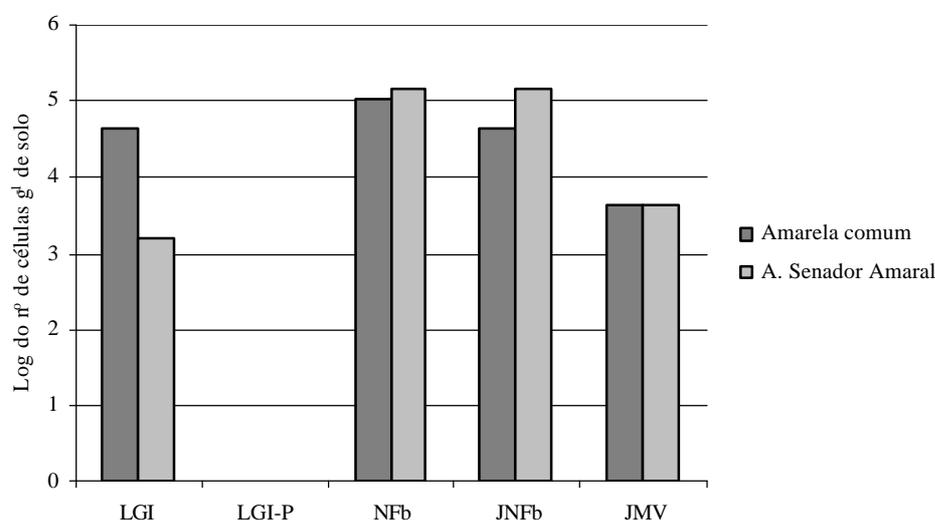


Figura 1. População de bactérias diazotróficas (Log 10) isoladas de amostras de terra da rizosfera de duas variedades de plantas de mandioquinha-salsa na região de Nova Friburgo, utilizando a técnica do Número Mais Provável (NMP). Média de três repetições.

4. CONCLUSÕES

A área de Nova Friburgo – RJ, apresentou uma alta diversidade de espécies de FMAs em rizosfera de mandioquinha-salsa.

Entre as espécies de FMAs encontradas os gêneros presentes foram: *Acaulospora*, *Glomus*, *Scutellospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora* e *Archaeospora*.

A espécie predominante na rizosfera de mandioquinha-salsa foi *Glomus macrocarpum*.

Plantas de duas variedades de mandioquinha-salsa, Amarela de Carandaí e Amarela de Senador Amaral mostraram ser hospedeiras naturais de bactérias diazotróficas endofíticas.

Bactérias diazotróficas endofíticas ocorreram na área da região de Nova Friburgo – Rio de Janeiro, em médias densidades em solo rizosférico (amostras de campo).

De acordo com as características fenotípicas das bactérias diazotróficas endofíticas isoladas de plantas de mandioquinha-salsa, ocorreram os seguintes gêneros: *Azospirillum*, *Herbaspirillum* e *Burkholderia*. Obtendo-se o maior número de isolados no meio semi-sólido semi-seletivo JNFb.

Não houve ocorrência em nenhum dos meios estudados de bactérias diazotróficas endofíticas nas raízes comerciais (reserva) tanto da variedade Amarela de Carandaí como da Amarela de Senador Amaral.

Os propágulos de mandioquinha-salsa podem apresentar bactérias diazotróficas associadas à cultura.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO DE MUDAS DE MANDIOQUINHA-SALSA INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM SEIS SUBSTRATOS

RESUMO

Em Seropédica, no viveiro da Embrapa Agrobiologia, foi realizado o experimento com delineamento de blocos ao acaso com parcela subdividida e quatro repetições. Os tratamentos foram seis tipos de substratos (parcelas): 1 (substrato comercial (SC)); 2 (75 % SC, 25 % areia); 3 (70 % composto orgânico (CO), 30 % areia); 4 (27 % solo argiloso (SA), 27 % CO, 46 % areia); 5 (40 % SA, 20 % CO, 40 % areia); 6 (20 % SA, 40 % CO, 40 % areia). As subparcelas foram: inoculação de *Glomus clarum* (0,5 g de solo inóculo) e o controle. Utilizaram-se bandejas de isopor com 128 células (38 cm³ célula⁻¹). A variedade utilizada foi Amarela de Carandaí e durante 50 dias, coletou-se as plantas aos 20, 35 e 50 dias após o plantio, período de pré-enraizamento. O objetivo deste trabalho foi selecionar dentre os substratos aquele que apresente melhores condições ao desenvolvimento inicial das mudas pré-enraizadas e micorrizadas. Os resultados indicaram que o melhor desenvolvimento das mudas de mandioquinha-salsa foi verificado nos substratos com maior proporção de composto orgânico. Devido ao curto período do pré-enraizamento não foi verificado benefício no estabelecimento da infecção fúngica. A inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) não contribuiu com o aumento de matéria seca em nenhuma das partes da planta (folha + pecíolo, propágulo e raiz).

Palavras chave: batata baroa, endomicorrizas, fósforo

ABSTRACT

In Seropédica municipality, at Embrapa Agrobiologia nursery field, an experiment with randomized block design was accomplished, split-plot type with four repetitions. The treatments were six types of substrate (plots): 1 (commercial substratum - CS); 2 (75% CS, 25% sand); 3 (70% organic compost - CO), 30% sand); 4 (27% loamy soil - LS), 27% CO, 46% sand); 5 (40% LS, 20% CO, 40% sand) and 6 (20% LS, 40% CO, 40% sand). The split-plot parcels were: inoculation of *Glomus clarum* (0.5 g of soil inoculum) and the control (without inoculum). Polystyrene trays were used with 128 cells (38 cm³.cell⁻¹). The variety cultivated was the “Amarela de Carandaí” and the plants were collected at 20, 35, and 50 days after planting. The objective of this study was to select the substrate that offered best conditions to initial development of pre-rooting seedlings and micorrhizal. The results indicated that the best development of the Peruvian carrot seedlings was verified in the substrate with larger proportion of organic compost. Due to the short period of the pre-rooting phase no benefit was verified in the establishment of the fungi infection. The inoculation with arbuscular micorrhizal fungi (AMF) did not contribute with dry matter increase of any plant parts.

Key words: arracacha, endomycorrhizae, phosphorus.

1. INTRODUÇÃO

A multiplicação da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) para fins comerciais é feita, exclusivamente pelo processo vegetativo, utilizando-se rebentos ou mudas produzidas na parte aérea da planta. Estas mudas, ao contrário das sementes botânicas, mantêm a uniformidade e as características do clone que as originou (Sediyama & Casali, 1997).

Na obtenção de mudas, a origem das touceiras é o primeiro fato a ser verificado. Sendo generalizado que as touceiras em fase de crescimento, e que ainda não produziram raízes tuberosas, não se prestam para fornecer mudas, em razão das falhas que resultam no campo, as vezes total (Casali & Sediyama, 1984). Portanto, de acordo com Silva & Normanha (1964), uma condição básica é que as mudas sejam provenientes de touceiras que já completaram o ciclo cultural. Outra condição é quanto à qualidade fitossanitária durante a seleção das touceiras para propagação, pois é muito importante que as mudas não sejam veículo de transmissão de pragas e doenças.

Vários autores já relataram a importância da qualidade do material de plantio, devido o mesmo estar diretamente ligado à produção de raízes comerciais. Mudas muito novas podem ter a capacidade de enraizamento reduzida, em razão do baixo conteúdo de matéria seca, podendo ocorrer muitas falhas no campo (Sediyama & Casali, 1997). Entretanto, Câmara (1989), não verificou diferenças na produção de raízes decorrente da posição do propágulo na planta. Segundo os primeiros autores, mudas muito grandes podem favorecer o crescimento da parte aérea em detrimento das raízes tuberosas, pois contêm maior número de gemas e, conseqüentemente, maior perfilhamento e maior coroa, que são órgãos armazenadores e drenos de assimilados. Porém, quando se pensa em multiplicação das mudas isso pode ser uma característica bastante desejável.

Relações entre fatores climáticos e o florescimento, apresentam importância em relação à época de plantio e a região em que a planta será cultivada. No Brasil, a frequência do florescimento em plantios de julho, agosto e setembro, em regiões altas, conduzem à hipótese das plantas responderem ao fotoperíodo ou ao estímulo de ambos: fotoperíodo e temperatura (Zanin & Casali, 1984b). Segundo esses autores, as informações existentes referentes a Minas Gerais, São Paulo e Paraná, com altitude acima de 900 m, o florescimento ocorre regularmente de agosto a setembro. Porém a 650 m, nem todos os anos a cultura floresce. De acordo com Santos & Câmara (1995), o florescimento da mandioquinha-salsa também está geralmente associado à idade das mudas, e ao estresse hídrico (Sediyama et al., 1989).

A qualidade dos propágulos (filhotes) utilizados na propagação irá garantir o sucesso da produção. De acordo com Câmara & Santos (2002), é necessário um trabalho sério de seleção e preparo desses filhotes, atentando-se para o aspecto fitossanitário e a idade fisiológica dos mesmos. Segundo os autores, a seleção dos filhotes irá depender do tipo utilizado de propagação, mas em geral, recomenda-se sua retirada da parte periférica das touceiras no campo, podendo-se, inclusive, retirá-los em até 50 % da planta com sete meses de ciclo, não afetando a produção.

As formas para a propagação da mandioquinha-salsa são: o pré-enraizamento, a produção de mudas juvenis e o método tradicional. O pré-enraizamento assim como a produção de mudas juvenis tem como principal finalidade a redução do florescimento da cultura que ocasiona perdas consideráveis na produção desta hortaliça. Segundo Santos (1997), duas técnicas (produção de mudas juvenis e produção de mudas

pré-enraizadas) podem ser utilizadas para reduzir ao máximo a perda da produção pelo elevado índice de florescimento, as principais vantagens do processo de pré-enraizamento são:

- permite a seleção de mudas de tamanho uniforme e sem emissão de pendão floral;
- viabiliza um maior pegamento no plantio definitivo, garantindo uma população final de plantas mais próximas do ideal e plantas homogêneas no campo;
- causa redução expressiva de emissão de pendão floral no campo;
- impossibilita o estímulo de florescimento pelo estresse hídrico, por permitir o encanteiramento logo após a colheita da lavoura comercial;
- possibilita a utilização de 140 m² durante 45-60 dias, com quatro aspersores fixos, enquanto que para 1 ha seriam necessários, aproximadamente, 60 aspersores;
- reduz significativamente o custo inicial de implantação de 1 ha, em comparação ao método tradicional de cultivo, durante o período de enraizamento dos filhotes, pois permite: a) menor consumo de água de irrigação e energia, b) menor gasto com mão-de-obra de implantação e condução, c) menor gasto com defensivos (tempo de aplicação e volume), d) maior efetividade no controle de pragas;
- viabiliza uma colheita uniforme, devido às condições fisiológicas das mudas serem uniformes;
- permite o escalonamento do plantio definitivo.

Segundo Gerdemann (1975), entre vários benefícios oriundos da micorrização, pode-se enfatizar o maior desenvolvimento das plantas, maior resistência à murcha causada por lesões na ação de transplante e estresse hídrico e proteção da planta ao ataque de fitopatógenos que atacam o sistema radicular.

Evidências experimentais de que a matéria orgânica estimula o crescimento e a ramificação das hifas de FMAs no solo, pela formação de um nicho fisiológico mais adequado para o crescimento do fungo, foram observadas por St. John et al. (1983). Ishac et al. (1986), relataram que o maior desenvolvimento radicular, promovido pela matéria orgânica, pode resultar em maior desenvolvimento de micorrizas na planta.

Entretanto, algumas fontes de matéria orgânica podem afetar a colonização micorrízica. Esterco apresentam elevada reserva de nutrientes, particularmente no que diz respeito ao P, o uso de proporções elevadas no substrato de produção de mudas pode resultar em redução ou mesmo eliminação da colonização micorrízica, Trindade (1992) citado por Trindade et al. (2000).

A colonização micorrízica e a resposta quanto à inoculação segundo Saggin Júnior & Lovato (1999), podem ser inibida e diminuída quando se utiliza substratos com grandes proporções de matéria orgânica, ou de matéria orgânica com grande quantidade de nutrientes.

Trindade et al. (2000), trabalhando com a adequação de esterco na composição do substrato para produção de mudas de mamoeiro, verificaram que em relação à utilização do esterco houve aumentos no crescimento em altura e peso de matéria seca das mudas, à medida que se aumenta a participação do esterco no substrato. Os autores também observaram, que o FMA *Glomus etunicatum* foi eficiente nas doses de 5 % e 10 % (21 e 41 mg dm⁻³ de P) de esterco, tendo proporcionado mudas com maior altura e acúmulo de massa vegetal, porém, o fungo colonizou as mudas em doses de até 30 % (90 mg dm⁻³ de P) de esterco, mas com tendência decrescente.

Diferentes formulações de substrato, de acordo com a sua composição física podem favorecer ou dificultar o crescimento do sistema radicular principalmente durante a fase de germinação (sementes) e enraizamento de plantas propagadas vegetativamente, podendo ocasionar prejuízos futuros na obtenção dessas mudas

refletindo no campo com perdas de produtividade. Neste caso as características morfológicas do sistema radicular, podem indicar de acordo com a planta estudada se a formulação do substrato favorece ou prejudica a formação das mudas. Isso terá um reflexo quando as plantas forem transplantadas para o campo junto com o benefício proporcionado pelos FMAs.

A aquisição de informações sobre os padrões de crescimento e das características morfológicas do sistema radicular tem aumentado nos últimos anos, em função da maior disponibilidade de novas técnicas analíticas Zonta (2003). Atualmente o processamento digital de imagens de raízes, tem sido utilizado como uma ferramenta muito importante, para a obtenção de dados sobre características morfológicas (área, comprimento e diâmetro) do sistema radicular de plantas cultivadas (Brasil, 2001). Esse mesmo autor cita que, a medida da área radicular poderia ser de maior utilidade em casos onde o comprimento e o diâmetro das raízes fossem afetados diferencialmente pela presença de barreiras químicas ou físicas no solo, acarretando o impedimento do crescimento radicular. O impedimento mecânico resulta em alterações na morfologia do sistema radicular, como o engrossamento radial dos eixos e crescimento recurvado (Costa et al., 2000).

Este ensaio teve como objetivo selecionar dentre os substratos aquele que apresente melhores condições ao desenvolvimento inicial das mudas pré-enraizadas e micorrizadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No viveiro do campo experimental da Embrapa Agrobiologia em Seropédica – RJ, em agosto de 2001, foi realizado o experimento com delineamento de blocos ao acaso com parcela subdividida com quatro repetições. Os tratamentos constaram de seis tipos de substratos (parcela): o substrato 1 foi um substrato comercial com nome Plantmax/Hortaliças constituído de vermiculita, ilita, cascas e turfa; o substrato 2 constituído de 75 % de substrato comercial e 25 % de areia; o substrato 3 com 70 % de composto orgânico (esterco bovino, palha e cinzas) e 30 % de areia; o substrato 4 constituído de 27 % de solo argiloso (326 g Kg⁻¹ de argila; 485 g Kg⁻¹ de areia; 189 g Kg⁻¹ de silte), 27 % de composto orgânico e 46 % de areia; o substrato 5 com 40 % de solo argiloso, 20 % de composto orgânico e 40 % de areia e o substrato 6 constituído de 20 % de solo argiloso, 40 % de composto orgânico e 40 % de areia. A subparcela foi constituída da inoculação com a espécie de FMA *Glomus clarum* e o controle. Os substratos foram acondicionados em bandejas de isopor com 128 células (38 cm³ célula⁻¹), onde se utilizou 0,5 g de inóculo misto por célula com aproximadamente 135 esporos por 0,5 g, o tratamento controle recebeu a mesma quantidade do inóculo misto, porém autoclavado duas vezes a temperatura de 120°C, pressão de 1 manômetro (kgf cm²) durante uma hora.

As análises químicas dos substratos seguiram o método EMBRAPA (1999), sendo realizada pelo Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos – IA da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados da análise química dos seis substratos.

Subst.	pH H ₂ O	Al ⁺⁺⁺	H ⁺ Al	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca+Mg	C	P	K
1	5,2	0,3	7,3	0,88	37,6	19,4	57,0	420,0	725	1760
2	5,6	0,0	8,6	0,26	14,6	8,2	22,8	150,0	1061	856
3	6,8	0,0	3,8	0,10	7,4	6,1	13,5	140,6	849	1168
4	6,5	0,0	2,0	0,10	4,3	3,0	7,3	30,9	398	693
5	6,4	0,0	1,5	0,07	3,7	3,0	6,7	30,9	495	594
6	6,9	0,0	2,6	0,09	4,5	4,4	8,9	30,3	354	957

Devido aos valores de fósforo encontrados na Tabela 5, pelo método de extração com solução duplo-ácida ou “Carolina do Norte”, posteriormente foi realizada uma análise química dos substratos para determinação de fósforo utilizando como solução extratora água destilada. As análises apresentaram o seguinte resultado: P= 71,61 mg dm⁻³ (substrato 1 (S1)); P= 66,95 mg dm⁻³ (S2); P= 95,79 mg dm⁻³ (S3); P= 51,77 mg dm⁻³ (S4); P= 27,96 mg dm⁻³ (S5); P= 53,63 mg dm⁻³ (S6).

A variedade de mandioquinha-salsa usada foi a Amarela de Carandaí ou Amarela Comum oriunda da região de Nova Friburgo – RJ. Tentou-se padronizar a seleção dos propágulos (filhotes) retirados das touceiras, porém não foi feita separação entre as idades fisiológicas que os mesmos se apresentavam. Além de várias pessoas terem trabalhado na separação dos filhotes das touceiras. O viveiro utilizado para o desenvolvimento das mudas (condução do experimento) era de cobertura de sombrite 50 %, utilizou-se um sistema de irrigação por aspersão onde as regas foram efetuadas duas vezes ao dia, uma pela manhã e outra à tarde.

As coletas foram efetuadas durante um período de 60 dias, sendo 3 coletas em intervalos quinzenais, aos 20, 35 e 50 dias após o plantio (DAP). Foram determinados o peso de matéria fresca e seca da folha + pecíolo e propágulo, e somente o peso de matéria fresca de raiz das plantas. 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 realizada em um scanner da marca Genius Color Page-CS com 300 dpi de resolução ótica. Os eixos radiculares foram dispostos sobre uma transparência com auxílio de pinça. Sobre as raízes foi colocado um fundo preto, com o objetivo de criar um melhor contraste com as raízes. As imagens obtidas foram salvas em formato BMP (bit map, Microsoft – Windows) e processadas no software SIARCS 3.0 (Embrapa-CNPDIA[®]). Foram quantificados os valores de área superficial radicular em centímetros quadrados (cm²) e o comprimento radicular total em metros (m) de raízes por amostra (Brasil, 2001). Também foram utilizados os valores da área e do comprimento específico (cm² g⁻¹ e m g⁻¹ de raízes), como indicadores da espessura ou do diâmetro radicular para efeito de comparação entre os diferentes tratamentos (Oliveira et al. 2000).

Após esta etapa foi retirada uma subamostra na quantidade de 0,5 g de raízes para avaliação da porcentagem de colonização. Para clarificação e coloração das raízes foram seguidos os métodos de Grace & Stribley (1991) e Koske & Gemma (1989). Na avaliação da porcentagem de colonização seguiu-se o método da interseção de quadrantes descrita em Giovanneti & Mosse (1980), adaptado a partir do método de medida de comprimento de raízes de Newman (1966).

As análises estatísticas dos dados foram submetidas aos testes de normalidade e homogeneidade de variância (testes de Lilliefors e Bartlett). A análise de variância (ANOVA) foi realizada pelo teste F (teste de Fisher), sendo depois realizada a comparação de médias pelo teste de Tukey. Os testes de normalidade e homogeneidade foram feitos através do programa estatístico SAEG, enquanto a análise de variância e o teste de média foram realizados no programa estatístico SISVAR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Matéria Fresca e Seca nas Partes da Planta

As mudas de mandioquinha-salsa aos 20 DAP apresentaram maior peso de matéria fresca e seca da folha + pecíolo no substrato 3, porém não havendo diferença estatística entre os substratos 1, 2 e 6 (Tabela 6). Nas Tabelas 28 e 29 do anexo, são apresentados os dados relativos à análise de variância para peso de matéria fresca e seca das três partes da planta (folha + pecíolo, propágulo e raiz) de mandioquinha-salsa aos 20 DAP. Pode-se observar que os melhores substratos para o desenvolvimento das plantas foram os que apresentaram em sua composição as maiores proporções de composto orgânico (40 % e 70 %), incluindo o substrato comercial (75 % e 100 %). Para peso de matéria fresca de raiz aos 20 DAP, o substrato 1 foi o melhor para o desenvolvimento radicular (Tabela 6). Provavelmente o substrato 1, substrato comercial que apresenta boas características de aeração, porosidade e menor densidade é o mais propício para o desenvolvimento de raízes tenras de hortaliças. Não foi observada significância para as variáveis peso de matéria fresca e seca de propágulo, sendo a maior média para estas variáveis observadas no substrato 2, o que provavelmente é devido a reserva de cada material (propágulo) utilizado, que neste primeiro momento ainda se mantém.

Tabela 6. Peso de matéria fresca e seca em g das partes da planta de mandioquinha-salsa aos 20 dias após o plantio. Médias de quatro repetições.

Substratos	MFFP	MFPR	MFR	MSFP	MSPR
1	3,34 ab**	14,88 a	3,25 a	0,33 ab	2,05 a
2	3,00 ab	15,19 a	2,31 b	0,33 ab	2,17 a
3	3,76 a	14,64 a	2,31 b	0,40 a	1,87 a
4	2,41 b	12,25 a	1,52 c	0,27 b	1,85 a
5	2,37 b	14,26 a	1,82 bc	0,28 b	2,03 a
6	3,25 ab	14,39 a	1,85 bc	0,34 ab	2,04 a

**Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1%.
Partes da planta: Matéria fresca da folha+pecíolo (MFFP), matéria fresca do propágulo (MFPR), matéria fresca da raiz (MFR), matéria seca da folha+pecíolo (MSFP), matéria seca do propágulo (MSPR). Substratos: substrato comercial (SC) (1), 75% SC + 25% areia (A) (2), 70% composto orgânico (CO) + 30% A (3), 27% solo argiloso (SA) + 27% CO + 46% A (4), 40% SA + 20% CO + 40% A (5), 20% SA + 40% CO + 40% A (6).

Aos 35 DAP, o peso de matéria fresca da folha + pecíolo foi maior no substrato 1, não diferindo estatisticamente dos substratos 3 e 6. Na mesma época, o peso de matéria seca da folha + pecíolo foi maior no substrato 1, diferindo estatisticamente somente do substrato 5 (Tabela 7). Para matéria seca de propágulo aos 35 DAP, observa-se um maior peso de massa no substrato 4, este diferindo estatisticamente apenas do substrato 1. Enquanto, o peso de matéria fresca de raiz na mesma época, foi maior no substrato 1, diferindo significativamente de todos os demais (Tabela 7), e anexo Tabelas 30 e 31.

Os dados de matéria fresca e seca nas partes da planta aos 50 DAP, apresentam-se na Tabela 8. Para peso de matéria fresca da folha + pecíolo e raiz, e matéria seca da folha + pecíolo, os maiores desenvolvimentos destas partes da planta foram observado no substrato 1, Tabelas 32 e 33 do anexo.

Em trabalho com milho Russomanno (1996) apud Costa et al. (2002), não obteve diferenças na matéria seca da parte aérea entre plantas inoculadas e não inoculadas. O que pode ocorrer, é que com a maior disponibilidade de nutriente, as plantas necessitam menos de micorrizas arbusculares e tendem a não aceitar, ou a não facilitar o desenvolvimento dos FMAs, evitando a competição por fotoassimilados entre os simbiontes (Graham & Eissenstat, 1994).

Os dados de matéria fresca e seca foram normais e homocedásticos nas três épocas avaliadas, somente para variável porcentagem de colonização foi necessária a transformação dos dados para se tornarem normais e homocedásticos, a transformação utilizada foi arcoseno $(x/100)^{1/2}$.

Tabela 7. Peso de matéria fresca e seca em g das partes da planta de mandioquinha-salsa aos 35 dias após o plantio. Médias de quatro repetições.

Substratos	MFFP	MFPR	MFR	MSFP	MSPR
	------(g)-----				
1	8,75 a**	13,24 a	3,51 a**	0,92 a**	1,41 b*
2	5,98 bc	12,94 a	2,40 b	0,67 ab	1,48 ab
3	8,49 ab	15,98 a	2,27 b	0,83 ab	1,78 ab
4	5,76 c	16,45 a	1,87 b	0,67 ab	1,97 a
5	5,41 c	13,92 a	2,09 b	0,62 b	1,72 ab
6	6,60 abc	15,13 a	2,16 b	0,73 ab	1,84 ab

**Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1%.

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Partes da planta: Matéria fresca da folha+pecíolo (MFFP), matéria fresca do propágulo (MFPR), matéria fresca da raiz (MFR), matéria seca da folha+pecíolo (MSFP), matéria seca do propágulo (MSPR).

Substratos: substrato comercial (SC) (1), 75% SC + 25% areia (A) (2), 70% composto orgânico (CO) + 30% A (3), 27% solo argiloso (SA) + 27% CO + 46% A (4), 40% SA + 20% CO + 40% A (5), 20% SA + 40% CO + 40% A (6).

Tabela 8. Peso de matéria fresca e seca em g das partes da planta de mandioquinha-salsa aos 50 dias após o plantio. Médias de quatro repetições.

Substratos	MFFP	MFPR	MFR	MSFP	MSPR
	------(g)-----				
1	11,50 a**	14,25 a	3,41 a**	1,30 a*	1,43 a
2	8,85 abc	14,36 a	3,14 ab	1,06 ab	1,58 a
3	10,86 ab	14,32 a	2,61 b	1,08 ab	1,63 a
4	7,44 c	14,08 a	2,64 b	0,92 b	1,69 a
5	8,03 bc	15,76 a	2,91 ab	0,98 ab	1,88 a
6	8,38 abc	15,15 a	2,52 b	1,02 ab	1,76 a

**Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1%.

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Partes da planta: Matéria fresca da folha+pecíolo (MFFP), matéria fresca do propágulo (MFPR), matéria fresca da raiz (MFR), matéria seca da folha+pecíolo (MSFP), matéria seca do propágulo (MSPR).

Substratos: substrato comercial (SC) (1), 75% SC + 25% areia (A) (2), 70% composto orgânico (CO) + 30% A (3), 27% solo argiloso (SA) + 27% CO + 46% A (4), 40% SA + 20% CO + 40% A (5), 20% SA + 40% CO + 40% A (6).

3.2 Colonização Radicular

Para colonização radicular das plantas de mandioquinha-salsa foi observada apenas diferença entre os tipos de substratos aos 20 DAP (Figura 2) e Tabela 34 do anexo, sendo o substrato 6 o que proporcionou a maior porcentagem de colonização das raízes, não diferindo estatisticamente dos substratos 2, 3, 4 e 5. As menores médias apresentadas pelos substratos 3, 2 e 1 na primeira coleta (Figura 2) provavelmente são devidas à alta quantidade de matéria orgânica presente nestes substratos, que de acordo com Silva et al. (2001), o não-efeito da micorriza, associada ao substrato comercial, pode ser devido ao alto teor de fósforo disponível neste substrato. Saggin Júnior & Lovato (1999), afirmam que o uso de substratos com grandes proporções de matéria orgânica, ou de matéria orgânica com grande quantidade de nutrientes pode inibir a colonização micorrizica e diminuir a resposta à inoculação.

Provavelmente o alto teor de P nos substratos possa ter contribuído para os baixos resultados de colonização radicular encontrados neste trabalho. Paron et al. (1997), observaram que embora a aplicação de P tenha elevado os teores de P na planta e aumentado seu crescimento, o fedegoso respondeu muito pouco à inoculação com *Glomus etunicatum* e, como os teores de P na massa seca não foram aumentados, os aumentos nos teores de enxofre poderiam explicar os efeitos da inoculação.

Fungos micorrízicos colonizam o sistema radicular da maioria das plantas, e um dos benefícios mais relatados tem sido a maior absorção de fósforo pelas plantas micorrizadas (Hodge et al., 2000; Prasad et al., 2000). Entretanto, essa absorção tem sido relacionada às propriedades morfológicas das raízes da planta hospedeira (Karagiannidis & Nikolaou, 1999).

Aos 50 DAP, foi observada diferença estatística significativa na porcentagem de colonização radicular onde os tratamentos com a inoculação de *Glomus clarum* apresentaram as maiores médias (Figura 3) e Tabela 36 do anexo, contudo essa porcentagem é relativamente baixa. Um provável motivo pelo qual a porcentagem de colonização apresentou-se baixa foi devido ao efeito de diluição, onde o fungo não consegue acompanhar o rápido crescimento radicular nesta fase em que as plantas passam pelo viveiro de mudas, além disso, também pode ter sido devido à quantidade de reserva encontrada nestas mudas fazendo com que estas plantas inicialmente não necessitem da associação com os fungos micorrízicos arbusculares. A presença da infecção micorrizica nos tratamentos sem fungo (controle), pode ter sido devido ao fato da presença de fungos indígenas uma vez que os substratos não passaram por um processo de esterilização, a fim de se tentar aproximar o máximo possível das condições de produção dos agricultores. Porém, posteriormente, Martins et al. (2004), descobriram que os filhotes ou rebentos (propágulos) de mandioquinha-salsa carregam propágulos de espécies de FMAs eficientes para a cultura.

Talvez o benefício dos FMAs para cultura de mandioquinha-salsa não seja evidenciado durante o período de pré-enraizamento, provavelmente devido este período (45 a 60 dias) ser curto para um satisfatório estabelecimento da infecção. Ao passo que como os filhotes de mandioquinha-salsa carregam naturalmente os propágulos de FMAs, a associação poderá apresentar uma melhor resposta e estabelecimento da infecção depois do transplante, devido às plantas permanecerem por um maior período (10 a 12 meses) no campo.

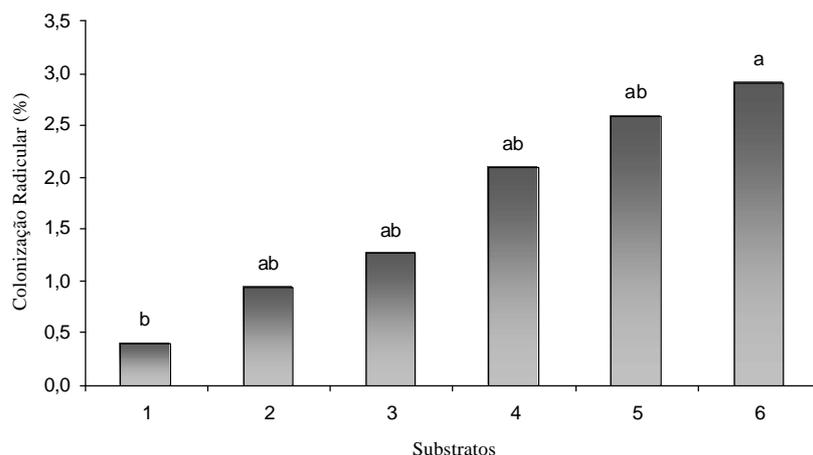


Figura 2. Colonização das raízes de mandioquinha-salsa aos 20 DAP em seis substratos: substrato comercial (SC) (1), 75 % SC + 25 % areia (A) (2), 70 % composto orgânico (CO) + 30 % A (3), 27 % solo argiloso (SA) + 27 % CO + 46 % A (4), 40 % SA + 20 % CO + 40 % A (5), 20 % SA + 40 % CO + 40 % A (6). Médias de 4 repetições. Significativo pelo teste de Tukey a 5%.

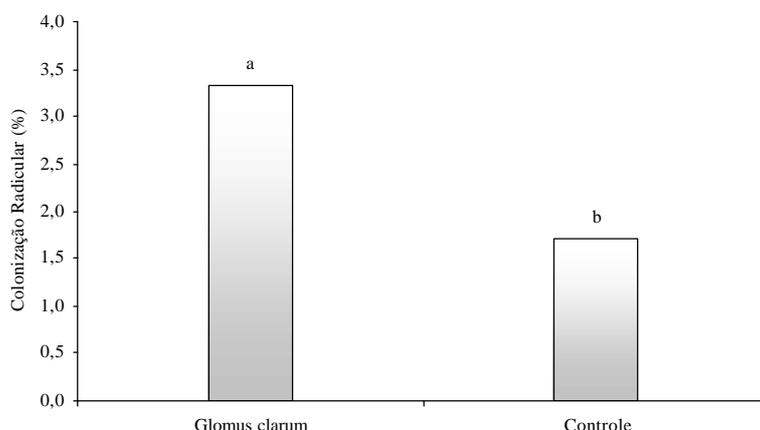


Figura 3. Colonização das raízes de mandioquinha-salsa aos 50 DAP médias dos seis substratos. Médias de 4 repetições. Significativo pelo teste de Tukey a 1%.

3.3 Área e Comprimento Radicular e Área Radicular Específica e Comprimento Radicular Específico

Para área e comprimento radicular aos 20 DAP, o substrato 3 é o que se destaca com a maior média (Tabela 9) e Tabela 37 do anexo. Este substrato tem em sua composição 70 % de composto orgânico e 30 % de areia, deixando claro que para o crescimento das raízes ele atende tanto na sua forma física como química, pois devido à matéria orgânica seu teor em nutrientes é elevado. Câmara (1992), trabalhando com diferentes misturas de areia, vermiculita e terra para formulação de substratos e

diferentes concentrações de ácido indol-butírico (IBA), observou que não houveram diferenças quanto ao enraizamento nas diferentes formulações, recomendando quaisquer dos substratos estudados, sem a utilização de IBA, para o enraizamento prévio dos propágulos de mandioquinha-salsa.

A área radicular específica foi maior nos tratamentos 3 e 4 que foram superiores ao tratamento 1. O comprimento radicular específico foi maior nos tratamentos 3, 4 e 6 que foram superiores ao tratamento 1 (Tabela 10) e Tabela 38 do anexo. Um maior comprimento radicular específico pode ser um indicativo neste estudo, de uma melhor exploração do substrato. Os substratos com maiores quantidades de composto orgânico foram os que apresentaram maiores comprimentos de raízes aos 20 DAP. A matéria orgânica é o principal agente cimentante para a agregação das partículas do solo, melhorando as condições físicas do solo e também de substratos, tornando-os mais aerados (macro e microporos) favorecendo com isso a sua drenagem, além do fornecimento de nutrientes pela decomposição da matéria orgânica para as plantas. Porém isso pode influenciar direta ou indiretamente no desenvolvimento e eficiência das micorrizas.

Na Tabela 11, pode-se observar que o tratamento controle apresentou uma maior área radicular específica, assim como o comprimento radicular específico, aos 20 DAP. Os mesmos resultados foram obtidos por (Matos, 2000), com bananeiras, onde as mudas não inoculadas apresentaram maior área e comprimento radicular do que as mudas inoculadas, podendo este fato indicar um menor investimento da planta micorrizada no sistema radicular.

Hetrick et al. (1990), verificaram que gramíneas (de verão) não micorrizadas apresentaram maiores comprimentos radiculares específicos quando comparadas a gramíneas micorrizadas. Segundo os autores a simbiose reduz uma parte do total de energia que pode ser alocada para as raízes em plantas altamente dependentes dos fungos micorrízicos. O comprimento radicular específico é a razão do comprimento da raiz e o peso da raiz seca, e sua precisão reflete mudanças no diâmetro da raiz. Maiores comprimentos radiculares específicos são comuns em plantas jovens ou plantas crescendo em solos com menor fertilidade (Fitter, 1985). Em estudos com algodão, os isolados de fungos micorrízicos mais eficientes causaram as maiores reduções de comprimento radicular específico (Price et al., 1989).

Tabela 9. Área (cm²) e comprimento (cm) radicular das plantas de mandioquinha-salsa, cultivada em seis substratos aos 20 DAP. Médias de quatro repetições.

Substratos	Área radicular ------(cm ²)-----	Comprimento radicular ------(cm)-----
1	26,07 ab**	687,82 ab
2	22,50 ab	598,20 abc
3	28,80 a	714,54 a
4	18,54 b	468,43 c
5	20,54 ab	509,00 bc
6	18,41 b	546,76 abc

**Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1%.

Substratos: substrato comercial (SC) (1), 75% SC + 25% areia (A) (2), 70% composto orgânico (CO) + 30% A (3), 27% solo argiloso (SA) + 27% CO + 46% A (4), 40% SA + 20% CO + 40% A (5), 20% SA + 40% CO + 40% A (6).

Tabela 10. Área radicular específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) e comprimento radicular específico (cm g^{-1}) das plantas de mandioquinha-salsa, cultivada em seis substratos, aos 20 DAP. Médias de quatro repetições.

Substratos	Área radicular específica	Comprimento radicular específico
	-----($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)-----	-----(cm g^{-1})-----
1	8,54 b*	221,06 b**
2	10,28 ab	268,53 ab
3	12,40 a	310,46 a
4	12,57 a	314,84 a
5	11,21 ab	282,44 ab
6	10,64 ab	306,22 a

**Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1%.

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Substratos: substrato comercial (SC) (1), 75% SC + 25% areia (A) (2), 70% composto orgânico (CO) + 30% A (3), 27% solo argiloso (SA) + 27% CO + 46% A (4), 40% SA + 20% CO + 40% A (5), 20% SA + 40% CO + 40% A (6).

Tabela 11. Área radicular específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) e comprimento radicular específico (cm g^{-1}) das plantas de mandioquinha-salsa aos 20 DAP. Médias de quatro repetições.

Tratamentos	Área radicular específica	Comprimento radicular específico
	-----($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)-----	-----(cm g^{-1})-----
<i>Glomus clarum</i>	9,78 b**	264,36 b*
Controle	12,10 a	303,49 a

**Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1%.

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Aos 35 DAP, a área e o comprimento radicular das plantas de mandioquinha-salsa foram maiores no substrato 1 (Tabela 12). Neste mesmo período o comprimento radicular apresentou-se maior nos tratamentos não-inoculados (controle), diferindo estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % do tratamento inoculado com a espécie *G. clarum* (Tabela 13) e Tabela 39 do anexo. Para área radicular não foi observada diferença entre os dois tratamentos.

Observou-se na Tabela 14, que a maior área radicular específica aos 35 DAP, ocorreu no substrato 6, porém, este não diferiu estatisticamente dos substratos 2, 4 e 5. O comprimento radicular específico apresentou-se maior também no substrato 6, porém esta variável diferiu somente do substrato 1 (Tabela 14) e Tabela 40 do anexo.

Alguns trabalhos mostraram que a inoculação com fungos micorrízicos aumentam a produção de raízes (Hodge et al., 2000), e o peso total de raízes (Mane et al., 1993; Hernandez & Cardenas, 1994) e o comprimento das raízes (Isopi et al., 1995). Berta et al. (1990) verificaram que em *Allium porrum* a inoculação de fungos micorrízicos aumentou o número de raízes adventícias, mas reduziu o seu tamanho em

relação às plantas não micorrizadas. Além disso, as raízes micorrizadas tornaram-se mais ramificadas.

Tabela 12. Área (cm²) e comprimento (cm) radicular das plantas de mandioquinha-salsa, cultivada em seis substratos, aos 35 DAP. Médias de quatro repetições.

Substratos	Área radicular	Comprimento radicular
	------(cm ²)-----	------(cm)-----
1	52,48 a**	1545,70 a
2	38,75 b	1204,64 ab
3	34,67 b	1139,29 b
4	31,79 b	924,98 b
5	34,23 b	983,26 b
6	40,70 ab	1172,10 b

**Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1%.

Substratos: substrato comercial (SC) (1), 75% SC + 25% areia (A) (2), 70% composto orgânico (CO) + 30% A (3), 27% solo argiloso (SA) + 27% CO + 46% A (4), 40% SA + 20% CO + 40% A (5), 20% SA + 40% CO + 40% A (6).

Tabela 13. Área (cm²) e comprimento (cm) radicular das plantas de mandioquinha-salsa aos 35 DAP. Médias de quatro repetições.

Tratamentos	Área radicular	Comprimento radicular
	------(cm ²)-----	------(cm)-----
<i>Glomus clarum</i>	38,67 a	1108,49 b*
Controle	38,87 a	1214,84 a

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 14. Área específica (cm² g⁻¹) e comprimento específico (cm g⁻¹) radicular das plantas de mandioquinha-salsa, cultivada em seis substratos, aos 35 DAP. Médias de quatro repetições.

Substratos	Área radicular específica	Comprimento radicular específico
	------(cm ² g ⁻¹)-----	------(cm g ⁻¹)-----
1	15,15 b**	446,26 b
2	16,25 ab	506,67 ab
3	15,47 b	503,37 ab
4	17,04 ab	493,07 ab
5	16,32 ab	475,79 ab
6	19,09 a	550,54 a

**Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1%.

Substratos: substrato comercial (SC) (1), 75% SC + 25% areia (A) (2), 70% composto orgânico (CO) + 30% A (3), 27% solo argiloso (SA) + 27% CO + 46% A (4), 40% SA + 20% CO + 40% A (5), 20% SA + 40% CO + 40% A (6).

Os resultados de área e comprimento radicular aos 50 DAP, foram significativos pelo teste de Tukey a 1% e a 5%, respectivamente (Tabela 15) e Tabela 41 do anexo.

Ambos apresentaram maiores valores no substrato 1, sendo superiores aos tratamentos 3 e 6 e equivalendo-se aos demais. Isto pode indicar que neste momento as plantas deste substrato apresentaram um maior desenvolvimento de suas raízes. O comprimento total das raízes é estimulado pelo fósforo (Elwan, 1993) enquanto a colonização radicular por comprimento de raiz pode ou não ser influenciada pelo fósforo (Thomson et al., 1990). Esse aumento no comprimento total das raízes pode estar relacionado ao aumento do número de ápices produzidos por unidade de comprimento das raízes e/ou ao aumento da extensão desses ápices (Bruce et al., 1994). Os efeitos da inoculação de fungos micorrízicos e da aplicação de fósforo sobre a morfologia do sistema radicular e o teor de fósforo na planta ainda é pouco estudado.

Não foi observada diferença significativa para área específica e comprimento radicular específico, Tabela 42 do anexo.

A adição de matéria orgânica na composição de substratos pode ser muito importante, pelas suas características físicas e químicas proporcionando um bom enraizamento e desenvolvimento para o sistema radicular das plantas, principalmente durante a fase de viveiro (formação de mudas). Porém, para mandioquinha-salsa talvez não se faça necessário durante a fase de pré-enraizamento a utilização de uma composição de substrato que tenha mais que 50 % de composto orgânico, pois provavelmente devido à reserva dos filhotes durante esta fase inicial as mudas não precisem dos nutrientes presentes no substrato. Foi verificado em outros ensaios, onde os propágulos de mandioquinha-salsa foram pré-enraizados em areia (capítulo III), que os mesmos apresentaram um bom desenvolvimento radicular, não havendo nenhum problema com o desenvolvimento das mudas após o transplântio que fosse devido à formação da muda.

Tabela 15. Área (cm²) e comprimento (cm) radicular das plantas de mandioquinha-salsa, cultivada em seis substratos, aos 50 dias após o plantio. Médias de quatro repetições.

Substratos	Área radicular ------(cm ²)-----	Comprimento radicular ------(cm)-----
1	67,20 a*	2356,16 a**
2	58,17 ab	2120,07 ab
3	50,84 b	1705,60 b
4	53,30 ab	1894,12 ab
5	56,54 ab	1973,21 ab
6	52,71 b	1725,83 b

**Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1%.

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Substratos: substrato comercial (SC) (1), 75% SC + 25% areia (A) (2), 70% composto orgânico (CO) + 30% A (3), 27% solo argiloso (SA) + 27% CO + 46% A (4), 40% SA + 20% CO + 40% A (5), 20% SA + 40% CO + 40% A (6).

4. CONCLUSÕES

De forma geral os melhores desenvolvimentos das mudas de mandioquinha-salsa foram observados nos substratos com uma maior proporção de composto orgânico e que apresentavam alta fertilidade.

Entre os substratos testados todos podem ser utilizados para o pré-enraizamento de mudas de mandioquinha-salsa, não houve limitação para o seu desenvolvimento.

Durante o período de pré-enraizamento de mudas de mandioquinha-salsa não há necessidade de substratos com elevada fertilidade.

Não se verificou benefício no estabelecimento da infecção no período de pré-enraizamento das mudas.

Na fase de pré-enraizamento de filhotes de mandioquinha-salsa, não se faz necessário a inoculação com espécies de FMAs.

A inoculação com a espécie *Glomus clarum* não contribuiu com o aumento de matéria seca em nenhuma das partes da planta (folha + pecíolo, propágulo e raiz).

No tratamento não-inoculado (controle) observou-se maior área radicular específica e comprimento radicular específico, em mudas de mandioquinha-salsa.

CAPÍTULO III

INOCULAÇÃO COM MISTURAS DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM PLANTAS DE MANDIOQUINHA-SALSA EM DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no desenvolvimento e no estado nutricional de plantas de mandioquinha-salsa, assim como tentar a multiplicação dos FMAs carregados pela mandioquinha-salsa, através dos propágulos (filhotes) da planta. Os dois experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na UFRRJ, o primeiro com delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas. As parcelas foram os tratamentos de inoculação (controle, FMAs nativos, FMAs da coleção da Embrapa Agrobiologia), as subparcelas constituíram-se uma testemunha (ausência de P) e quatro doses de superfosfato simples (15, 40, 100 e 240 mg P kg⁻¹ de solo). O substrato constituiu-se de solo argiloso, areia e composto orgânico, esterilizado com Basamid, menos a areia que foi autoclavada. A variedade usada foi Amarela de Carandaí (AC). O delineamento do segundo experimento (multiplicação de FMAs), foi de blocos ao acaso com quatro repetições, formando um fatorial de 2x2x2x4 (2 locais, 2 variedades de mandioquinha-salsa; AC e Amarela de Senador Amaral, com e sem braquiária como planta companheira). No primeiro experimento, observou-se que não houve resposta dos tratamentos de inoculação na altura das plantas, tanto a falta de P quanto à dose mais alta de P limitaram o desenvolvimento das plantas de mandioquinha-salsa. Os maiores teores de nitrogênio e fósforo nas plantas foram obtidos com as espécies de FMAs da coleção da Embrapa (*Glomus clarum*, *G. etunicatum* e *Gigaspora margarita*). Neste ensaio os FMAs nativos mostraram ser menos eficiente quanto ao crescimento das plantas, ficou evidente que propágulos de mandioquinha-salsa carregam FMAs eficientes para a cultura. No segundo experimento verificou-se baixa multiplicação de FMAs. Plantas da variedade Amarela comum apresentaram maior porcentagem de colonização radicular. Independente da variedade, quando consorciadas com braquiária maior foi a porcentagem de colonização, entretanto, não foi verificado diferença significativa para porcentagem de infecção radicular entre FMAs das duas procedências, Nova Friburgo-RJ e Canoinhas-SC. Foram identificadas dez espécies de FMAs no solo rizosférico da região de Nova Friburgo-RJ, e seis espécies de FMAs no solo rizosférico das plantas provenientes de Canoinhas-SC, contudo, nas duas regiões só observou-se os gêneros *Acaulospora* e *Glomus*.

Palavras chave: batata baroa, microrganismos do solo, fósforo

ABSTRACT

This study had as objective to evaluate the efficiency of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the development and nutritional status of Peruvian carrot, as well as to test multiplication through the seedlings of Peruvian carrot carrying AMF to the crop. Two experiments were installed in a greenhouse in UFRRJ, the first had a random blocks with split plot experimental design, where the plots were the inoculation treatments (control, native AMF, and AMF from the Embrapa Agrobiologia collection), and the split plot was constituted by a control (absence of P) and four levels of superphosphate (15, 40, 100 and 240 mg P soil kg⁻¹). The substrate was constituted of loamy soil, sand and organic compost, all sterilized with Basamid, except for the sand that was autoclaved. The variety used was the 'Amarela de Carandaí' (AC). The second experiment (multiplication of AMF) had a random blocks design with four repetitions, forming a factorial of 2x2x2x4 (2 places, 2 Peruvian carrot varieties, with and without braquiaria and four repetitions). In the first experiment, there was no response of the inoculation treatments in the plants height. Both, lacking of P and the highest dose of P limited the Peruvian carrot plants development. The highest levels of nitrogen and phosphorus in the plants were obtained with the species of AMF from the Embrapa collection (*Glomus clarum*, *G. etunicatum* and *Gigaspora margarita*). In the experiment the native AMF showed to be less efficient in terms of the plant growth, it was evident that Peruvian carrot seedlings carry efficient AMF for the crop. In the second experiment a low AMF multiplication was observed. Plants of the 'Amarela Comum' variety presented highest percentage of radicular colonization. Independently of the variety, when associated with braquiaria grass, there was a higher percentage of colonization; however, there was no significant difference for percentage of radicular infection among the AMF from the two areas, Nova Friburgo-RJ and Canoinhas-SC. Ten species of AMF were identified in the rhizospheric soil of the Nova Friburgo-RJ area, and six species of AMF in the rhizospheric soil from plants of Canoinhas-SC, however, in the two areas only the genera *Acaulospora* and *Glomus* were observed.

Key words: arracacha, soil microorganisms, phosphorus.

1. INTRODUÇÃO

As plantas de mandioquinha-salsa apresentam um ciclo considerado longo, de 12 meses para a cultivar Amarela comum ou Amarela de Carandaí, porém em novas variedades como a Amarela de Senador Amaral, este ciclo é reduzido para 8 a 10 meses, dependendo das condições de cultivo. Devido à rusticidade desta hortaliça os produtores não utilizam tratos culturais necessários principalmente na fase de mudas, que ocasionaria um melhor estabelecimento das plantas em campo, evitando perdas que ocorrem nas principais regiões produtoras do país, onde segundo Santos & Carmo (1998b) estas ocorrem nos plantios comerciais com perdas de produção devido ao florescimento, chegando, em alguns casos, a causar reduções expressivas na produtividade.

O papel potencial das micorrizas arbusculares na eficiência de aquisição de nutrientes, tem sido considerado uma estratégia em relação ao aumento na eficiência de absorção de nutrientes, como principalmente P, Zn e Cu, particularmente através de um benefício adicional dos efeitos da colonização das raízes por fungos micorrízicos arbusculares (Marschner, 1997). FMAs são reconhecidos pelo benefício considerável que promovem à planta hospedeira, especialmente onde a disponibilidade de nutrientes é baixa. Os FMAs podem ocasionar aumento no crescimento da planta, devido à melhoria proporcionada ao seu estado nutricional, particularmente em solos de baixa fertilidade (Goh et al., 1997).

Um dos fatores que influencia a simbiose é o conteúdo de fósforo no tecido da planta, devido principalmente a concentração de P na solução do solo, onde geralmente ocorre inibição da associação quando em condições de elevado P, ao passo que em condições de baixo P ocorre o seu favorecimento. O principal benefício das micorrizas é o aumento de volume de solo explorado para absorção de nutrientes e a melhoria na eficiência da absorção de nutrientes da solução do solo (Sieverding, 1991). Entretanto, os fungos micorrízicos arbusculares não apresentam especificidade quanto ao seu hospedeiro, onde se incluem várias espécies dentre as hortícolas, frutíferas, ornamentais e arbóreas.

Dentre os macronutrientes, destacam-se o N, P e K como sendo os nutrientes mais exportados pela maioria das culturas. O nitrogênio tem a função de estimular a formação e o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas, maior vegetação e perfilhamento, e aumenta o teor de proteína; o fósforo acelera a formação de raízes, aumenta a frutificação, acelera a maturação dos frutos, aumentam o teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas, ajuda a fixação simbiótica de nitrogênio; o potássio estimula a vegetação e o perfilhamento (gramíneas), aumenta o teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas, estimula o enchimento de grãos, diminuindo o chochamento, promove armazenamento de açúcar e amido, ajuda a fixação simbiótica de nitrogênio, aumenta a utilização de água, aumenta a resistência a secas, geadas, pragas e moléstias (Malavolta et al., 1997).

Silva et al. (1966), realizaram um dos primeiros trabalhos estudando os efeitos da adubação de N P K na cultura de mandioquinha-salsa e, constataram que somente o efeito do fósforo foi altamente significativo, onde somente este nutriente proporcionou aumento substancial na colheita de raízes, contudo das três doses de fósforo utilizadas (0, 80 e 160 kg ha⁻¹), as respostas às doses de 80 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram iguais.

Lima et al. (1985), determinaram o acúmulo de matéria seca e de macro e micronutrientes em plantas de mandioquinha-salsa colhidas aos 9, 10, 11 e 12 meses após o plantio. O maior acúmulo de matéria seca e teor de nutrientes foi aos 11 meses de ciclo, com a seguinte ordem em função dos órgãos: raiz > propágulo > parte aérea > cepa. Para os macronutrientes, considerando a planta toda, observou-se a ordem decrescente: K > N > P > Mg > Ca e para os micronutrientes Fe > Zn > Mn > Cu. Em relação à distribuição na planta, verificou-se que as maiores quantidades de N, P, K e Zn estavam presentes nos propágulos; Ca, Mg, Cu e Mn nas raízes e Fe na parte aérea.

O efeito da omissão de nutrientes no desenvolvimento da mandioquinha-salsa, segundo Câmara (1990), refletiu-se em variações da produção de matéria seca, em função da parte da planta, de modo específico, sempre nos órgão de reserva (raízes, cepas e propágulos). De acordo com o autor, na omissão de N, o teor nas plantas reduziu-se nas folhas e nas raízes, também ocorreu redução do teor de N nas folhas na omissão de P, e nas raízes na omissão de K. Já os teores de P foram reduzidos apenas na omissão do próprio nutriente, em todos os órgãos das plantas de forma drástica. A falta de K, bem como Ca, Mg e B, foram os fatores que causaram maior número de alterações nos teores dos demais nutrientes.

Em trabalho realizado por Portz (2001), onde foram avaliados os teores de extração de nutrientes na planta de mandioquinha-salsa e a produção de raízes comerciais em função de doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio, nas condições de um Nitossolo na região de Nova Friburgo, verificou-se aos sete meses de ciclo da cultura na planta inteira maior extração dos macronutrientes K, S, N, Ca, P e Mg em kg ha⁻¹ (ordem decrescente) e dos micronutrientes Fe, Mn, Zn e Cu em kg ha⁻¹ também em ordem decrescente, não sendo observadas respostas à aplicação de doses crescentes de fósforo e potássio. Quanto ao nitrogênio houve resposta negativa com tendência de queda da produção com o aumento das doses aplicadas.

Os FMAs apresentam como propágulos infectivos: esporos, micélios extra radiculares (hifas) e/ou pedaços de raízes colonizadas (esporos no interior das raízes). O potencial infectivo de um solo, ou a capacidade dos propágulos fúngicos de um solo infectarem as raízes das plantas, pode estar relacionado com a densidade de esporos presentes, quando não houver outros propágulos viáveis (Caproni, 2001). Portanto segundo a autora, apesar da densidade dos esporos por espécie não indicar o valor do potencial de infectividade do solo, este pode ser usado como uma indicação da população dos FMAs, nos ecossistemas.

Em trabalho de diversidade de FMAs associados com espécies de pteridófitas da floresta Atlântica, Grippa et al. (2004), observaram 27 morfotipos recuperados da rizosfera das pteridófitas, dos quais 15 identificados em nível de espécie, onde as famílias mais representativas foram Acaulosporaceae e Glomaceae. *Glomus clarum* foi o esporulador predominante nas culturas armadilhas de solo de *Cyathea corcovadensis* e *Diplazium riedelianum*.

A importância das associações micorrízicas no crescimento, desenvolvimento e nutrição das plantas tem sido enfatizada em várias revisões (Lopes et al., 1983; Marschner, 1997; Moreira & Siqueira, 2002b). Nesta associação simbiótica mutualista, muitos fatores estão envolvidos e, dentre estes, o teor de fósforo no substrato de cultivo é fator condicionador para o estabelecimento e funcionalidade do processo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no desenvolvimento e no estado nutricional de plantas de mandioquinha-salsa. Como também verificar a multiplicação de FMAs nativos eficientes para a cultura utilizando-se em consórcio com a mandioquinha-salsa a *Brachiaria decumbens*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Experimento 1: Inoculação com Misturas de FMAs em Plantas de Mandioquinha-Salsa

O experimento foi instalado em casa de vegetação no campo experimental do Departamento de Solos - IA da UFRRJ, em junho de 2003. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com parcela subdividida, cada bloco constou de três tratamentos (parcelas), um com mistura de fungos micorrízicos nativos composto das seguintes espécies: *Acaulospora mellea*, *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora denticulata*, *Glomus etunicatum*, *Glomus macrocarpum*, *Gigaspora sp.* e *Scutellospora sp.*, oriundos da região de Nova Friburgo coletados em rizosfera de mandioquinha-salsa e multiplicados em potes armadilha, outro com mistura de FMAs da coleção da *Embrapa Agrobiologia* com as espécies *Glomus clarum* acesso 5 código (CNPAB 005), *Glomus etunicatum* acesso 48 código (inóculo 122) e *Gigaspora margarita* acesso 1 código (CNPAB 001) e um tratamento controle. De acordo com a identificação das espécies de fungos nativos o *Glomus etunicatum* foi o mais encontrado. As subparcelas constituem-se de uma testemunha (ausência de P) e 4 doses de fósforo (15, 40, 100 e 240 mg P kg⁻¹ de solo), que foram definidas baseadas na determinação do fósforo remanescente (Alvarez et al., 1983). Verificou-se em água (extrator), por leitura em cromatografia iônica que os respectivos valores de P na solução do substrato foram 0,18; 0,32; 0,58; 2,49 e 12,12 mg L⁻¹. A forma de fósforo utilizada foi superfosfato simples aplicado ao substrato (50 % de solo argiloso de baixa fertilidade e 50 % de areia) duas semanas antes do plantio do experimento. Após um mês iniciou-se a aplicação dos demais nutrientes em solução (fertilirrigação) em intervalos quinzenais de acordo com o desenvolvimento da cultura.

O solo utilizado, possuía as seguintes características químicas: pH em água (1:2,5) = 5,7; Al⁺³ = 0,2 cmol_c dm⁻³; H + Al = 3,5 cmol_c dm⁻³; Mg⁺² = 1,5 cmol_c dm⁻³; Ca⁺² = 2,3 cmol_c dm⁻³; Na⁺ = 0,17 cmol_c dm⁻³; P = 4 mg dm⁻³; K = 46 mg dm⁻³; C = 10,0 g Kg⁻¹.

O substrato utilizado apresentou as seguintes características químicas: pH em água (1:2,5) = 6,1; Al⁺³ = 0,0 cmol_c dm⁻³; H + Al = 6,8 cmol_c dm⁻³; Mg⁺² = 1,4 cmol_c dm⁻³; Ca⁺² = 2,5 cmol_c dm⁻³; Na⁺ = 0,17 cmol_c dm⁻³; P = 13 mg dm⁻³; K = 67 mg dm⁻³; C = 5,0 g Kg⁻¹. As análises tanto do solo como do substrato foram feitas segundo método da Embrapa (1999).

A variedade usada foi Amarela de Carandaí cultivada na região de Nova Friburgo. Em maio de 2003 foram realizados a seleção e o preparo das mudas que consistiu em limpeza e corte em bisel do propágulo (com lavagem em água corrente), seguindo-se de uma desinfecção com hipoclorito de sódio a 10 % durante 15 minutos. Posteriormente foi efetuado o pré-enraizamento das mudas em areia autoclavada duas vezes (temperatura = 120°C, pressão = 1 manômetro – kgf cm², tempo = 1 hora), durante o período de um mês. Em seguida as mudas foram transplantadas para baldes de 8 L, com substrato contendo 50 % de solo de baixa fertilidade esterilizado com Basamid (fumigante de solo, cujo princípio ativo é Dazomet) e 50 % de areia autoclavada. No ato do transplantio foi realizado a inoculação com os esporos em suspensão contendo aproximadamente 200 esporos por planta, de acordo com cada tratamento. De acordo com a necessidade diária das plantas, efetuaram-se as regas individualmente em cada balde, na tentativa de se evitar algum tipo de contaminação.

Foi avaliada altura de planta e número de folhas a cada período de 15 dias, até os 90 dias após o plantio (DAP). Foram determinados peso de matéria fresca e seca e os teores de nutrientes de cada parte de planta (FP: folhas + pecíolos; PR: propágulo; R: raiz) aos 6 meses após o plantio. O método utilizado para avaliar os teores de nutrientes N, P, K, foi Tedesco et al., (1995). A clarificação e coloração das raízes seguiram os métodos segundo Grace & Stribley (1991) e Koske & Gemma (1989). A porcentagem de colonização foi determinada de acordo com o método da interseção de quadrantes descrita em Giovannetti & Mosse (1981), adaptado a partir do método de medida de comprimento de raízes de Newman (1966).

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade de variância (testes de Lilliefors & Bartlett). A análise de variância (ANOVA) foi realizada pelo teste F (Fisher), sendo posteriormente realizado o teste de média (teste de Tukey) para a variável independente qualitativa (inoculação de FMAs). Quando se observou significância para variável independente quantitativa (doses de fósforo), foi utilizada a análise de regressão selecionando qual melhor ajuste para as equações. Os programas estatísticos utilizados foram: SAEG para os testes de normalidade e homogeneidade, e SISVAR para as análises de variância, teste de média (Tukey) e regressão.

2.2 Experimento 2: Multiplicação de FMAs em Consórcio de Mandioquinha-Salsa e *Brachiaria decumbens*

O experimento foi instalado em casa de vegetação no Departamento de Solos da UFRRJ, em maio de 2004. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, cujo tratamentos foram: duas variedades de plantas de mandioquinha-salsa (clones: Amarela de Carandaí e Amarela de Senador Amaral); oriundas de dois locais (Nova Friburgo no Rio de Janeiro, região sudeste do Brasil e Canoinhas em Santa Catarina região sul do Brasil); com e sem *Brachiaria decumbens*; com quatro repetições; constituindo um fatorial de 2 x 2 x 2 x 4. A parcela experimental foi constituída de uma planta por vaso.

A análise do substrato com as características químicas antes de ser autoclavado foi a seguinte: pH em água (1:2,5) = 5,3; $Al^{+3} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $H + Al = 0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Mg^{+2} = 1,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Ca^{+2} = 2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Na^+ = 0,12 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $P = 31 \text{ mg dm}^{-3}$; $K = 135 \text{ mg dm}^{-3}$; $C = 12,0 \text{ g Kg}^{-1}$. Após ser autoclavado a análise do substrato revelou as seguintes características químicas: pH em água (1:2,5) = 6,3; $Al^{+3} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $H + Al = 0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Mg^{+2} = 1,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Ca^{+2} = 1,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Na^+ = 0,12 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $P = 22 \text{ mg dm}^{-3}$; $K = 79 \text{ mg dm}^{-3}$; $C = 11,0 \text{ g Kg}^{-1}$.

Utilizaram-se vasos de 8 litros que foram pintados com tinta cor de alumínio, com objetivo de refletir a luz e diminuir a temperatura do substrato. O substrato foi composto de (40 % de solo argiloso, 50 % de areia lavada e 10 % de composto orgânico – com material vegetal e esterco bovino), as partes do substrato foram autoclavadas (temperatura = 120°C, pressão = 1 manômetro – kgf cm^2 , tempo = 1 hora) separadamente duas vezes, garantindo a isenção de qualquer propágulo de fungos micorrízicos arbusculares.

As mudas de mandioquinha-salsa foram cortadas em bisel, lavadas e desinfectadas superficialmente com hipoclorito de sódio a 10 % durante 15 minutos, depois de tratadas ficaram em local arejado até secarem. As mudas foram pré-enraizadas durante um período de 35 dias, sendo depois transplantadas para os vasos, onde de acordo com os tratamentos alguns receberam sementes de braquiária e outros não. As sementes de *Braquiaria decumbens* foram lavadas, desinfectadas com hipoclorito de sódio P.A. (5 %) durante 1 hora. As regas foram realizadas sempre que

necessário, com água oriunda de filtro com carvão ativado, mantendo as plantas em aproximadamente 80 % da capacidade de campo.

Para a identificação e extração do número de esporos de FMA, foi utilizada a técnica de peneiramento por via úmida (Gerdemann & Nicolson, 1963) com centrifugações em água destilada e posteriormente em sacarose a 45%. A contagem dos esporos foi realizada através de placa com anéis concêntricos utilizando o estereomicroscópio. A identificação da população nativa dos fungos foi realizada através da morfologia de esporos observados em lâminas com PVLG e PVLG + Melzer, comparados com a descrição das espécies (Schenck & Pérez, 1998) e com culturas de referência existentes na “homepage da International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular–arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM). A clarificação e coloração das raízes seguiram o método de Grace & Stribley (1991) e Koske & Gemma (1989). A porcentagem de colonização foi determinada de acordo com 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).

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade de variância (testes de Lilliefors e Bartlett). A análise de variância (ANOVA) foi realizada pelo teste F (Fisher), sendo posteriormente realizado o teste de média (teste de Tukey). Os programas estatísticos utilizados foram: SAEG para os testes de normalidade e homogeneidade, e SISVAR para as análises de variância e teste de média (Tukey).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Experimento 1: Inoculação com Misturas de FMAs em Plantas de Mandioquinha-Salsa

3.1.1 Altura e número de folhas

As respostas de altura de planta e número de folhas nas respectivas doses de P no solo foram quadráticas em todas as épocas, isto se deve ao conjunto de parâmetros analisados para a determinação do ajuste da equação que foram: a significância do teste F, os coeficientes da equação, o R^2 , e o desvio, e também a mesma foi a que melhor representou a expectativa biológica.

Observa-se através da Figura 4, um aumento inicial no crescimento das plantas de mandioquinha-salsa conforme o aumento das doses de P utilizadas, porém observou-se que a aplicação de fósforo ao substrato em doses acima de 160 mg P kg⁻¹ de solo tendeu a reduzir a altura das plantas. Não se observou diferença no número de folhas (fotossinteticamente ativas) entre as doses de P usadas aos 30 DAP, evidenciando que neste período ainda não havia uma ‘expressão’ de resposta para essa variável, e que a mesma poderá estar diretamente relacionada a reserva do propágulo.

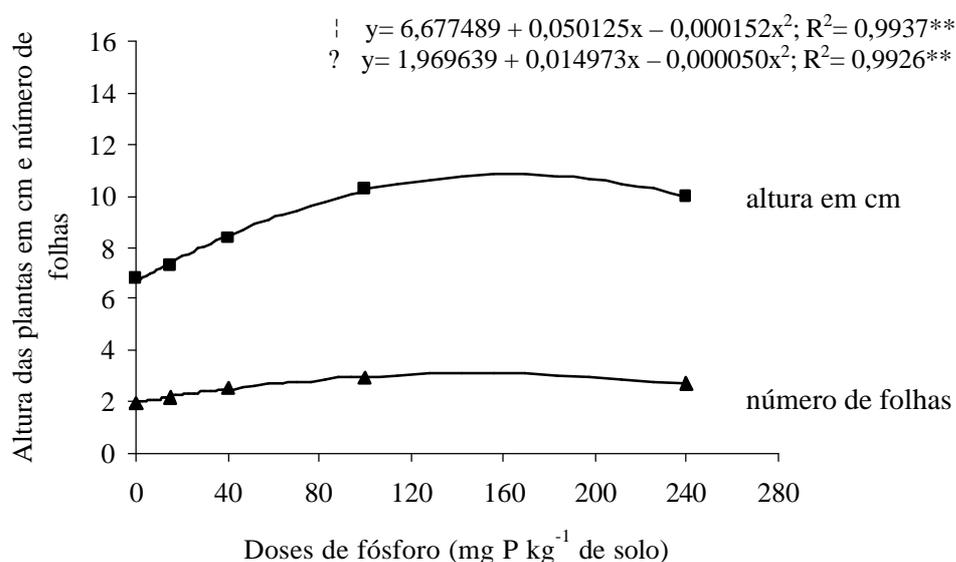


Figura 4. Altura (cm) e número de folhas de plantas de mandioquinha-salsa aos 30 DAP (dias após o plantio), nos tratamentos com cinco doses de fósforo. Médias de cinco repetições.

A resposta que se observou para a variável altura aos 45 DAP manteve uma tendência de crescimento em relação ao aumento das doses de P (Figura 5), igualmente verificado aos 30 DAP. Verificou-se um aumento na intensidade da resposta do crescimento das plantas em relação às doses usadas. A partir deste período (45 DAP), Figura 5, ocorreu um incremento no número de folhas com o aumento do P utilizado, o mesmo foi observado para altura de plantas. A partir da dose de 160 mg P kg⁻¹ de solo o número de folhas apresentou uma tendência de redução.

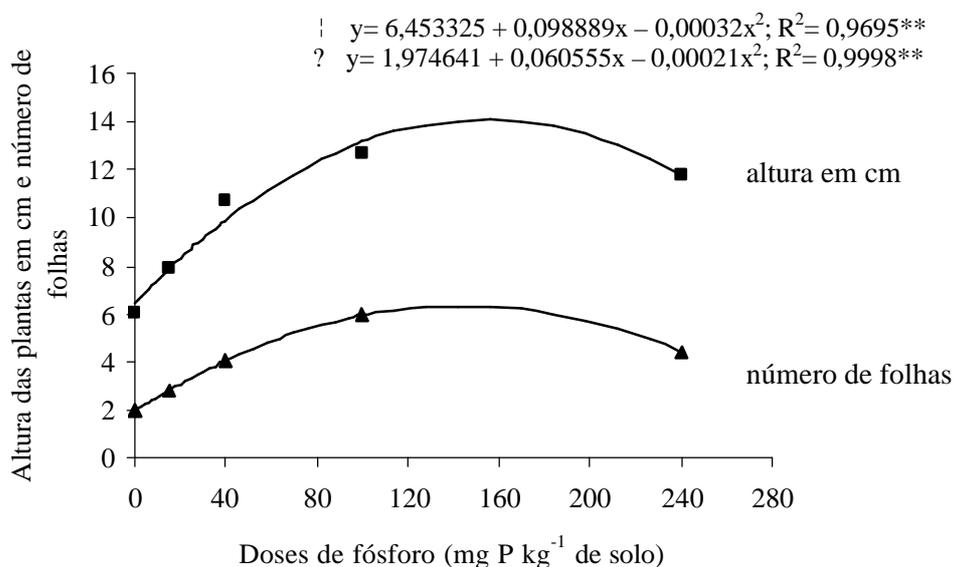


Figura 5. Altura (cm) e número de folhas de plantas de mandioquinha-salsa aos 45 DAP (dias após o plantio), nos tratamentos com cinco doses de fósforo. Médias de cinco repetições.

A partir de 60 DAP até a última avaliação (90 DAP), ocorreu uma provável estabilização na altura das plantas de acordo com o aumento das doses de fósforo (Figura 6, Figura 7 e Figura 8), isto pode estar relacionado ao substrato utilizado e talvez principalmente ao vaso, pois ocorre uma limitação quanto ao desenvolvimento do vegetal causada pelo recipiente. Além disso, o clima também pode ter influenciando no crescimento das plantas. Este tipo de parâmetro (altura da planta) na cultura de mandioquinha-salsa é um pouco complexo, pois devido à disposição de sua arquitetura foliar, podendo ocorrer variações entre as medições não mostrando um crescimento 'contínuo'. Devido ao ângulo formado entre o pecíolo e a base do propágulo, assim como o próprio crescimento dos propágulos, as folhas podem estar ora mais eretas ora mais inclinadas. Isto também pode ocorrer em relação à incidência luminosa e a sua direção.

Uma melhor resposta na variável número de folhas foi observada aos 60 DAP (Figura 6), e como visto na figura anterior a partir da dose de 160 mg P kg⁻¹ de solo também ocorreu uma redução da quantidade do número de folhas das plantas de mandioquinha-salsa.

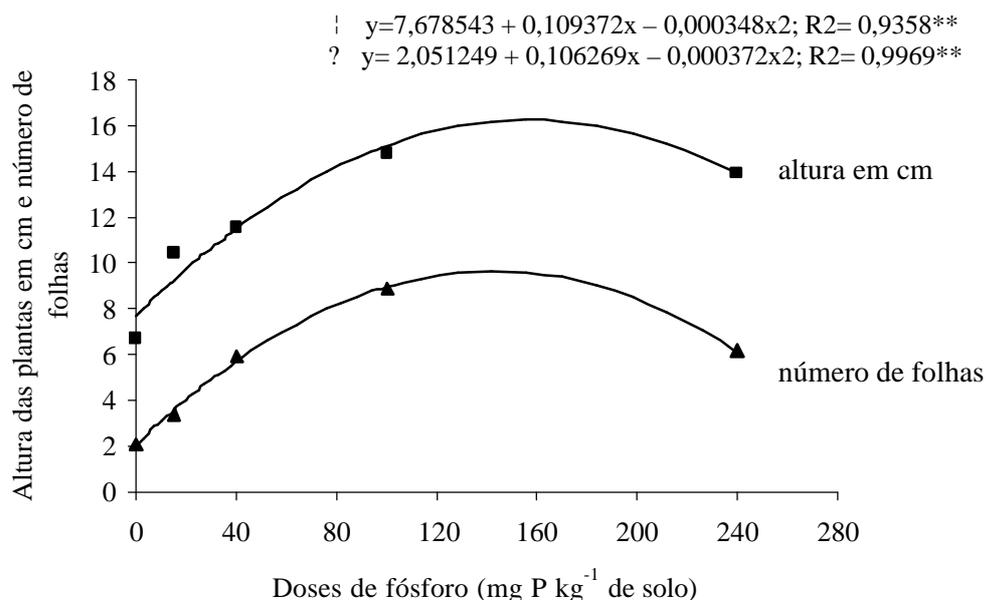


Figura 6. Altura (cm) e número de folhas de plantas de mandioca-salsa aos 60 DAP (dias após o plantio), nos tratamentos com cinco doses de fósforo. Médias de cinco repetições.

O número de folhas atingiu uma máxima resposta com o aumento das doses de fósforo aos 75 DAP (Figura 7), permanecendo com o mesmo resultado aos 90 DAP (Figura 8), porém aproximadamente a partir da dose de 140 mg P kg⁻¹ de solo, a tendência apresentada foi de um menor número de folhas com o aumento das doses de P. Estes resultados deixam claro que doses elevadas de fósforo também prejudicam o desenvolvimento das plantas de mandioca-salsa.

Verificou-se que ocorreu grande limitação no crescimento das plantas de mandioca-salsa na testemunha (ausência de P), onde em todas as épocas avaliadas as variáveis altura de planta e número de folhas apresentaram-se com valores baixos. Isto evidencia a importância deste elemento para o desenvolvimento da cultura. Segundo Câmara (1990), os efeitos da omissão de P ocasionaram reduzida taxa de crescimento das plantas, coloração verde-azulada das folhas, ambos como consequência do reduzido desenvolvimento do sistema radicular. O mesmo autor observou que com a omissão de P ocorreu redução no crescimento de folha, pecíolo, propágulo, cepa e raiz de plantas de mandioca-salsa. O que confirma parte dos resultados encontrados neste trabalho.

Observou-se que entre os 90 DAP e 120 DAP, foi o período que as plantas apresentaram maior vigor, isto em relação ao ambiente em que estavam se desenvolvendo, notando-se que houve uma estabilização do seu desenvolvimento em relação a cada dose de fósforo usada.

As plantas tiveram um grande ataque por pulgões após os 90 dias depois do plantio, e o controle foi feito com calda de fumo a 10 %. Antes estava sendo realizada a prevenção através do controle biológico com cladosporo, não surtindo efeito. Posteriormente, houve novos ataques pelo mesmo inseto, onde quinzenalmente aplicou-se a calda até o final do experimento.

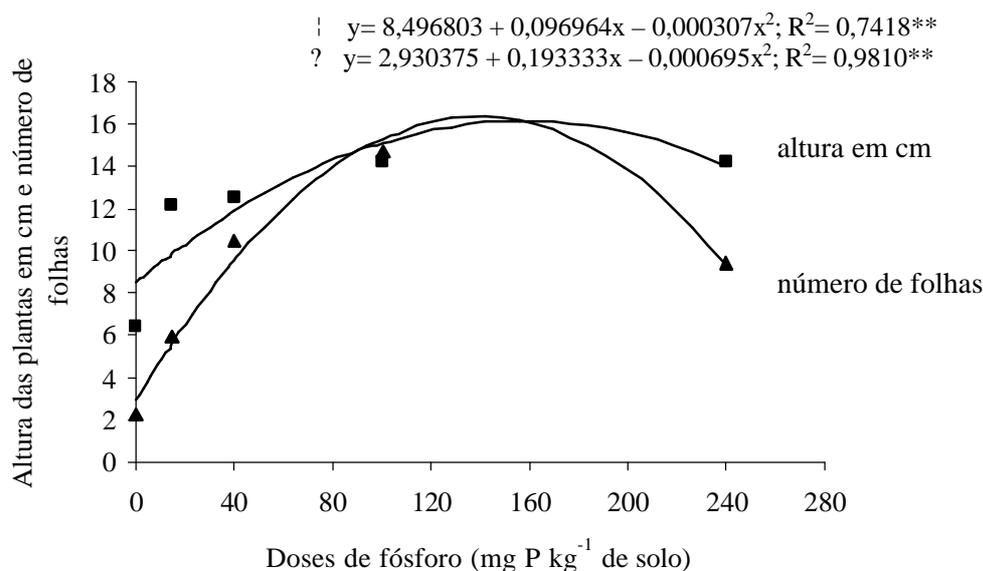


Figura 7. Altura (cm) e número de folhas de plantas de mandioca-salsa aos 75 DAP (dias após o plantio), nos tratamentos com cinco doses de fósforo. Médias de cinco repetições.

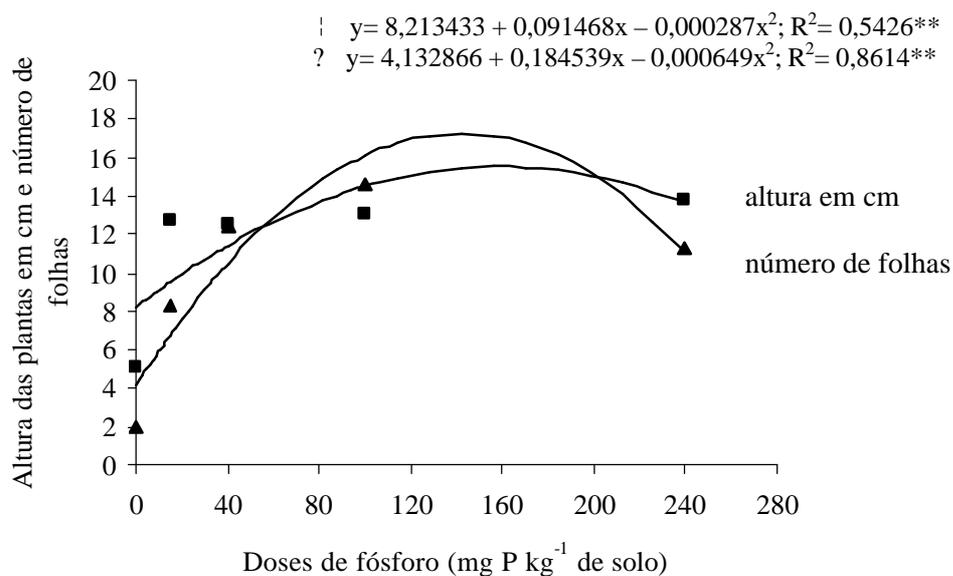


Figura 8. Altura (cm) e número de folhas de plantas de mandioca-salsa aos 90 DAP (dias após o plantio), nos tratamentos com cinco doses de fósforo. Médias de cinco repetições.

3.1.2 Matéria seca das partes da planta

As plantas de mandioca-salsa presentes no tratamento testemunha (ausência de P) não conseguiram chegar até o final do período experimental, evidenciando a demanda da cultura pelo nutriente para o seu desenvolvimento. Devido a isto, as análises de peso de matéria seca na colheita aos 6 meses foram realizadas sem o tratamento da testemunha.

De acordo com os resultados obtidos de peso de matéria seca nas três partes da planta aos 6 meses após o plantio da mandioquinha-salsa, verificou-se em ordem decrescente que o maior acúmulo se apresentou pelo propágulo > raiz > folhas + pecíolos (Figura 9).

As respostas de peso da matéria seca nas diferentes partes da planta aos níveis de P no solo foram quadráticas no propágulo e na raiz, e linear nas folhas + pecíolos, independente do tratamento de inoculação estudado (Figura 9). Não foi observada significância de acordo com o teste F, para os tratamentos de inoculação utilizados neste estudo (Tabela 44 do anexo). Indicando que os FMAs não contribuíram para o aumento de matéria seca em nenhuma parte das plantas de mandioquinha-salsa, este tipo de resposta já foi encontrado por diversos autores, pois nem sempre ocorre aumento de matéria seca que poderia ser devido aos benefícios proporcionados pelos FMAs. Entretanto, Araújo et al. (1994), observaram em estudo de efetividade de FMAs na cultura de tomate onde o substrato após autoclavagem apresentou 21,1 mg P kg⁻¹, que a inoculação não aumentou significativamente a produção de matéria seca da parte aérea e da raiz. Entretanto no mesmo trabalho em outro experimento, com doses de P variando de 30 a 240 mg P kg⁻¹ de solo, os autores verificaram que a inoculação com *Glomus clarum*, *G. etunicatum* ou *Gigaspora margarita* propiciou aumento da matéria seca da parte aérea do tomateiro apenas na dose de 60 mg P kg⁻¹, porém não houve aumento do teor e conteúdo de P.

Verificou-se na Figura 9, que as doses de P utilizadas não influenciaram no aumento de matéria seca de FP aos 6 meses após o plantio. Foi observado que nesta época as plantas estavam com muitas folhas senescendo, onde provavelmente devido ao limite de espaço causado pelo vaso, este tenha contribuído com os resultados encontrados neste trabalho.

A partir de 160 mg P kg⁻¹ de solo ocorreu um menor acúmulo de matéria seca tanto no propágulo quanto na raiz, isto parece indicar que doses acima desta podem causar uma resposta negativa no acúmulo de matéria seca destas duas partes da planta.

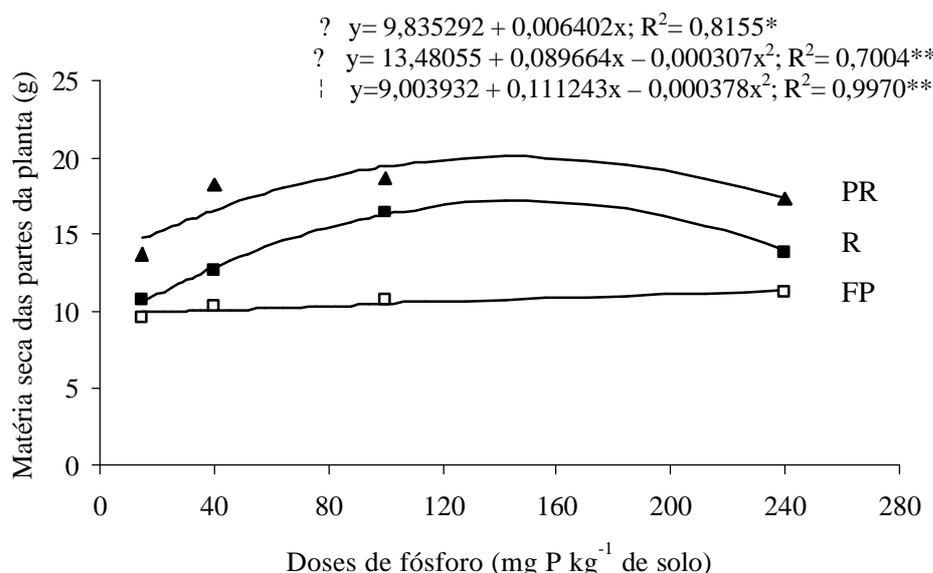


Figura 9. Peso de matéria seca em g das partes da planta de mandioquinha-salsa (FP: folha + pecíolo; PR: propágulo; R: raiz) cultivada em quatro doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições.

Alguns trabalhos de adubação com a cultura relatam que a mandioquinha-salsa responde às doses de fósforo aplicadas ao solo, porém ainda são escassas as pesquisas nesta área. Portz et al. (2003), observaram que um maior acúmulo de matéria seca na parte aérea ocorreu aos 180 dias após o plantio das mudas, com um decréscimo sucessivo até a colheita, o que indica o início da senescência da planta. Um comportamento diferenciado ocorreu com o propágulo e a raiz, que apresentaram um crescimento vigoroso depois de 150 dias após o plantio, tendo um acúmulo de matéria seca contínuo até os dez meses de ciclo, mostrando uma grande quantidade de reservas nestes dois órgãos da planta, conforme já mencionado, entre outros autores por Lima et al. (1985). Isto pode ser atribuído à provável translocação de fotoassimilados das folhas (fonte) para o propágulo e raízes de reserva (drenos). A planta de mandioquinha-salsa, segundo Santos & Carmo (1998), inicia a formação das raízes de reserva em torno dos 45 dias após o plantio, com o máximo de formação aos 5 meses. Porém um fato muito importante observado individualmente nos propágulos é a variação em relação à quantidade de sua reserva, considerando-se a posição ocupada anteriormente na touceira (idade do propágulo) e conseqüentemente o seu tamanho.

Ao contrário do que os pesquisadores pensavam, a distribuição dos propágulos (filhotes) mais velhos na parte aérea das plantas de mandioquinha-salsa, não se encontram todos na parte central da touceira, com redução da idade em direção a periferia da mesma. O propágulo central, que originalmente foi a muda semeada (idade 1), durante o crescimento da planta emite três a cinco brotos, que originam os filhotes de idade posterior (idade 2). Sucessivamente novas brotações surgem durante o período de crescimento da planta, distribuindo assim os filhotes de diferentes idades (idade 3, 4 e 5) em diferentes posições da parte aérea da planta (Santos et al., 2004). Segundo os mesmos autores, as diferentes idades dos filhotes e sua distribuição na parte aérea se tornam relevante no processo de seleção das mudas por idade e tamanhos, como alternativa de crescimento homogêneo das plantas no campo, o autor recomenda as classes dos filhotes grandes (idade 3) e dos filhotes médios (idade 4), como mudas preferíveis para o plantio. Isto pode ser de grande importância para os trabalhos com FMAs e bactérias diazotróficas, pois proporcionará uma seleção dos filhotes através da uniformidade de suas idades e conseqüentemente semelhante conteúdo de reserva.

3.1.3 Teores de nutrientes nas partes da planta

Os teores de nutrientes encontrados na planta inteira, média dos tratamentos de inoculação e controle, foram em ordem decrescente: potássio, nitrogênio e fósforo (Figura 10). De forma geral esta ordem parece ser uma característica típica da cultura, pois mesmo em casa de vegetação as plantas apresentaram a mesma ordem quanto aos teores dos macronutrientes principais, observado em experimentos de campo, confirmando os resultados obtidos por (Ortiz et al., 1998; Portz, 2001).

Os parâmetros avaliados para o ajuste das equações de regressão foram os mesmos mencionados no subtítulo, altura e número de folhas. O teor de fósforo na planta inteira apresentou resposta linear de acordo com o crescimento das doses de P, enquanto potássio, macronutriente mais absorvido pela cultura, apresentou resposta quadrática em relação ao aumento das doses de P (Figura 10). Para o teor de nitrogênio não foi encontrada nenhuma equação que se ajustasse aos dados obtidos, pois não houve significância do teste F.

Foram observadas correlações positivas entre o teor de nitrogênio total e doses de fósforo de 0,376, entre teor de potássio total e doses de fósforo de 0,418, ambas

significativas pelo teste T ($P < 0,05$), sendo, portanto, de baixa magnitude. Já a correlação entre teor de fósforo total e doses de fósforo foi de 0,914, altamente significativa pelo teste T ($P < 0,01$).

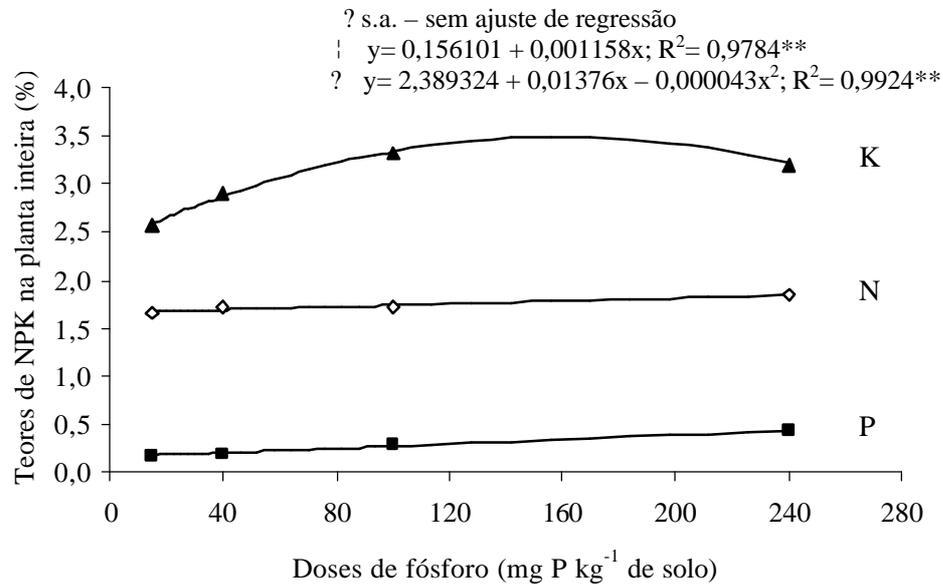


Figura 10. Teores de nitrogênio (N), fósforo (F) e potássio (K) na planta inteira de mandioquinha-salsa em diferentes doses de fósforo, média dos tratamentos de inoculação, aos 6 meses após o plantio. s.a.: sem ajuste de regressão para os modelos estudados.

Observando-se na Figura 11, os teores totais de nitrogênio, fósforo e potássio foram equivalentes nos tratamentos de inoculação com as espécies de fungos micorrízicos da coleção da Embrapa Agrobiologia, e dos FMAs presentes nos propágulos do controle, que não foram eliminados após o tratamento para desinfestação.

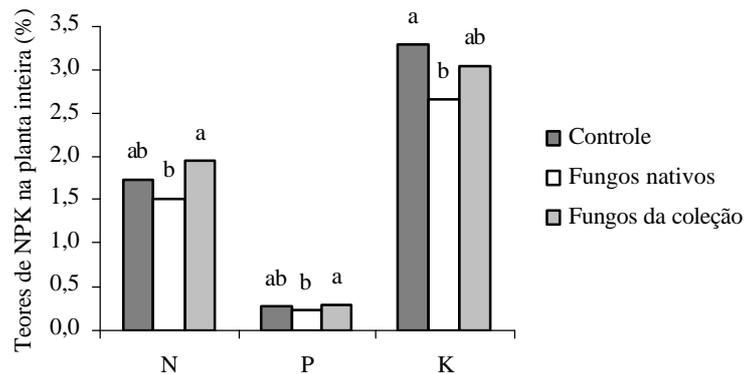


Figura 11. Teores de nitrogênio, fósforo e potássio na planta inteira de mandioquinha-salsa, média das cinco doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias com mesma letra em cada nutriente, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1 %.

Pode-se observar que a resposta do nitrogênio nas partes da planta com o aumento nos níveis de P (Figura 12), foi maior nas folhas + pecíolos, seguida do propágulo e raiz. Nas folhas + pecíolos conforme aumentou os níveis de P maior foi o teor de nitrogênio nesta parte da planta, até o nível de 160 mg P kg⁻¹ de solo, a partir deste ponto houve um decréscimo do teor de nitrogênio nas folhas + pecíolos. No propágulo observou-se que aumentando os níveis de P aplicado no substrato, ocorreu menores teores no propágulo e a partir de 160 mg P kg⁻¹ de solo houve um pequeno aumento do teor de N nesta parte da planta (Figura 12). Entretanto, na raiz muito pouco foi à resposta no teor de N com o aumento dos níveis de P utilizado.

Para os teores de fósforo no propágulo e na raiz da planta, a resposta deste nutriente apresentou-se de forma crescente com os níveis de P, onde os maiores teores de fósforo foram constatados na maior dose de P (240 mg P kg⁻¹ de solo) Figura 13, isto é, independente do efeito isolado de cada tratamento de inoculação. A folha + pecíolo apresentou uma tendência diferente da apresentada nos outros dois órgãos, onde o ajuste que melhor representou esta equação foi o quadrático (Figura 13). Considerando os macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, o fósforo apresenta teores muito mais baixos na planta quando comparado aos teores de nitrogênio e potássio. Na planta de mandioquinha-salsa os teores de fósforo decrescem em ordem: folha + pecíolo>propágulo>raiz (Figura 13).

Em trabalho com mandioca Ezeta & Carvalho (1982), observaram que as plantas em solo não esterilizado apresentaram teores de fósforo mais altos que aquelas em solo estéril independentemente da inoculação.

Bressan et al. (2001), observaram que os teores de P nas plantas de sorgo e soja aumentaram por causa das doses de P aplicadas ao solo, e que o teor de N na parte aérea também aumentou. Os autores relatam que as plantas que receberam inóculo de *Glomus*, *Etunicatum* mostraram aumentos no teor de P de 48,2 % (sorgo) e 49,3 % (soja), e esta espécie mostrou-se mais efetiva tanto no sorgo como na soja, em promover o aumento do teor de N. Porém, a maior efetividade simbiótica do fungo *Gigaspora margarita* foi verificada com o sorgo, devido ao maior teor de P nestas plantas. Em trabalho com milho, doses altas de P tiveram um efeito inibitório sobre os FMAs, reduzindo o teor de P na parte aérea e o peso das raízes adventícias secas de plantas da cultivar BR 201 (Bressan et al., 2002). Os mesmos autores observaram que nas plantas sem inoculação, o aumento das doses de P aumentaram o peso da matéria seca das raízes, o número de raízes laterais e pêlos radiculares.

As correlações positivas entre teor de fósforo nas folhas + pecíolos e doses de P foi de 0,848, assim como entre teor de fósforo no propágulo e doses de P de 0,873 e entre teor de fósforo na raiz e doses de P foi de 0,724 e foram altamente significativas pelo teste T (P<0,01), sendo, portanto, de alta magnitude.

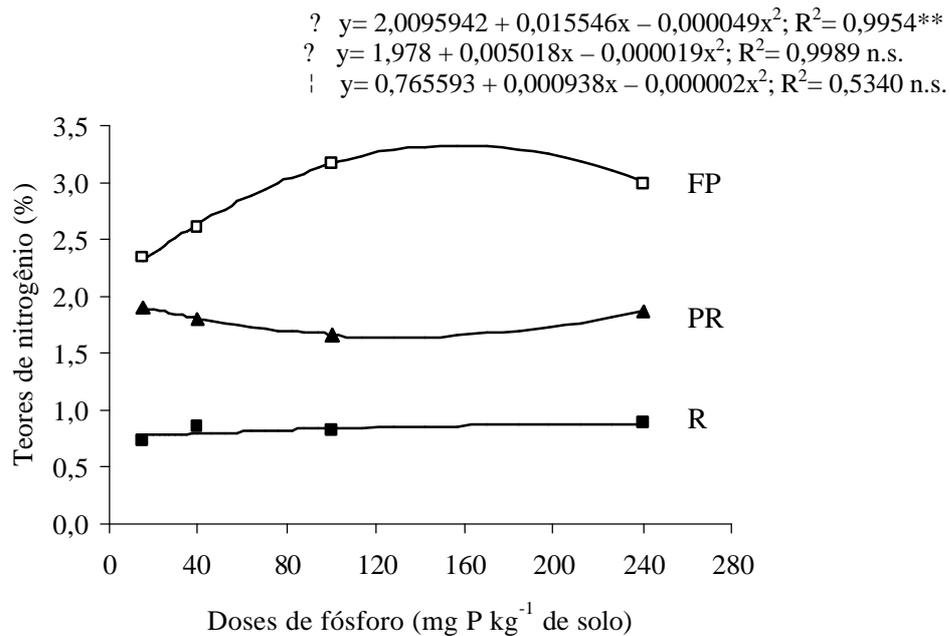


Figura 12. Teores de nitrogênio nas partes da planta de mandioca-salsa (FP: folha + pecíolo, PR: propágulo, R: raiz) em diferentes doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Média de cinco repetições.

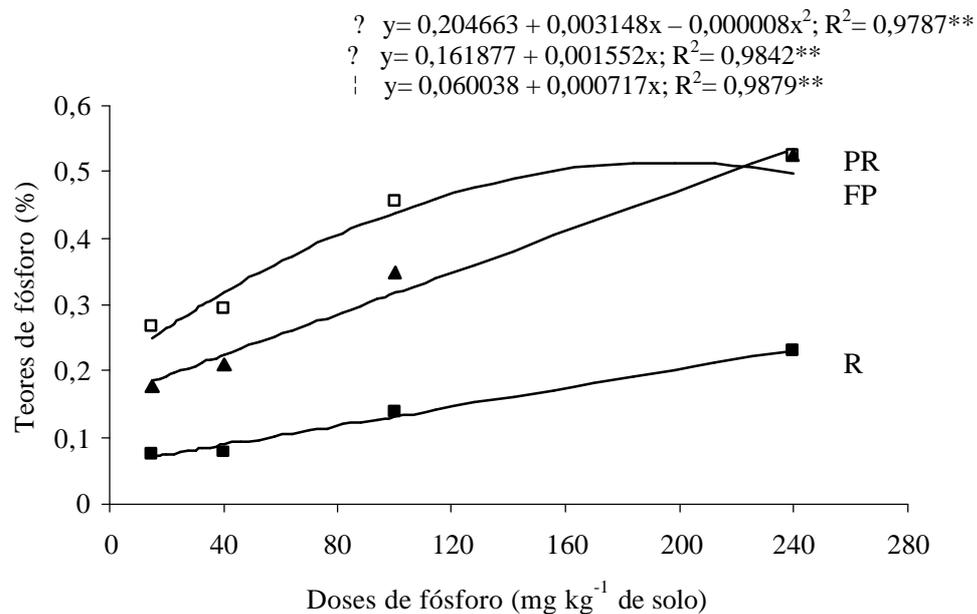


Figura 13. Teores de fósforo nas partes da planta de mandioca-salsa (FP: folha + pecíolo, PR: propágulo, R: raiz) em diferentes doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições.

Observou-se na Figura 14, um mesmo tipo de resposta quanto aos teores de potássio nas três partes da planta. Com o aumento dos níveis de P no substrato obteve-se um maior teor de potássio na folha + pecíolo, propágulo e raiz das plantas de mandioca-salsa. Para o potássio os maiores teores na folha + pecíolo e raiz foram

observados na dose de 100 mg P kg⁻¹ de solo, enquanto no propágulo o maior teor foi verificado na dose de 240 mg P kg⁻¹ de solo. Pode-se observar uma tendência de maior teor de potássio no propágulo com o aumento das doses de P, já na folha + pecíolo e na raiz o teor de potássio tende a aumentar até a dose de 100 mg P kg⁻¹ de solo, diminuindo com a maior dose de P (Figura 14).

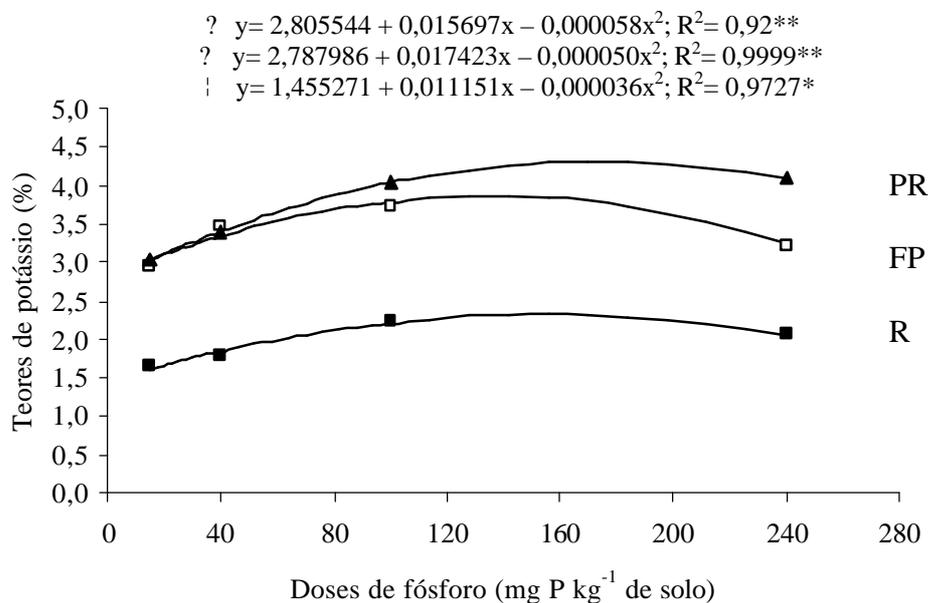


Figura 14. Teores de potássio nas partes da planta de mandioquinha-salsa (FP: folha + pecíolo, PR: propágulo, R: raiz) em diferentes doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições.

Aos seis meses (Tabela 16), a inoculação com as espécies da coleção (*Glomus clarum*, *G. etunicatum* e *Gigaspora margarita*) no tratamento com 15 mg P kg⁻¹ de solo acarretou maior teor de nitrogênio na folha + pecíolo, propágulo e raiz das plantas. Neste caso, os maiores teores presentes nas três partes da planta, provavelmente deve-se a uma maior eficiência das espécies da coleção quando comparado aos outros dois tratamentos. Na dose de 40 mg P kg⁻¹ de solo, as espécies da coleção foram equivalentes às do controle, sendo os nativos inferiores às do controle com relação ao teor de N na folha + pecíolo. Nas doses de 100 e 240 mg P kg⁻¹ de solo, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, Tabela 46 do anexo. Talvez as maiores doses de P tenham omitido o efeito dos tratamentos de inoculação neste período do ciclo da cultura.

Para o teor de fósforo nas três partes da planta foi observada pelo teste F significância a 1 % (Tabela 47 do anexo). Para o teor de potássio na folha + pecíolo, propágulo e raiz foi observada significância pelo teste F a 1 %, 5 % e 5 % respectivamente (Tabela 48 do anexo).

Foi observado entre os tratamentos de inoculação, que as plantas inoculadas com os fungos da coleção apresentaram maior teor de fósforo na folha + pecíolo e raiz quando comparadas as plantas inoculadas com os fungos nativos, sendo significativo pelo teste de Tukey a 5 % e 1 % respectivamente. Provavelmente as espécies da coleção sejam mais eficientes que os fungos nativos na absorção deste nutriente para as plantas de mandioquinha-salsa. Para o teor de fósforo no propágulo não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos de inoculação e o controle. Para o teor de potássio na

folha + pecíolo, a maior média foi verificada nas plantas do tratamento controle quando comparadas com as plantas inoculadas com os fungos nativos e da coleção, significativo a 1 % pelo teste de Tukey. Neste caso, pode ser que os FMAs carregados pelos filhotes da planta tenham sido mais eficientes na absorção de potássio quando comparado as espécies da coleção e os fungos nativos. No propágulo as plantas do controle apresentaram maior teor de potássio do que as plantas inoculadas com os fungos nativos, a 5 % pelo teste de Tukey. Não sendo observado, para o teor de potássio diferença significativa na raiz entre os tratamentos de inoculação.

Uma maneira de se estudar a resposta de FMAs, avaliando infectividade e eficiência dos simbiontes em plantas de mandioquinha-salsa, onde talvez poderá ser observado melhor os efeitos da simbiose, provavelmente será através da micropropagação de plantas como a cultura de meristemas. Com essa técnica será possível obter mudas de mandioquinha-salsa totalmente isentas de propágulos de FMAs, que são carregados nos filhotes através da propagação vegetativa. Na aclimação das mudas, como já é estudado em várias culturas como abacaxi, banana, batata-semente, morango, cana-de-açúcar e outras, poderá ser feita a inoculação com os FMAs. Em mandioquinha-salsa principalmente devido à observação de algumas viroses por Hermann (1997), este procedimento já é realizado, onde através de pequeninos pedaços de tecidos se obtém material vegetal limpo de pragas, doenças e principalmente vírus.

Tabela 16. Teores de nitrogênio nas partes da planta de mandioquinha-salsa inoculadas com duas misturas de fungos micorrízicos arbusculares ou não inoculadas, em diferentes doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições.

Tratamentos	Doses de Fósforo (mg P kg ⁻¹ de solo)											
	15			40			100			240		
	FP	PR	R	FP	PR	R	FP	PR	R	FP	PR	R
Controle	2,23 b	1,72 b	0,58 b	2,97 a	1,97 a	0,84 a	3,15 a	1,69 a	0,92 a	2,93 a	2,06 a	0,73 a
Espécies nativas	1,75 b	1,54 b	0,55 b	2,06 b	1,60 a	0,67 a	3,03 a	1,70 a	0,79 a	2,81 a	1,76 a	0,79 a
Espécies da coleção	3,04 a	2,47 a	1,10 a	2,79 ab	1,84 a	1,08 a	3,34 a	1,61 a	0,74 a	3,23 a	1,82 a	1,16 a

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 %.

Espécies nativas (*Acaulospora mellea*, *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora denticulata*, *Glomus etunicatum*, *Glomus macrocarpum*, *Gigaspora* sp. e *Scutelospora* sp.); Espécies da coleção (*Glomus clarum*, *G. etunicatum*, *Gigaspora margarita*); Controle (não inoculado); FP: folha + pecíolo; PR: propágulo; R: raiz

3.1.4 Acúmulo de nutrientes nas partes da planta

Dentre os nutrientes acumulados pela mandioquinha-salsa, o potássio foi o primeiro em quantidade acumulada, seguido pelo nitrogênio e posteriormente o fósforo (Figura 15). Os resultados confirmam a ordem dos nutrientes acumulados com aqueles obtidos por Mesquita Filho & Souza (1996), Ortiz et al. (1998) e Portz (2001). Pode-se observar na Figura 15, uma baixa resposta no acúmulo de nitrogênio e fósforo (na planta inteira) com o aumento dos níveis de P aplicado no substrato, enquanto que o acúmulo de potássio apresentou resposta considerável com o aumento dos níveis de P. Foi encontrado por Portz (2001), uma menor extração de nitrogênio na planta inteira aos sete meses de ciclo, quando se associou a maior dose de fósforo (300 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e ausência de nitrogênio aplicado nos tratamentos.

Comparando os tratamentos de inoculação no acúmulo dos nutrientes: nitrogênio, fósforo e potássio, a inoculação com os FMAs não apresentou diferenças estatísticas em nenhum dos nutrientes analisados (Figura 16).

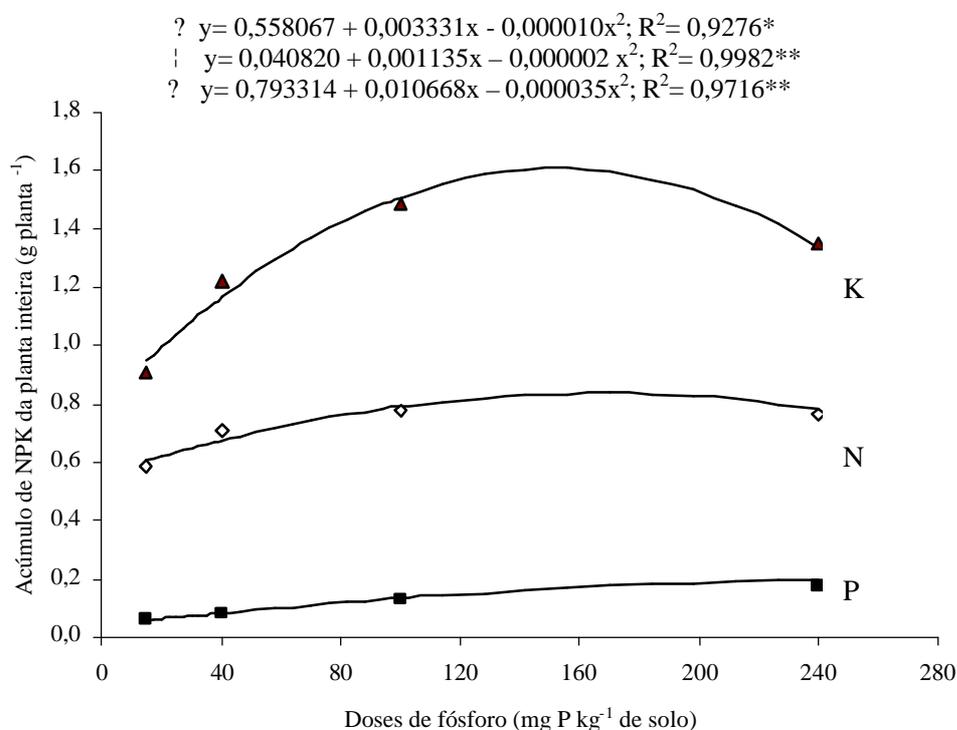


Figura 15. Nitrogênio, fósforo e potássio na planta inteira de mandioquinha-salsa em diferentes doses de fósforo, média dos tratamentos de inoculação, aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições.

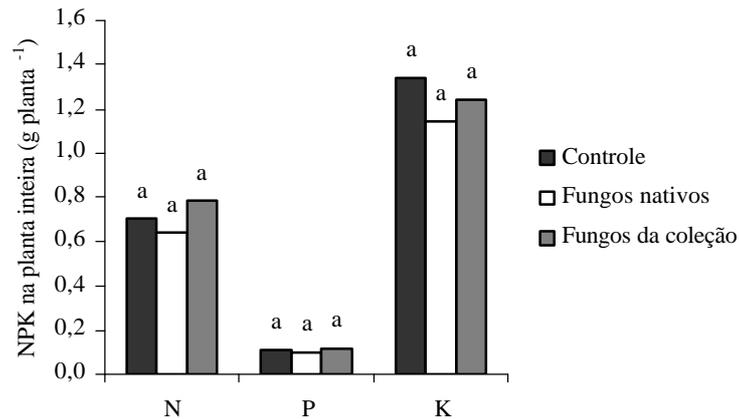


Figura 16. Nitrogênio, fósforo e potássio na planta inteira de mandioquinha-salsa, média das cinco doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias com mesma letra em cada nutriente, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1 %.

Observando-se o nitrogênio acumulado nas partes da mandioquinha-salsa, a maior resposta desse nutriente foi na folha + pecíolo da planta. A raiz apresentou o mesmo padrão de resposta, com acúmulos de nitrogênio bem inferior ao da folha + pecíolo (Figura 17). Não foi obtido ajuste de regressão para este nutriente no propágulo. Dependendo da espécie da planta, estágio de desenvolvimento e órgão, o conteúdo de nitrogênio requerido para um crescimento ótimo varia entre 2 e 5 % do peso de matéria seca da planta (Marschner, 1997).

O acúmulo de fósforo nas três partes da planta seguiu a tendência de aumento com as doses de P utilizada (Figura 18), na qual a maior quantidade de fósforo acumulada no propágulo e na raiz, foi obtida na maior dose de P (240 mg P kg⁻¹ de solo). Na folha + pecíolo observou-se até a dose de 120 mg P kg⁻¹ de solo um aumento no acúmulo de fósforo nesta parte da planta (Figura 18). Para um crescimento ótimo, o requerimento de fósforo parece situar-se entre 0,3 a 0,5 % da matéria seca de plantas em geral durante o estágio vegetativo de crescimento (Marschner, 1997).

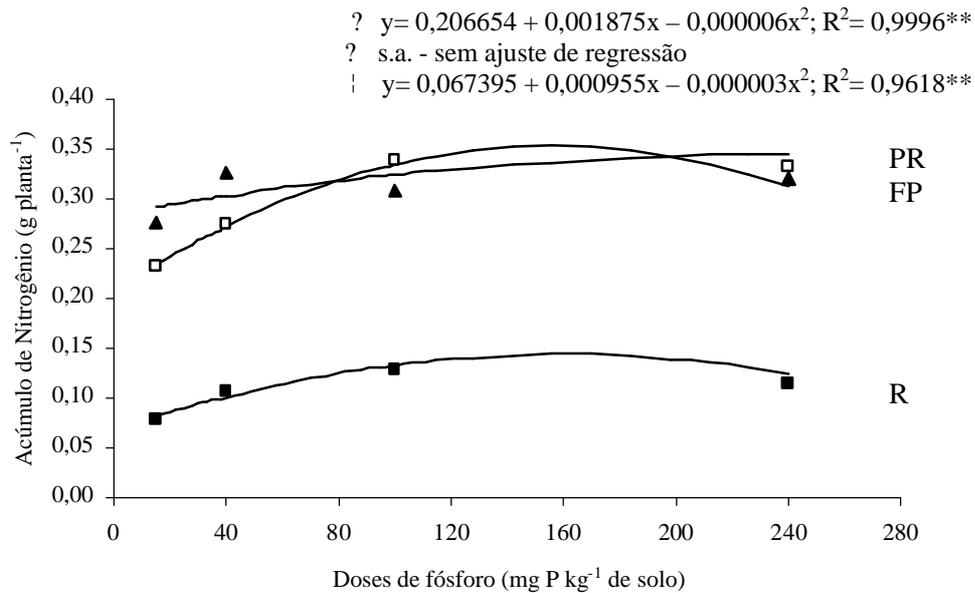


Figura 17. Nitrogênio nas partes da planta de mandioca-salsa e na planta inteira (FP: folha + pecíolo, PR: propágulo, R: raiz) em diferentes doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições. s.a.: sem ajuste de regressão para os modelos estudados.

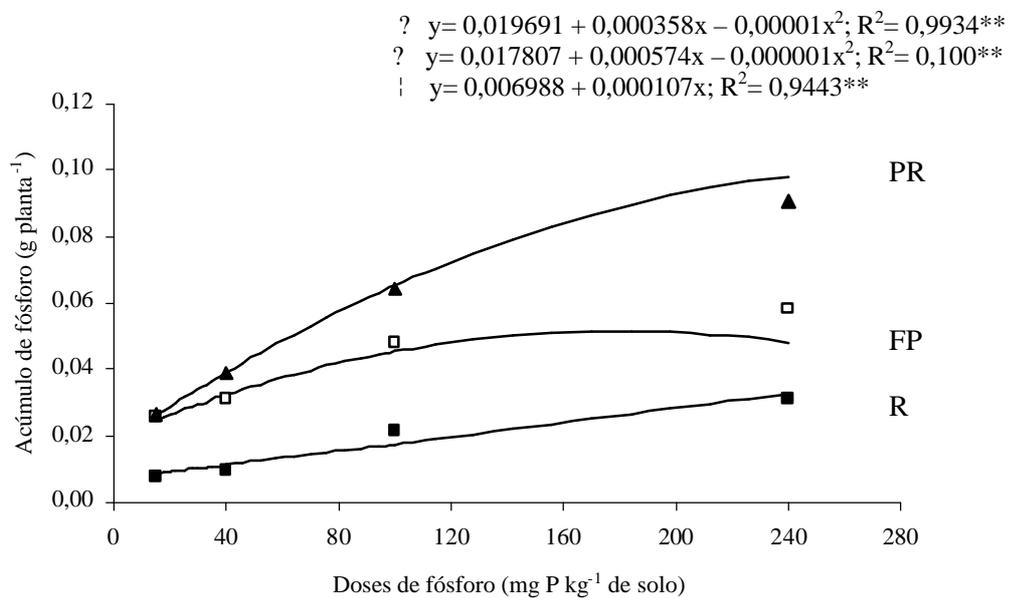


Figura 18. Fósforo nas partes da planta de mandioca-salsa e na planta inteira (FP: folha + pecíolo, PR: propágulo, R: raiz) em diferentes doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco plantas.

Para o acúmulo de potássio nas partes da planta de mandioquinha-salsa, a resposta apresentou-se a mesma, quadrática nas três partes. O propágulo foi a parte da planta que mais acumulou este nutriente aos 6 meses após o plantio. Foi observado um aumento no acúmulo de potássio na folha + pecíolo e na raiz nas menores doses de P aplicada ao substrato (Figura 19).

Para o acúmulo de nitrogênio na folha + pecíolo e raiz das plantas verificou-se significância pelo teste F a 1 % (Tabela 49 do anexo). No acúmulo de fósforo nas três partes da planta de mandioquinha-salsa foi observada significância pelo teste F a 1% (Tabela 50 do anexo). Para o acúmulo de potássio na folha + pecíolo, propágulo e raiz observaram-se significância pelo teste F a 5 %, 1 % e 1 %, respectivamente (Tabela 51 do anexo).

A maior absorção de potássio ocorre durante a fase de crescimento vegetativo. O requerimento de potássio para um ótimo crescimento está em torno de 2 a 5 % do peso de matéria seca da planta incluindo as partes vegetativas, frutos e tubérculos (Marschner, 1997).

Para o acúmulo de fósforo, observou-se um maior acúmulo deste nutriente na folha + pecíolo das plantas inoculadas com os fungos da coleção quando comparado com as plantas inoculadas com os fungos nativos, a 5 % pelo teste de Tukey. Não foi observado, entre os tratamentos de inoculação e o controle, diferença significativa no acúmulo de fósforo no propágulo e raiz das plantas. Observou-se para o acúmulo de potássio na folha + pecíolo, interação significativa (1 % pelo teste F) entre os tratamentos de inoculação e doses de fósforo, sendo que somente na dose de 40 mg P kg⁻¹ de solo, foi observado maior acúmulo de potássio nas plantas do controle quando comparadas as plantas inoculadas com os FMAs nativos (pelo teste de Tukey). No propágulo e raiz não foram observadas diferenças significativas quanto ao acúmulo deste nutriente nos tratamentos de inoculação. Para o acúmulo de nitrogênio nas três partes da planta nos tratamentos de inoculação, não foram observadas diferenças significativas pelo teste F.

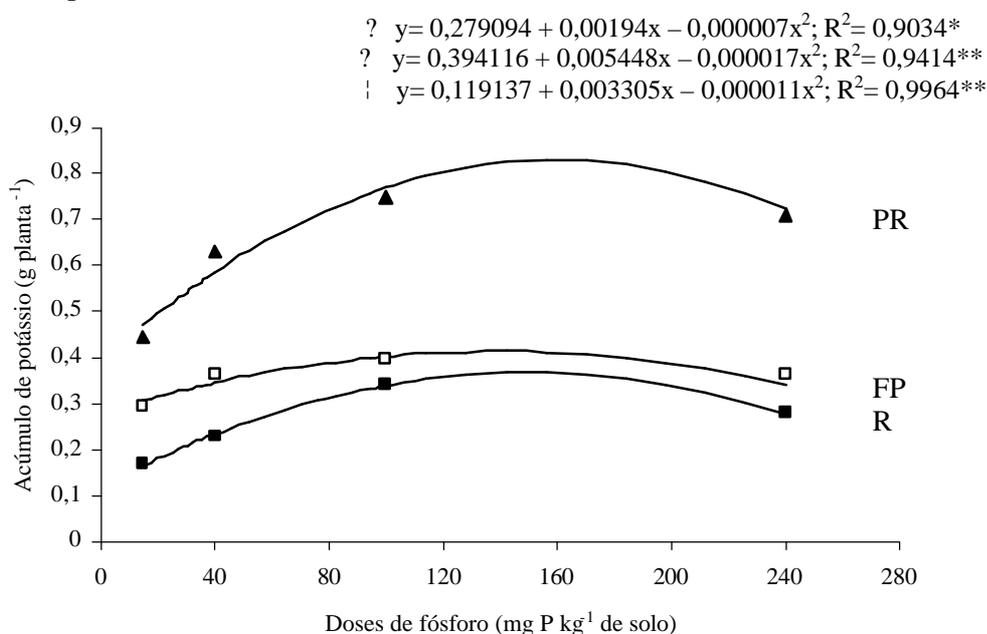


Figura 19. Potássio nas partes da planta de mandioquinha-salsa e na planta inteira (FP: folha + pecíolo, PR: propágulo, R: raiz) em diferentes doses de fósforo, aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições.

3.1.5 Colonização radicular

Entre os tratamentos utilizados, a maior média para a variável porcentagem de colonização foi observada no tratamento com os fungos micorrízicos da coleção da Embrapa-Agrobiologia, que constou da mistura das espécies *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* (Tabela 17) e Tabela 45 do anexo. Segundo Abbott & Robson (1981), a habilidade do fungo em produzir uma infecção rápida e extensiva é o principal fator que contribui para a efetividade de um FMA para uma planta hospedeira. Nos solos, muitos dos fungos micorrízicos indígenas não são endófitos igualmente efetivos, e a efetividade de uma espécie, pode variar com o hospedeiro (Abbott et al., 1995).

Tabela 17. Porcentagem do comprimento de raízes finas colonizadas dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em raízes de mandiocinha-salsa. Médias de cinco repetições.

Tratamentos	Porcentagem de colonização (%)
Controle ⁽¹⁾	15,62
Nativos ⁽²⁾	18,07
Coleção ⁽³⁾	22,28

⁽¹⁾Tratamento que não recebeu inóculo de FMAs.

⁽²⁾Tratamento que recebeu uma mistura de espécies de FMAs nativos de Nova Friburgo-RJ.

⁽³⁾Tratamento que recebeu uma mistura de FMAs da coleção da Embrapa Agrobiologia.

Observa-se na Tabela 18, que na menor dose de fósforo utilizada 15 mg P kg⁻¹ de solo obteve-se a maior média para porcentagem de colonização, sendo significativo a 1 % pelo teste de Tukey. É bastante considerável a redução da porcentagem de colonização micorrízica com as duas maiores doses de fósforo usadas 100 e 240 mg P kg⁻¹ de solo, confirmando que em doses altas de fósforo a associação micorrízica fica comprometida. Segundo (Menge et al., 1978) a adição de fósforo em doses elevadas pode reduzir o grau de colonização do sistema radicular, produção de esporos e micélio externo. Também foi observado por Miranda et al (1984) em plantas de sorgo, um decréscimo no número de esporos e da infecção das raízes das plantas micorrízicas nos níveis mais altos de adubação fosfatada (100 e 200 mg P kg⁻¹ de solo). Bressan et al. (2001) também verificaram diminuição na colonização das raízes do sorgo e da soja em doses (25 a 200 mg P kg⁻¹ de solo) de P nas três espécies de FMAs estudadas (*Glomus clarum*, *G. etunicatum* e *Gigaspora margarita*). Em estudo com milho, Bressan & Vasconcellos (2002), novamente confirmam que doses altas de P causaram um efeito inibitório sobre os fungos micorrízicos, reduzindo a colonização micorrízica. Plantas bem supridas em nutrientes revelam mecanismos para a redução da massa ou atividade do fungo na raiz, o que seria um custo energético sem retorno para seu crescimento (Paron, et al., 1997).

O efeito do P sobre a eficiência dos fungos micorrízicos na produção da matéria seca e grãos tem sido verificado por vários autores, em situações diversas (Paula & Siqueira, 1987; Saggin Júnior et al., 1995). Esses estudos mostraram que doses baixas de P aumentam a micorrização e a eficiência dos fungos micorrízicos em promover aumento na matéria seca; entretanto, altas doses desse nutriente afetam negativamente a micorrização e a produção de matéria seca. Segundo Bressan et al. (2001), na cultura da

soja consorciada, apesar de as doses altas de P (100 e 200 mg P kg⁻¹ de solo) terem reduzido a colonização micorrízica, não reduziram o peso de matéria seca de parte aérea.

Tabela 18. Colonização de raízes de mandioquinha-salsa aos 6 meses após o plantio nas diferentes doses de fósforo. Médias de cinco repetições.

Inoculação de FMAs	----- mg P kg ⁻¹ de solo			
	15	40	100	240
Controle ⁽¹⁾	37,97	19,35	4,33	0,84
Fungos nativos ⁽²⁾	42,37	24,63	4,57	0,73
Fungos da coleção ⁽³⁾	39,67	38,44	4,31	6,71
Médias de inoculação	40,00 a	27,47 b	4,41 c	2,76 c

(1) Tratamento que não recebeu inóculo de FMAs.

(2) Tratamento que recebeu uma mistura de espécies de FMAs nativos de Nova Friburgo-RJ.

(3) Tratamento que recebeu uma mistura de FMAs da coleção da Embrapa Agrobiologia.

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 1 %.

O fato da testemunha não inoculada (controle) em substrato desinfestado ter sido colonizada por FMAs na mesma proporção dos demais tratamentos (inoculação com FMAs nativos e espécies da coleção da Embrapa Agrobiologia) levou a ser excluída a hipótese de contaminação por inadequada condução do ensaio. Isto foi confirmado em cortes dos propágulos de mandioquinha-salsa, observados em microscópio (esterioscópico), que estes carregam propágulos de FMAs, externamente (sob escamas) (Figura 20) e internamente (colonização do tecido), sendo impossível a eliminação destes pela desinfecção superficial com hipoclorito de sódio praticada neste ensaio. Assim as espécies de FMAs que são levadas junto com o propágulo da planta, também se mostraram eficiente no crescimento da mandioquinha-salsa.

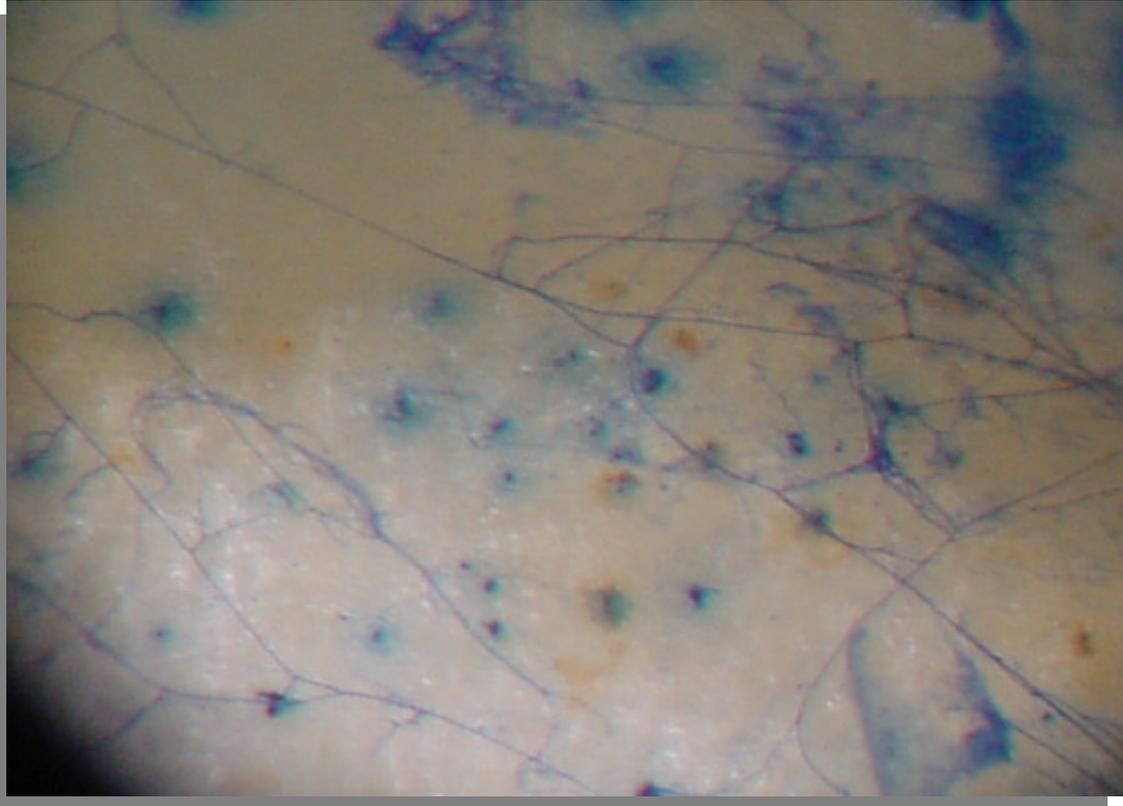


Figura 20. Colonização de FMAs (hifas interconectadas) sob as ‘escamas’ de tecido do propágulo da mandiocquinha-salsa aos seis meses após o plantio.

3.2 Experimento 2: Multiplicação de FMAs em Consórcio de Mandioquinha-salsa e *Brachiaria decumbens*

Os resultados obtidos nos vasos de multiplicação com as duas variedades de mandiocquinha-salsa apresentaram um número de esporos muito baixo. Observou-se na Tabela 19, que houve diferença significativa para número de esporos somente entre os locais com a variedade Amarela de Senador Amaral. Entre as variedades, não foi observada significância para esta variável. Isto se justifica, por que a multiplicação de esporos não é tão fácil, pois durante o cultivo, pode ocorrer contaminações, o próprio tempo de permanência do ensaio, viabilidade do inóculo, fatores abióticos, como outros fatores que devam causar talvez alguma inibição no processo, até então não compreendidos.

Em trabalho de Costa et al. (2002) com milho, os autores observaram que o tempo de condução do experimento (60 dias) permitiu a germinação dos esporos autóctones (nativos) com as espécies (*Acaulospora longula*, *A. scrobiculata*, *Entrophospora colombiana*, *Glomus etunicatum*, *G. macrocarpum* e *Scutellospora* sp., todas as espécies apareceram em número muito baixo, sendo *E. colombiana* e *G. macrocarpum* as mais representativas) e inoculados (*Scutellospora heterogama*, *S. pellucida* e *Glomus diaphanum*), pois os mesmos verificaram colonização MA, não sendo, no entanto, suficiente para que ocorresse a multiplicação dos FMAs, já que poucos esporos das espécies inoculadas foram recuperados.

Gravina (1998) em sua revisão, observou que a técnica do peneiramento úmido usada para separar esporos do solo, no método de extração direta de esporos do solo e também pela técnica do NMP modificado, apresentam algumas desvantagens para a avaliação da diversidade de FMAs: a) alguns FMAs produzem esporos muito pequenos, por exemplo *Glomus tenuis* [(Greenall] Hall, 1977), para serem extraídos ou contados pela técnica do peneiramento úmido (os esporos com menos que 100 µm provavelmente, a maioria do gênero *Glomus* podem não ser extraídos por esta técnica); b) mesmo os esporos que são bastante grandes ou esporocarpos podem não ser totalmente recuperados pelo peneiramento úmido, por ficarem retidos junto com as partículas maiores do solo; c) alguns FMAs raramente produzem esporos infectivos, e outros parecem ser perfeitamente capazes de completar seu ciclo de vida sem esporulação, embora outros propágulos estejam presentes.

Aos 120 dias após o cultivo, foi feita uma amostragem em cada vaso para verificar a ocorrência dos propágulos (esporos). Verificou-se que praticamente não havia ocorrido esporulação pelo procedimento de extração citado na literatura, porém observou-se nas amostras fragmento de hifas fungícas. Foi obtida uma suspensão do substrato (pasta de solo e água) e através de uma alíquota da mesma, verificado em montagem de lâmina no microscópio eletrônico presença de esporos de tamanho equivalente a 28 µm, e até mesmo 9,69 µm, globosos, de coloração vermelho-marrom. Tamanho este muito inferior ao das peneiras utilizadas no processo de extração (38 µm). Levantou-se a suspeita de esporos em formação, ou mesmo não serem esporos de FMAs. Entretanto, foi verificada característica morfológica como: cor de parede, presença de hifa junto à parede, que são características observadas em FMAs. Talvez possam ser esporocarpos, esporos estes que colonizam o interior de outros esporos inviabilizando-os, isto é, causam a morte do hospedeiro.

Os vasos de multiplicação que receberam as plantas da região de Canoinhas-SC, mostraram um maior número de esporos (Tabela 20) comparado ao da região de Nova Friburgo.

Tabela 19. Médias do número de esporos em 50 mL no substrato, aos 180 dias após o plantio, cultivados em vasos com duas variedades de mandioquinha-salsa e de dois locais de origem.

Local	Número de esporos	
	Variedade Amarela comum	Variedade Amarela Senador Amaral
Nova Friburgo-RJ	31,13 Aa*	22,13 Ba
Canoinhas-SC	33,75 Aa	48,50 Aa

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 20. Médias do número de esporos no substrato, aos 180 dias após o plantio, cultivados em vasos com mandioquinha-salsa de dois locais de origem.

Local	Número de esporos
Nova Friburgo-RJ	26,63 b*
Canoinhas-SC	41,13 a

* Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O resultado da porcentagem de colonização radicular neste ensaio, mostrou que as plantas associadas à braquiária, independente da variedade de mandioquinha-salsa apresentaram maior porcentagem de colonização radicular (Tabela 21). Isto demonstra que a braquiária provavelmente aumentou o potencial de inóculo dos vasos quando em consórcio. Observando as duas variedades, houve diferença na porcentagem de colonização, sendo a maior porcentagem verificada nas plantas da Amarela comum (Tabela 22). Sabe-se que ocorrem diferenças quanto às respostas de inoculação com FMAs e também com outros simbioses, entre variedades de uma mesma cultura. O genótipo da planta parece ter grande influência sobre a simbiose, assim como o teor de P nos tecidos vegetais. Ainda não está bem definido (conhecido) o tempo que cada espécie requer para infectar as raízes das plantas e seus efeitos sobre o crescimento das mesmas. De acordo com Abbot et al. (1995), algumas espécies de FMAs infectam as plantas mais rapidamente que outras e seus níveis de infecção finais podem variar consideravelmente.

Na Tabela 23, pode-se observar que não houve diferença significativa para a variável porcentagem de colonização radicular entre locais (Nova Friburgo e Canoinhas), só foi verificado que as plantas quando consorciadas com braquiária apresentaram maior porcentagem de colonização, isto é, para as plantas provenientes da região de Nova Friburgo – RJ.

A braquiária é utilizada em vasos de multiplicação devido ao seu rápido crescimento, grande quantidade de raízes finas (sistema radicular fasciculado), sendo assim ideal para utilização como planta isca na multiplicação de esporos e outros propágulos infectivos de FMAs (fragmentos de hifas, pedaços de raízes colonizados, vesículas).

Tabela 21. Médias da porcentagem do comprimento de raízes finas colonizadas aos 180 dias após o plantio, em plantas de mandioquinha-salsa cultivada em vasos em consórcio com ou sem braquiária.

Consórcio	Porcentagem de colonização (%)
Com braquiária	40,63 a**
Sem braquiária	19,76 b

**Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 1%.

Tabela 22. Médias da porcentagem do comprimento de raízes finas colonizadas aos 180 dias após o plantio, em duas variedades de mandioquinha-salsa.

Variedades	Porcentagem de colonização (%)
Amarela comum	42,41 a**
Amarela de Senador Amaral	17,97 b

**Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 1%.

Tabela 23. Médias da porcentagem do comprimento de raízes finas colonizadas aos 180 dias após o plantio, em mandioquinha-salsa de dois locais de origem cultivadas em vasos com ou sem consórcio com braquiária.

Local	Porcentagem de colonização (%)	
	Com braquiária	Sem braquiária
Nova Friburgo-RJ	47,55 Aa*	12,74 Ab
Canoinhas-SC	33,71 Aa	26,78 Aa

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Do solo rizosférico de mandioquinha-salsa proveniente de cada local de onde se utilizaram as mudas para o ensaio, foi feito um levantamento para verificar a ocorrência das espécies de FMAs. Em Nova Friburgo – RJ (NF), as espécies presentes foram: *Acaulospora colombiana* (Schenck et al., 1984); *A. denticulata* (Sieverding & Torot, 1987); *A. laevis* (Gerdemann & Trappe, 1974); *A. mellea* (Schenck et al., 1984); *A. rugosa* (Morton, 1986); *Glomus etunicatum* (Becker & Gerdemann, 1977); *G. geosporum* (Walker, 1982); *G. macrocarpum* (Berch & Fortin, 1983); *Glomus. sp.*; *G. tortuosum* (Schenck & Smith, 1982). Em Canoinhas – SC (CA) foram: *A. denticulata*; *A. scrobiculata* (Trappe, 1977); *G. geosporum*; *G. macrocarpum*; *Glomus. sp.*; *G. tortuosum*. Verificou-se a ocorrência de 9 espécies, sendo 1 identificada apenas em nível de gênero, na região de Nova Friburgo – RJ, sendo 5 do gênero *Acaulospora* e 5 do gênero *Glomus*. Na região de Canoinhas – SC foram verificadas 5 espécies, também com uma identificação em nível de gênero (apresentando as mesmas características dos esporos também identificados até gênero na região de Nova Friburgo-RJ), com 2 do gênero *Acaulospora* e 4 do gênero *Glomus*. Não foi observado nenhum gênero diferente entre as amostras de solo rizosférico proveniente das duas regiões.

Dentre os morfotipos recuperados da rizosfera de mandioquinha-salsa provenientes da região de nova Friburgo – RJ e Canoinhas - SC, quatro (NF) e seis (CA) puderam ser identificados em nível de espécie.

Dos vasos com Amarela comum da região de Nova Friburgo – RJ, observou-se as seguintes espécies: *Acaulospora laevis*, *A. tuberculata*, *Glomus macrocarpum* e *Glomus sp1*. Dos vasos com a mesma variedade sendo de Canoinhas –SC as espécies foram: *A. laevis*, *G. glomerulatum*, *G macrocarpum* e *Glomus sp1*.

Observando-se as amostras que apresentam a Amarela de Senador Amaral de Nova Friburgo – RJ, as espécies presentes foram: *A. laevis*, *A. tuberculata*, *Acaulospora sp1*, *G. macrocarpum*, *Glomus sp1*, *Scutellospora weresubia*, nos vasos com a mesma

variedade que vieram de Canoinhas – SC foram verificadas: *A. scrobiculata*, *A. tuberculata*, *G. glomerulatum*, *G. macrocarpum*, *Glomus* sp1 e *Scutellospora weresubia*.

Foram observadas nos vasos armadilhas as mesmas espécies encontradas no solo rizosférico do local de origem de cada variedade, não sendo observada somente a presença da espécie *G. etunicatum* que foi verificada na amostra de Nova Friburgo-RJ. Dentre as espécies encontradas nas duas localidades e também nas duas variedades a predominância foi de *G. macrocarpum* e *Glomus* sp1. É interessante não ter sido encontrada a espécie *G. etunicatum* nos vasos armadilhas, pois como essa espécie é bastante agressiva, de número elevado de esporos quando multiplicada em cultivo monospórico, devido ao seu pequeno tamanho, e mesmo assim não se verificou a sua presença, talvez esta não seja uma das mais eficientes para as plantas de mandioca-salsa. Caproni (2001), em estudo de propágulos infectivos e capacidade infectiva de FMAs em áreas reflorestadas remanescentes da mineração de bauxita em Porto Trombetas no Pará, verificou em uma análise de propágulos, provenientes do solo revegetado com 2 anos de idade, que as espécies *Acaulospora foveata*, *Glomus claroideum*, *Glomus geosporum*, *Glomus macrocarpum* e *Glomus microcarpum* infectaram a planta isca desde o primeiro período de exposição (infecção muito rápida – até 7 dias de exposição ao solo inóculo). E que a espécie *G. macrocarpum* foi mais rápida e competitiva que as demais espécies infectando até o penúltimo período de exposição (infecção lenta – até 28 dias de exposição ao solo inóculo), além de ser a espécie com maior número de propágulos e esporos. Gravina (1998), verificou altos potenciais de infecção pelas espécies *A. mellea*, *G. macrocarpum* e *G. etunicatum* em plantas de sorgo desde o primeiro período de exposição.

Deve-se considerar, que devido à mudança de ambiente natural (os filhotes de mandioca-salsa antes estavam no campo e ainda em condições edáficas e climatológicas diferentes, comparado ao ensaio de multiplicação), para o de casa de vegetação, possivelmente os propágulos de algumas espécies de FMAs carregados pela planta poderiam estar em período de dormência, e ou mesmo vieram do campo com esta dormência. Para Bowen (1987), a principal falta de resposta quanto à velocidade de infecção é devido à dormência de espécies de FMAs, e que o fenômeno de dormência tem particular importância para a germinação de FMAs. Segundo Caproni (2001), o período de dormência preveniria esporos a germinar imediatamente depois de sua formação em torno das raízes.

4. CONCLUSÕES

As plantas de mandioquinha-salsa apresentaram desenvolvimento severamente limitado devido à deficiência de fósforo.

Os FMAs nativos mostraram ser menos eficiente quanto ao crescimento das plantas de mandioquinha-salsa, do que os da coleção e os presentes no controle que não foram eliminados após o tratamento de desinfecção.

Ficou evidente que propágulos de mandioquinha-salsa são capazes de carregar FMAs eficientes para a cultura.

Os vasos armadilhas que utilizaram propágulos de mandioquinha-salsa como inóculo de FMAs que a cultura carrega apresentou um número de esporos muito baixo.

A porcentagem de colonização radicular da mandioquinha-salsa aumentou quando consorciada com *Brachiaria decumbens*.

Os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* predominaram nos solos rizosféricos das plantas de mandioquinha-salsa provenientes das regiões de Nova Friburgo-RJ e Canoinhas-SC.

O número de esporos de FMAs multiplicados em vasos armadilhas, tendo os propágulos de mandioquinha-salsa como inóculo desses fungos, foi baixo.

CONCLUSÕES GERAIS

Plantas de mandioquinha-salsa são hospedeiras naturais de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e também de bactérias diazotróficas endofíticas.

Verificou-se a ocorrência de espécies de FMAs em campo de cultivo de mandioquinha-salsa em Nova Friburgo-RJ, sendo encontrado os seguintes gêneros: *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus* e *Scutellospora*. No levantamento a espécie predominante foi *Glomus macrocarpum*.

Foram encontrados, em tecidos de plantas de mandioquinha-salsa, os seguintes gêneros de bactérias diazotróficas endofíticas: *Azospirillum*, *Herbaspirillum* e *Burkholderia*.

Das diferentes partes da planta de mandioquinha-salsa (folhas + pecíolos; propágulos – cepa + rebentos; raízes – ‘absorção’ e ‘reserva’) não foi verificada presença de bactérias diazotróficas endofíticas nas raízes comerciais das variedades Amarela de Carandaí e Amarela de Senador Amaral (ASA), em nenhum dos meio sólidos estudados (LGI, LGI-P, NFb, JNFb e JMV).

Não foi verificado benefício satisfatório durante o período de pré-enraizamento das mudas de mandioquinha-salsa proporcionados pela infecção por FMAs.

A inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) não contribuiu com o aumento de matéria seca em nenhuma das partes da planta (parte aérea, propágulo e raiz).

As plantas de mandioquinha-salsa carregam em seus rebentos (filhotes) espécies de FMAs eficientes para a cultura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos com mandioquinha-salsa até o momento indicam que a cultura apresenta um grande potencial para ser explorada em diversas regiões do país e com vasta área na pesquisa.

A introdução de novos clones se faz necessária para o ajuste entre produção *in natura* e produção voltada para a indústria, onde se tem uma grande oportunidade em relação ao mercado externo.

Na busca por novas tecnologias, a associação entre o manejo da adubação mineral e orgânica juntamente com a microbiologia do solo e a nutrição mineral de plantas é um desafio para os estudos com mandioquinha-salsa. Em especial, na busca de um sistema agroecológico, com menos impacto ambiental, já que o histórico da cultura a permite enquadrar-se neste modelo.

As pesquisas já realizadas com FMAs e bactérias diazotróficas endofíticas na cultura da mandioquinha-salsa, inclusive as apresentadas nesta dissertação, evidenciam uma relação entre esta simbiose e a nutrição fosfatada e nitrogenada.

Novos estudos visando um melhor entendimento da associação planta-fungo-bactéria, assim como o grau de dependência dessa associação e o uso de técnicas de micropropagação (cultura de tecidos), irão abrir caminhos para transferir conhecimento científico e dar respostas de cunho prático para a agricultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. Infectivity and effectiveness of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi: effect of inoculation type. **Australian Journal Agriculture Research**, v.32, p.631-639, 1981.

ABBOTT, L.K.; GAZEY, C. An ecological view of the formation of VA mycorrhizas. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.159, p.69-78, 1994.

ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D.; SCHELTEMA, M.A. Managing soils to enhance mycorrhizal benefits in mediterranean agriculture. **Critical Reviews in Biotechnology**, Boca Raton, v.15, n.3-4, p.213-228, 1995.

ALLEN, M.F. The ecology of arbuscular mycorrhizas: a look back into the 20 th century and a peek into the 21 st. **Micological Research**, Cambridge, v.100, n.7, p.769-782, 1996.

ALVAREZ, V.V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação do fósforo remanescente. **Universidade Federal de Viçosa – MG**, 1983.

ARAÚJO, A.P.; SILVA, E.M.R.; ALMEIDA, D.L. Efetividade de fungos endomicorrízicos em tomateiro em diferentes níveis de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.193-199, 1994.

BALDANI, J.I. **Ocorrência e caracterização de *Azospirillum amazonense* em comparação com as outras espécies deste gênero, em raízes de milho, sorgo e arroz**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 1984. 110p. Dissertação de Mestrado.

BALDANI, V.L. **Efeito da inoculação de *Herbaspirillum* spp. no processo de colonização e infecção de plantas de arroz e ocorrência e caracterização parcial de uma nova bactéria diazotrófica**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 1996. 234p. Tese de Doutorado.

BALDANI, J.I.; CARUSO, L.; BALDANI, V.L.D.; GOI, S.R.; DÖBEREINER, J. Recent advances in BNF with non-legume plants. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.29, p.911-922, 1997.

BALDANI, J.I.; AZEVEDO, M.S.; REIS, V.M.; TEIXEIRA, K.R.S.; OLIVARES, F.L.; GOI, S.R.; BALDANI, V.L.D.; DÖBEREINER, J. **Fixação biológica de nitrogênio em gramíneas: avanços e aplicações**. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G., (Eds.). Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Viçosa, SBCS/UFLA/DCS, p.621-666, 1999.

BALDANI, J.I.; REIS, V.M.; BALDANI, V.L.D.; DÖBEREINER, J. A brief story of nitrogen fixation in sugarcane – reasons for success in Brazil. **Funct. Plant Biol.**, v.29, p.417-423, 2002.

BALOTA, E.L. **Interação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca** (*Manihot esculenta* Crantz). Seropédica-RJ, UFRRJ, 1994. 281p. Tese de doutorado.

BALOTA, E.L.; LOPES, E.S.; HUNGRIA, M.; DÖBEREINER, J. Ocorrência de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.7, p.1265-1276, 1999.

BERTA, G.; FUSCONI, A.; TROTTA, A.; SCANNERINI, S. Morphogenetic modifications induced by the mycorrhizal fungus *Glomus* strain E3 in the root system of *Allium porrum* L. **New Pathologist**, Oxford, v.114, p.207-215, 1990.

BOWEN, G.D. The biology and physiology of infection and its development. In: SAFIR, G.R., (Ed.). **Ecophysiology of VA mycorrhizal plants**. Boca Raton: CRC Press, p.27-57, 1987.

BRASIL, F.C. **Estudo de características radiculares de uma pastagem de *Brachiaria humidicola* com auxílio de análise digital de imagens**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 2001. 120p. Dissertação de Mestrado.

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.

BRESSAN, W.; VASCONCELLOS, C.A. Alterações morfológicas no sistema radicular do milho induzidas por fungos micorrízicos e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.4, p.509-517, 2002.

BRUCE, A.; SMITH, S.E.; TESTER, M. The development of mycorrhizal infection in cucumber: effects of P supply on root growth, formation of entry points and growth of infection units. **New Phytologist**, Oxford, v.27, p.507-514, 1994.

CÂMARA, F.L.A. **Estudo de tecnologias objetivando precocidade de produção de batata-baroa** (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Viçosa-MG, UFV, 1984. 54p. Dissertação de Mestrado.

CÂMARA, F.L.A. Tipos de propágulos e profundidade de plantio de mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.7, n.1, p.46, 1989. Resumo.

CÂMARA, F.L.A. **Sintomatologia de carências de macronutrientes e boro em mandioquinha-salsa** (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Piracicaba-SP, ESALQ/USP, 1990. 66p. Tese de Doutorado.

CÂMARA, F.L.A. Efeito do substrato e da imersão em IBA sobre o enraizamento de propágulos de mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, v.10, n.1, p.36-37, 1992.

CÂMARA, F.L.A.; SANTOS, F.F. **Cultura da mandioquinha-salsa**. In: CEREDA, M.P. (Coord.). Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas. São Paulo: Fundação Cargil, p.519-532, 2002.

CANUTO, E.L. **Seleção de bactérias diazotróficas endofíticas para uso como insumo biológico em plantas de cana-de-açúcar oriundas de sementes**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 2003. 57p. Dissertação de Mestrado.

CAPRONI, A.L. **Fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas remanescentes da mineração de bauxita em Porto Trombetas/PA**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 2001. 186p. Tese de Doutorado.

CARVALHO, A.R.V. **Associação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.R.) e de dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jaquim.)**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 1997. 261p. Dissertação de Mestrado.

CASALI, V.W.D.; SEDIYAMA, M.A.N. Cultivares e melhoramento da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.120, p.19-21, 1984.

CASALI, V.W.D.; SEDIYAMA, M.A.N. Origem e botânica da mandioquinha-salsa. In: Mandioquinha-salsa: Alimento energético. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.190, p.13-14, 1997.

CAVALCANTE, V.A.; DÖBEREINER, J. A new acid tolerant nitrogen-fixing bacterium associated with sugarcane. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.108, p.23-31, 1988.

COSTA, C.; DWYER, L.M.; HAMILTON, R.I.; HAMEL, C.; NANTAIS, L.; SMITH, D.L. A Sampling Method for Measurement of Large Root Systems with Scanner-Based Image Analysis. **Agron. J.**, v.92, p.621-627, 2000.

COSTA, T.A.; PINTO, J.C.; SILVA, E.S; COSTA, S.M.G. Influência da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares, da acidez do solo e de fontes de fósforo no crescimento do milho. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p.1583-1590, 2002.

CRUZ, B.B.G.; OLIVEIRA, A.L.M.; REIS, V.M. Avaliação da presença de bactérias diazotróficas endofíticas em solo de canavial. In: XXVI Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas; X Reunião Brasileira sobre Micorrizas; VIII Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo; V Reunião Brasileira de Biologia do Solo. **FERTBIO 2004**. Lages-SC, 2004. Anais de resumos (CD-ROM).

DE POLLI, H. (Coord.); ALMEIDA, D.L. de; SANTOS, G.A.; CUNHA, L.H.; FREIRE, L.R.; SOBRINHO, N.M.B.A.; PEREIRA, N.N.C.; EIRA, P.A.; BLOISE, R.M.; SALEK, R.C. **Manual de adubação para o Rio de Janeiro**. Itaguaí: Ed. Universidade Rural. Coleção: Universidade Rural. Série: Ciências Agrárias, n.2, 1988. 179p.

DÖBEREINER, J. History and new perspectives of diazotrophs in association with non-leguminous plants. **Symbiosis**. v.13, p.1-13, 1992.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V.L.D.; BALDANI, J.I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas em plantas não leguminosas**. Brasília: EMBRAPA – SPI: Itaguaí-RJ. EMBRAPA – CNPAB. 60p. 1995.

ELWAN, I.M. Response of nutrient status of plants in calcareous soil receiving phosphorus fertilization and mycorrhiza. **Annals of Agricultural Science**, Cairo, v.38, n.2, p.841-849, 1993.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, 1999. 370p.

FERNANDES, A.B.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas vesicular-arbusculares em cafeeiros da região Sul do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.24, n.12, p.1489-1498, 1989.

FERNANDES, M.S.; ROSSIELLO, O.P. Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.14, n.2, p.111-148, 1995.

FITTER, A.H. Functional significance of root morphology and root system architecture. In: FITTER, A.H.; ATKINSON, D.; READ, D.J.; USHER, M.B. **Ecological interactions in soil**. Edited by Fitter. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 87-106, 1985.

FRANKE, I.H.; FEGAN, M.; HAYWARD, A.C.; STACKEBRANDT, E.; SLY, L.I. Description of *Gluconacetobacter sacchari* sp. nov., a new species of acetic acid bacterium isolated from the leaf sheath of sugarcane and from the pink sugarcane mealy bug. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v.49, p.1681-1693, 1999.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction of the British Mycological Society**, v.46, p.235-246, 1963.

GERDEMANN, J.W. Vesicular-arbuscular mycorrhizal. In: TORREY, J.G.; CRACKSON, D.T. (Ed.). **The development and functions of roots**. London: Academic Press, p.575-591, 1975.

GILLIS, M.; KERSTERS, K.; HOET, D.B.; JANSSENS, D.; KROPPENSTEDT, R.M.; STEPHAN, M.P.; TEIXEIRA, K.R.S.; DÖBEREINER, J. *Acetobacter diazotrophicus* sp nov., a acetic acid bacterium associated with sugarcane. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington. v.39, p.361-364, 1989.

GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **The New Phytologist**, v.94, p.489-500, 1980.

GIOVANETTI, M.; GIANINAZZI-PEARSON, V. Biodiversity in arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycologia**, New York, v.98, n.7, p.705-715, 1994.

GOH, T.B.; BANERGLE, M.R.; BURTON, D.L. Vesicular arbuscular mycorrhizae-mediated uptake and translocation of P and Zn by wheat in calcareous soil. **Canadian Journal of Plant Science**, v.77, p.339-346, 1997.

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.

GRAHAM, J.H.; EISSENSTAT, D.M. Host genotype and the formation and function of VA mycorrhizae. **Plant Soil**, Dordrecht, v.159, p.179-185, 1994.

GRAVINA, G.A. **Densidade de propágulos infectivos e capacidade infectiva de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), em solo sob leguminosas herbáceas perenes**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 1998. 104p. Dissertação de Mestrado.

GRIPPA, C.R.; STÜRMER, S.L. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) associados com espécies de pteridófitas da floresta atlântica. In: XXVI Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas; X Reunião Brasileira sobre Micorrizas; VIII Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo; V Reunião Brasileira de Biologia do Solo. **FERTBIO 2004**. Lages-SC, 2004. Anais de resumos (CD-ROM).

HERMANN, M. Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) **Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**. 21. Gatersleben, Germany e Rome, Italy: IPGRI, p.75-172, 1997.

HERNANDEZ, M.; CARDENAS, M. Efecto de la inoculación com micorriza em Guinea cv. Likoni. **Pastosy Forrajes**. Havana, v.17, n.1, p.51-54, 1994.

HETRICK, B.A.D.; WILSON, G.W.T.; LESLIE, J.F. Root architecture of warm and cool season grasses: relationship to mycorrhizal dependence. **Canadian Journal Botany**, v.69, p.112-118, 1990.

HODGE, A.; ROBINSON, D.; FITTER, A.H. An arbuscular mycorrhizal inoculation enhances root proliferation in, but not nitrogen capture from, nutrient rich patches in soil. **New Phytologist**, Oxford, v.154, n.3, p.575-584, 2000.

ISHAC, Y.Z.; EL-HADDAD, M.E.; 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.

ISOPI, R.; FABBRI, P.; PUPPI, G.; DELGALLO, M. Dual inoculation of *Sorgum bicolor* (L) Moench ssp. *Bicolor* with vesicular arbuscular mycorrhizas and *Acetobacter diazotrophicus*. **Symbiosis**, Rehovot, v.18, n.1, p.43-55, 1995.

KARAGIANNIDIS, N.; NIKOLAOU, N. Arbuscular root infection as an important factor of grapevine nutrition status: multivariate analysis application for evaluation and characterization of the soil and leaf. **Agrochimica**, Pisa, v.43, n.3-4, p.151-165, 1999.

KOSKE, R.E.; GEMMA, J.N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, v.92, p.486-488, 1989.

LAMBAIS, M.R.; CARDOSO, E.J.B.N. Response of *Stylosanthes guianensis* to endomycorrhizal fungi inoculation as affected by lime and phosphorus applications. **Plant Soil**, v.129, p.283-289, 1990.

LIMA, L.A.; ZANIN, A.C.W.; MISCHAN, M.M. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes por plantas de mandioquinha-salsa colhida dos nove aos doze meses de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.3, n.1, p.76, 1985.

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**, v.7, p.1-19, 1983.

LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; DIAS, R.; SCHENCK, N.C. Occurrence and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in Central São Paulo state. Brazil. **Turrialba**, San Jose, v.33, p.413-422, 1983.

MADEIRA, N.R.; SANTOS, F.F. dos; SOUZA, R.J. de. Desempenho de clones de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) na região de Lavras – MG. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v.26, n.4, p.711-718, 2002.

MAGALHÃES, F.M.; BALDANI, J.I.; SOUTO, S.M.; KUYKENDALL, J.R.; DÖBEREINER, J. A new acid-tolerant *Azospirillum* species. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, n.55, p.417-430, 1983.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações**. (2.Ed.), Piracicaba, POTAFOS, p.56-114, 1997.

MANE, S.S.; RAUT, R.S.; KOHIRE, O.D. Comparative performance of vesicular arbuscular mycorrhizal fungus and Rhizobium inoculation with groundnut. **Annals of Plant Physiology**, Oxford, v.7, n.1, p.116-118, 1993.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd Edition, San Diego: Academic Press, 1997. 889p.

MARTINS, C.A. da C., ZORZI, F.C. de; 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: XXVI Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas; X Reunião Brasileira sobre Micorrizas; VIII Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo; V Reunião Brasileira de Biologia do Solo. **FERTBIO 2004**. Lages-SC, 2004. Anais de resumos (CD-ROM).

MATOS, R.M.B. **Ecologia microbiana com ênfase no estudo dos fungos micorrízicos arbusculares em plantas micropropagadas de bananeira (*Musa spp.*)**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 2000. 252p. Tese de Doutorado.

MELO, A.M.Y.; MAIA, L.C.; MORGADO, L.B. Fungos Micorrízicos Arbusculares em bananeiras cultivadas no vale do submédio São Francisco. **Revista: Acta Botânica Brasileira**, v.11, n.2, p.115-120, 1997.

MELLONI, R.; NÓBREGA, R.S.A.; MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Densidade e diversidade fenotípica de bactérias diazotróficas endofíticas em solos de mineração de bauxita, em reabilitação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.85-93, 2004.

MENGE, J.A.; STERILE, D.; JOHNSON, E.L.V.; BAGYARAJ, D.J.; LEONARD, R.T. Phosphorus concentrations in plants responsible for inhibition for mycorrhizal infection. **New Phytology**, v.80, p.575-470, 1978.

MESQUITA FILHO M.V.; SOUZA, A.F.; SILVA, H.R.; SANTOS, F.F.; OLIVEIRA, S.A. 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.

MIRANDA, J.C.C.; SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N. Influência de fungos endomicorrízicos vasículo-arbusculares na absorção de fósforo e no rendimento de matéria seca de plantas de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, p.31-36, 1984.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Fixação Biológica de Nitrogênio Atmosférico. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: Editora UFLA, p.399-471, 2002a.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: Editora UFLA, p.473-578, 2002b.

MOSSE, B.; STRIBLEY, D.P.; LETACON, F. Ecology of mycorrhizae and fungi. **Advances Microbial Ecology**, London, v.5, p.137-210, 1981.

MOSSE, B. Mycorrhiza in a sustainable agriculture. **Biological Agriculture Horticultural**, Oxon, v.3, p.191-209, 1986.

NEWMAN, E.J. A method of stimating the total length of root sample. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.3, p.139-145, 1966.

OLIVARES, F.L.; BALDANI, V.L.D.; REIS, V.M.; REIS, F.B.; BALDANI, J.I.; DÖBEREINER, J. Ecology of the endophytic diazotrophics *Herbaspirillum* spp. **Fitopatologia Brasileira**, v.18, p.313, suplemento n.289, 1993.

OLIVEIRA, A.A.R.; COELHO, Y.da S.; MATTOS, C.R.R. Infecção micorrízica em pomares de citros no Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, **Anais...** Brasília: SOB, n.8, p.195-198, 1986.

OLIVEIRA, E. **Estudo da associação entre bactérias diazotróficas e arroz irrigado**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 1992. 96p. Dissertação de Mestrado.

OLIVEIRA, M.R.G.; VAN NOORDWIJK, M.; 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.; VAN NOORDWIJK, M.; PELLERIN, S.; VAN DE GEIJN, S.C. (Eds.). **Root methods: a handbook**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p.176-206, 2000.

ORTIZ, C.A.; ORENCO-SANTIAGO, E.; ACIN, N.M. **Dry weight accumulation and nutrient uptake by arracacha grown under controlled conditions**. San Juan: University of Puerto Rico, 1998. 9p. Referência obtida via base de dados: Embrapa/CNPH-Hortaliças, 2000.

PARON, M.E.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N. Fungo micorrízico, fósforo e nitrogênio no crescimento inicial da trema e do fedegoso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.567-574, 1997.

PAULA, M.A.; REIS, V.M.; DÖBEREINER, J. Interactions of *Glomus clarum* with *A. diazotrophicus* in infection of sweet potato, sugar cane, sweet shorgum. **Biology and Fertility of Soils**, v.11, p.111-115, 1991.

PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O. Efeito de micorrizas vesicular arbusculares no crescimento, nodulação e acúmulo de N na soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.22, n.2, p.71-178, 1987.

PAULA, M.A. **Interação micorrizas vesiculo – arbusculares – bactérias diazotróficas em batata-doce (*Ipomoea batatas* (L) Lam)**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 1992. 168p. Tese de Doutorado.

PORTZ, A. **Determinação de parâmetros nutricionais e produtivos da cultura de mandioquinha-salsa em Nova Friburgo-RJ**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 2001. 99p. Dissertação de Mestrado.

PORTZ, A.; MARTINS, C.A.C.; LIMA, E. Crescimento e produção de raízes comercializáveis de mandioquinha-salsa em resposta à aplicação de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.3, p.485-488, 2003.

PRASAD, V.; MANJUNATH, G.T.S.; REDDY, C.N. Influence of *Glomus etunicatum* on growth and phosphorus uptake in *Gladiolus sp.* **Mycorrhiza News**, New Delhi, v.11, n.4, p.17-18, 2000.

PRICE, N.S.; RONCADOR, R.W.; HUSSEY, R.S. Cotton root growth as influenced by phosphorus nutrition and vesicular-arbuscular mycorrhizas. **New Phytologist**, v.111, p.61-66, 1989.

REIS, V.M. **Estudos de infecção e métodos de detecção da bactéria endofítica *Acetobacter diazotrophicus* em associação com cana-de-açúcar**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 1994. 213p. Tese de Doutorado.

REIS JUNIOR, F.B.; REIS, V.M.; SILVA, L.C.; DÖBEREINER, J. Levantamento de e quantificação de bactérias diazotróficas em diferentes genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.35, p.985-994, 2000.

REIS JUNIOR, F.B.; SILVA, M.F.; TEIXEIRA, K.R.S.; URQUIAGA, S.; REIS, V.M. Identificação de isolados de *Azospirillum amazonense* associados a *Brachiaria* spp., em diferentes épocas e condições de cultivo e produção de fitormônio pela bactéria. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.103-113, 2004.

RITCHNER, W.; LIEDGENS, M.; BÜRGI, H.; SOLDATI, A.; STAMP, P. Root image analysis and interpretation. In: SMIT, A.L.; BENGOUGH, A.G.; ENGELS, C.; VAN NOORDWIJK, M.; PELLERIN, S.; VAN DE GEIJN, S.C. (Eds.). **Root methods: a handbook**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p.305-341, 2000.

RUSSOMANNO, O.M.R. **Avaliação de diversas gramíneas na produção de inóculo de *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann**. Botucatu-SP, UEP, 1996. Dissertação de Mestrado.

SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O.; GUIMARÃES, P.T.G.; OLIVEIRA, E. Colonização do cafeeiro por diferentes fungos micorrízicos: efeitos na formação das mudas e crescimento em solo fumigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.213-220, 1995.

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**. Soc. Bras. de Ciên. do Solo, Universidade Federal de Lavras, Depart. de Ciên. do Solo, Lavras-MG, p.725-773, 1999.

SANTANA, M.B.M.; MARINHO, M.L.; GOMES, J.C.; SOUZA, L.F.S.; MAGALHÃES, A.F.J.; CARVALHO, O.S. Adubação nitrogenada no nordeste. In: SANTANA, M.B.M. ed., **Simpósio sobre Adubação Nitrogenada no Brasil**. Anais, Ilhéus, v.1, p.153-220, 1985.

SANTOS, F.F. dos. Características sócio-econômicas no processo de produção de mandioca-salsa no Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.11, n.1, p.95, 1993. Resumo.

SANTOS, F.F. dos. Mandioca-salsa: potencial de uma cultura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.12, n.2, 1994. Editorial.

SANTOS, F.F. dos; CÂMARA, F.L.A. **O cultivo da mandioca-salsa** *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft. Botucatu: UNESP-CERAT/Brasília: EMBRAPA-CNPq, 1995. 13p. (Série Raízes, 1).

SANTOS, F.F. dos. Utilização de mudas juvenis e do pré-enraizamento no impedimento da floração em mandioca-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.190, p.27-34, 1997.

SANTOS, F.F. dos; CARMO, C.A.S. do. **Mandioca-salsa: Manejo cultural**. Brasília: Embrapa-SPI / Embrapa-CNPq, 1998. 79p.

SANTOS, F.F. dos; CARMO, C.A.S. do. Clima, cultivares e época de plantio. In: SANTOS, F.F. dos; CARMO, C.A.S. do. **Mandioquinha-salsa: Manejo cultural**. Brasília: Embrapa-SPI / Embrapa-CNPq, p.20-23, 1998a.

SANTOS, F.F. dos; CARMO, C.A.S. do. Manejo de mudas e tratos culturais. In: SANTOS, F.F. dos; CARMO, C.A.S. do. **Mandioquinha-salsa: Manejo cultural**. Brasília: Embrapa-SPI / Embrapa-CNPq, p.29-36, 1998b.

SANTOS, F.F. dos; SALAS, S. (Ed.); SALGADOS, D.F.; GUAMANGA, A. (Ed.); CORONADO, G.; VILLAROEL, T. Manejo de semilla y uso de almácigo en el cultivo de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*): Desarrollo de agroindustrias y mercados para la arracacha. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. 2004. 24p.

SCHENCK, N.C.; PÉREZ, Y. **Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi**. Gainesville, INVAM/University of Florida, 1988.

SEDIYAMA, M.A.N.; CASALI, V.W.D.; CARDOSO, A.A.; SILVA, E.A.M. Idade pós-colheita dos rebentos, crescimento, florescimento e produção de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.7, p.38, 1989. Resumo.

SEDIYAMA, M.A.N.; CASALI, V.W.D. Propagação vegetativa da mandioquinha-salsa. Informe Agropecuário, **Belo Horizonte**, v.19, n.190, p.24-27, 1997.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), 1991. 371p.

SILVA, J.R.; NORMANHA, E.S. **Instruções para a cultura da mandioquinha-salsa ou batata-baroa**. Campinas, IAC, 1964. 9p. (Boletim, 134).

SILVA, J.R.da; BLANCO, H.G.; NORMANHA, E.S.; FREIRE, E.S. Efeitos de doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio sobre a produção de raízes de mandioquinha-salsa. **Bragantia**, Campinas, v.25, n.33, p.365-369, 1966.

SILVA, R.P.da; PEIXOTO, J.R.; JUNQUEIRA, N.T.V. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* DEG). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v.23, n.2, p.377-381, 2001.

SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, p.1499-1506, 1989.

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.

TARRAND, J.J.; KREIG, N.R.; DÖBEREINER, J. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. **Canadian Journal of Microbiology**, n.8, p.967-980, 1978.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. **Boletim Técnico/UFRGS**, Porto Alegre. Departamento de solos, UFRGS, (2.Ed.), n.5, 1995. 174p.

THOMSON, B.D.; ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.K. Mycorrhizas formed by *Gigaspora calospora* and *Glomus fasciculatum* on subterranean clover in relation to carbohydrate concentration in roots. **New Phytologist**, Oxford, v. 114, p. 217-225, 1990.

TILAK, K.V.B.R.; LI, C.Y.; HO, I. Occurrence of nitrogen fixing *Azospirillum* in vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, v.116, p.286-288, 1989.

TRINDADE, A.V. **Crescimento e composição mineral de mudas de Eucalyptus grandis em resposta à inoculação com fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e à aplicação de composto orgânico**. Viçosa-MG, UFV, 1992. 84p. Dissertação de Mestrado.

TRINDADE, A.V.; FARIA, N.G.; ALMEIDA, F.P. Uso de esterco no desenvolvimento de mudas de mamoeiro colonizadas com fungos micorrízicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n.7, p.1389-1394, 2000.

VANDE BROEK, A.; KEIJERS, V.; VANDERLEYDEN, J. Effect of oxygen on the free-living nitrogen fixation activity and expression of the *Azospirillum brasilense* NifH gene in various plant-associated diazotrophs. **Symbiosis**, v.21, p.25-40, 1996.

WEBER, O.B.; OLIVEIRA, E. de. Ocorrência de Fungos Micorrízicos Vesículo-Arbusculares em Citros nos Estados da Bahia e Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.12, p.1905-1914, 1994.

YAMADA, Y.; HOSHINO, K.I.; ISHIKAWA, T. The phylogeny of acetic acid based on the partial sequences of 16S ribosomal RNA: the elevation of the subgenus *Gluconacetobacter* to the generic level. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, v.61, n.8, p.1244-1251, 1997.

ZANIN, A.C.W.; CASALI, V.W.D. Origem, distribuição geográfica e botânica da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.120, p.9-11, 1984a.

ZANIN, A.C.W.; CASALI, V.W.D. Efeitos climáticos sobre a mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.120, p.13-15, 1984b.

ZONTA, E. **Estudos da tolerância ao alumínio em arroz de sequeiro e seus efeitos sobre a interface solo-planta**. Seropédica-RJ, UFRRJ, 2003. 139p. Tese de Doutorado.

ANEXOS

Tabela 24. Resultados da análise química dos horizontes do perfil de solo aberto ao lado do local do experimento.

Horiz	Prof.(cm)	%C	P	K	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H+Al	Al ⁺⁺⁺	pH H ₂ O
		--mg kg ⁻¹ --			-----cmol _c kg ⁻¹ -----					
AP	0-12	1,5	12	86	0,04	2,2	1,1	8,9	0,4	5,3
AB	12-26	1,1	7	31	0,04	1,7	0,6	7,6	0,7	5,2
BA	26-49	0,8	2	16	0,02	0,3	0,2	4,0	1,7	4,8
Bt1	49-107	0,6	2	16	0,02	1,6	0,9	8,2	1,5	4,7
Bt2	107-150 ⁺	0,6	2	19	0,01	3,1	1,2	6,6	1,0	4,9

Tabela 25. Resultados de análise granulométrica (Método da Pipeta) dos horizontes do perfil de solo aberto ao lado do local do experimento.

Horiz.	Prof. (cm)	Areia total	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila total
		-----%				
AP	0-12	62	36	26	20	18
AB	12-26	67	39	28	18	15
BA	26-49	52	25	27	27	21
Bt1	49-107	50	23	27	24	26
Bt2	107-150 ⁺	50	20	30	28	22

Tabela 26. Resumo da análise de variância da porcentagem de colonização radicular de mandioquinha-salsa, aos 3, 5, 7 e 10 meses após o plantio, cultivada em nove tratamentos de adubação.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios ¹
Bloco	3	0,01172618
Tratamento	8	0,01769828
Coleta	3	0,3267130**
Tratamento x coleta	24	0,01531088
Resíduo	105	0,01366947
CV (%)		32,77

** Significativo a 1% pelo teste F.

¹ Dados transformados em arcoseno (raiz(x/100)).

Tabela 27. Resumo da análise de variância do número de esporos do solo rizosférico coletado em campo de produção de mandioquinha-salsa, aos 3, 5, 7 e 10 meses após o plantio, cultivada em nove tratamentos de adubação.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios ¹
Bloco	3	0,08063227
Tratamento	8	0,02320160
Coleta	3	0,7418067**
Tratamento x coleta	24	0,01762461
Resíduo	105	0,02694868
CV (%)		5,10

** Significativo a 1% pelo teste F.

¹ Dados transformados em Log (x).

Tabela 28. Resumo da análise de variância da matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria fresca do propágulo (MFPR) e matéria fresca da raiz (MFR) aos 20 dias após o plantio de mudas de mandioquinha-salsa inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em seis substratos.

Fonte de var.	Graus de lib.	----- Quadrados médios -----		
		MFPA	MFPR	MFR
Fungo	1	0,031519	0,760033	0,980408
Bloco	3	1,691247	0,094872	0,295656
Erro 1	3	0,200708	3,874083	0,301919
Substrato	5	2,401667**	8,684853	2,964383**
Subs. x fungo	5	0,574804	5,428413	0,976358**
Erro 2	30	0,373739	5,888454	0,157928
CV 1 (%)		14,83	13,80	25,24
CV 2 (%)		20,24	17,01	18,26

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 29. Resumo da análise de variância da matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca do propágulo (MSPR) e matéria seca da raiz (MSR) aos 20 dias após o plantio de mudas de mandioquinha-salsa inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em seis substratos.

Fonte de var.	Graus de lib.	----- Quadrados médios -----		
		MSPA	MSPR	MSR
Fungo	1	0,006302	0,126075	----
Bloco	3	0,011291	0,127428	----
Erro 1	3	0,003358	0,214336	----
Substrato	5	0,017632**	0,114455	----
Subs. x fungo	5	0,005142	0,122650	----
Erro 2	30	0,003443	0,150337	----
CV 1 (%)		17,84	23,15	----
CV 2 (%)		18,07	19,39	----

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 30. Resumo da análise de variância da matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria fresca do propágulo (MFPR) e matéria fresca da raiz (MFR) aos 35 dias após o plantio de mudas de mandioquinha-salsa inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em seis substratos.

Fonte de var.	Graus de lib.	----- Quadrados médios -----		
		MFPA	MFPR	MFR
Fungo	1	0,023852	5,005208	1,248075
Bloco	3	1,366524	3,488925	0,674244
Erro 1	3	0,170608	6,118325	0,133831
Substrato	5	16,57751**	17,120898*	2,685873**
Subs. x fungo	5	0,539917	6,602568	0,211555
Erro 2	30	1,882119	6,543013	0,157887
CV 1 (%)		6,05	16,93	15,35
CV 2 (%)		20,08	17,51	16,67

* Significativos a 5% pelo teste F.

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 31. Resumo da análise de variância da matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca do propágulo (MSPR) e matéria seca da raiz (MSR) aos 35 dias após o plantio de mudas de mandioquinha-salsa inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em seis substratos.

Fonte de var.	Graus de lib.	----- Quadrados médios -----		
		MSPA	MSPR	MSR
Fungo	1	0,018408	0,097200	----
Bloco	3	0,012750	0,177547	----
Erro 1	3	0,007514	0,079050	----
Substrato	5	0,105395**	0,368075*	----
Subs. x fungo	5	0,008563	0,063580	----
Erro 2	30	0,025164	0,120109	----
CV 1 (%)		11,75	16,55	----
CV 2 (%)		21,51	20,40	----

* Significativos a 5% pelo teste F.

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 32. Resumo da análise de variância da matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria fresca do propágulo (MFPR) e matéria fresca da raiz (MFR) aos 50 dias após o plantio de mudas de mandioquinha-salsa inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em seis substratos.

Fonte de var.	Graus de lib.	----- Quadrados médios -----		
		MFPA	MFPR	MFR
Fungo	1	3,537102	4,712533	0,063802
Bloco	3	6,154791	8,017914	0,522897
Erro 1	3	11,582141	10,446594	0,551591
Substrato	5	21,305197**	3,466745	0,981457**
Subs. x fungo	5	0,339647	3,515043	0,106837
Erro 2	30	2,964354	6,560131	0,159404
CV 1 (%)		37,08	22,06	25,87
CV 2 (%)		18,76	17,48	13,91

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 33. Resumo da análise de variância da matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca do propágulo (MSPR) e matéria seca da raiz (MSR) aos 50 dias após o plantio de mudas de mandioquinha-salsa inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em seis substratos.

Fonte de var.	Graus de lib.	----- Quadrados médios -----		
		MSPA	MSPR	MSR
Fungo	1	0,026133	0,355352	----
Bloco	3	0,084183	0,134480	----
Erro 1	3	0,072917	0,331708	----
Substrato	5	0,132948*	0,198697	----
Subs. x fungo	5	0,026368	0,052057	----
Erro 2	30	0,046365	0,097144	----
CV 1 (%)		25,45	34,66	----
CV 2 (%)		20,30	18,76	----

* Significativos a 5% pelo teste F.

Tabela 34. Resumo da análise de variância da porcentagem de colonização aos 20 dias após o plantio de mudas de mandioquinha-salsa inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios ¹
Fungo	1	0,001519
Bloco	3	0,003147
Erro 1	3	0,015269
Substrato	5	0,017787*
Substrato x fungo	5	0,007254
Erro 2	30	0,004646
CV 1 (%)		120,31
CV 2 (%)		66,36

* Significativo a 5% pelo teste F.

¹ Dados transformados em arcoseno (raiz(x/100)).

Tabela 35. Resumo da análise de variância da porcentagem de colonização aos 35 dias após o plantio de mudas de mandioquinha-salsa inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios ¹
Fungo	1	0,003333
Bloco	3	0,015761
Erro 1	3	0,001394
Substrato	5	0,012678
Substrato x fungo	5	0,009348
Erro 2	30	0,006854
CV 1 (%)		25,03
CV 2 (%)		55,50

¹ Dados transformados em arcoseno (raiz(x/100)).

Tabela 36. Resumo da análise de variância da porcentagem de colonização aos 50 dias após o plantio de mudas de mandioquinha-salsa inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios ¹
Fungo	1	0,046875*
Bloco	3	0,014817
Erro 1	3	0,003514
Substrato	5	0,010060
Substrato x fungo	5	0,005285
Erro 2	30	0,005330
CV 1 (%)		43,11
CV 2 (%)		53,10

* Significativo a 5% pelo teste F.

¹ Dados transformados em arcoseno (raiz(x/100)).

Tabela 37. Resumo da análise de variância da área e comprimento radiculares aos 20 dias após o plantio de mudas de mandioquinha-salsa inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em seis substratos.

Fontes de variação	Graus de liberdade	----- Quadrados médios -----	
		Área	Comprimento
Fungo	1	120,048502	10526,3690
Bloco	3	329,511258	12239,6194
Erro 1	3	43,340147	12978,5340
Substrato	5	141,979409**	77308,5129**
Substrato x fungo	5	20,135332	19292,8743
Erro 2	30	37,030087	11169,1819
CV 1 (%)		29,29	19,39
CV 2 (%)		27,07	17,99

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 38. Resumo da análise de variância da área específica e comprimento específico radiculares aos 20 dias após o plantio de mudas de mandioquinha-salsa inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em seis substratos.

Fontes de variação	Graus de liberdade	----- Quadrados médios -----	
		Área específica	Comprimento específico
Fungo	1	64,171875**	18378,5787*
Bloco	3	90,575339	3106,8392
Erro 1	3	0,997358	1340,9455
Substrato	5	17,833518*	10158,3852**
Substrato x fungo	5	4,081150	1601,1543
Erro 2	30	6,091522	1706,9186
CV 1 (%)		9,13	12,90
CV 2 (%)		22,56	14,55

* Significativo a 5% pelo teste F.

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 39. Resumo da análise de variância da área e comprimento radiculares aos 35 dias após o plantio de mudas de mandioquinha-salsa inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em seis substratos.

Fontes de variação	Graus de liberdade	----- Quadrados médios -----	
		Área	Comprimento
Fungo	1	0,502252	135718,5525*
Bloco	3	135,007563	42091,4175
Erro 1	3	7,570902	11532,6647
Substrato	5	444,310997**	380460,7404**
Substrato x fungo	5	41,291567	34429,6079
Erro 2	30	48,743808	36580,0936
CV 1 (%)		7,10	9,24
CV 2 (%)		18,01	16,46

* Significativo a 5% pelo teste F.

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 40. Resumo da análise de variância da área específica e comprimento específico radiculares aos 35 dias após o plantio de mudas de mandioquinha-salsa inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em seis substratos.

Fontes de variação	Graus de liberdade	----- Quadrados médios -----	
		Área específica	Comprimento específico
Fungo	1	41,310852	1478,076033
Bloco	3	4,163919	6664,910958
Erro 1	3	12,155641	12716,056761
Substrato	5	15,957192**	9653,748075**
Substrato x fungo	5	1,898082	2718,048883
Erro 2	30	2,831275	1819,222025
CV 1 (%)		21,06	22,74
CV 2 (%)		10,17	8,60

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 41. Resumo da análise de variância da área e comprimento radiculares aos 50 dias após o plantio de mudas de mandioquinha-salsa inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em seis substratos.

Fontes de variação	Graus de liberdade	----- Quadrados médios -----	
		Área	Comprimento
Fungo	1	1,551602	54736,442252
Bloco	3	10,815247	46821,325752
Erro 1	3	614,726347	361921,002708
Substrato	5	278,320677*	490558,555212**
Substrato x fungo	5	34,861377	25740,855342
Erro 2	30	84,265028	72698,154068
CV 1 (%)		43,91	30,65
CV 2 (%)		16,26	13,74

* Significativo a 5% pelo teste F.

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 42. Resumo da análise de variância da área específica e comprimento específico radiculares aos 50 dias após o plantio de mudas de mandioquinha-salsa inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em seis substratos.

Fontes de variação	Graus de liberdade	----- Quadrados médios -----	
		Área específica	Comprimento específico
Fungo	1	1,928008	243,045002
Bloco	3	20,912217	15127,855908
Erro 1	3	19,016992	1195,047785
Substrato	5	4,792853	3416,642759
Substrato x fungo	5	0,636838	3692,494392
Erro 2	30	5,085489	6218,457273
CV 1 (%)		22,02	5,02
CV 2 (%)		11,39	11,46

Tabela 43. Resumo da análise de variância de massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de propágulo (MFPR) e massa fresca de raiz (MFR) de mudas de mandioquinha-salsa cultivados em vasos aos 6 meses após o plantio, com três tratamentos inoculados com fungos micorrízicos e quatro doses de fósforo.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio		
		MFPA	MFPR	MFR
Fungo	2	245,210702	95,917252	225,793620
Bloco	4	268,197132	298,230361	324,413623
Erro 1	8	515,132858	383,704356	297,910278
Fósforo	3	257,870046	1775,317851**	2542,063908**
Fungo x fósforo	6	67,922459	247,730229	372,447727
Erro 2	36	140,819237	228,207102	369,4324,62
CV 1 (%)		67,21	28,34	41,89
CV 2 (%)		35,14	21,85	46,65

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 44. Resumo da análise de variância de massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de propágulo (MSPR) e massa seca de raiz (MSR) de mudas de mandioquinha-salsa cultivados em vasos aos 6 meses após o plantio, com três tratamentos inoculados com fungos micorrízicos e quatro doses de fósforo.

Fontes de variação	Graus de liberdade	----- Quadrado médio -----		
		MSPA	MSPR	MSR
Fungo	2	5,114655	5,704640	6,990472
Bloco	4	2,352954	15,3022,40	10,705953
Erro 1	8	8,812840	23,483315	16,944693
Fósforo	3	7,644322	78,488291**	86,018846**
Fungo x fósforo	6	3,562975	6,609244	29,125349
Erro 2	36	3,296363	10,849371	16,597836
CV 1 (%)		28,36	28,48	30,66
CV 2 (%)		17,35	19,36	30,35

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 45. Resumo da análise de porcentagem de colonização radicular de mudas de mandioquinha-salsa cultivados em vasos aos 6 meses após o plantio, com três tratamentos inoculados com fungos micorrízicos e quatro doses de fósforo.

Fontes de variação	Graus de liberdade	----- Quadrados médios -----
Fungo	2	226,953455
Bloco	4	151,710971
Erro 1	8	207,346738
Fósforo	3	4945,664373**
Fungo x fósforo	6	114,146902
Erro 2	36	111,260855
CV 1 (%)		77,17
CV 2 (%)		56,53

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 46. Resumo da análise de variância de teores de nitrogênio na parte aérea (TNPA), teores de nitrogênio no propágulo (TNPR) e teores de nitrogênio na raiz (TNR) de mudas de mandioquinha-salsa cultivados em vasos aos 6 meses após o plantio, com três tratamentos inoculados com fungos micorrízicos e quatro doses de fósforo.

Fontes de variação	Graus de liberdade	----- Quadrado médio -----		
		TNPA	TNPR	TNR
Fungo	2	2,370222	0,426087	0,572542**
Bloco	4	0,318694	0,332631	0,034389
Erro 1	8	0,306015	0,097660	0,054842
Fósforo	3	2,109842**	0,171406	0,068371
Fungo x fósforo	6	0,416762	0,362144	0,148037
Erro 2	36	0,210527	0,193029	0,104789
CV 1 (%)		19,93	17,22	28,28
CV 2 (%)		16,53	24,21	39,09

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 47. Resumo da análise de variância de teores de fósforo na parte aérea (TPPA), teores de fósforo no propágulo (TPPR) e teores de fósforo na raiz (TFR) de mudas de mandioquinha-salsa cultivados em vasos aos 6 meses após o plantio, com três tratamentos inoculados com fungos micorrízicos e quatro doses de fósforo.

Fontes de variação	Graus de liberdade	----- Quadrado médio -----		
		TPPA	TPPR	TPR
Fungo	2	0,045952	0,002762	0,025212
Bloco	4	0,017682	0,005118	0,001554
Erro 1	8	0,010589	0,001641	0,001855
Fósforo	3	0,234618**	0,372393**	0,079131**
Fungo x fósforo	6	0,005449	0,003599	0,010207**
Erro 2	36	0,003539	0,004083	0,001982
CV 1 (%)		26,75	12,85	32,92
CV 2 (%)		15,46	20,28	34,02

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 48. Resumo da análise de variância de teores de potássio na parte aérea (TKPA), teores de potássio no propágulo (TKPR) e teores de potássio na raiz (TKR) de mudas de mandioquinha-salsa cultivados em vasos aos 6 meses após o plantio, com três tratamentos inoculados com fungos micorrízicos e quatro doses de fósforo.

Fontes de variação	Graus de liberdade	----- Quadrado médio -----		
		TKPA	TKPR	TKR
Fungo	2	4,045607**	2,228287*	1,825272
Bloco	4	1,080736	0,848379	0,739015
Erro 1	8	0,387317	0,408574	0,479861
Fósforo	3	1,727784*	3,919019**	1,066633
Fungo x fósforo	6	1,861142**	0,696358	1,526178**
Erro 2	36	0,445487	0,358588	0,404709
CV 1 (%)		18,62	17,54	35,77
CV 2 (%)		19,97	16,43	32,85

* Significativo a 5% pelo teste F.

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 49. Resumo da análise de variância de extração de nitrogênio na parte aérea (ENPA), extração de nitrogênio no propágulo (ENPR) e extração de nitrogênio na raiz (ENR) de mudas de mandioquinha-salsa cultivados em vasos aos 6 meses após o plantio, com três tratamentos inoculados com fungos micorrízicos e quatro doses de fósforo.

Fontes de variação	Graus de liberdade	----- Quadrado médio -----		
		ENPA	ENPR	ENR
Fungo	2	0,030592	0,009880	0,003214
Bloco	4	0,000674	0,006418	0,000605
Erro 1	8	0,008228	0,009498	0,001582
Fósforo	3	0,037764**	0,007390	0,007066**
Fungo x fósforo	6	0,007952	0,006740	0,001478
Erro 2	36	0,003589	0,007290	0,001171
CV 1 (%)		30,83	31,68	37,25
CV 2 (%)		20,36	27,76	32,04

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 50. Resumo da análise de variância de extração de fósforo na parte aérea (EPPA), extração de fósforo no propágulo (EPPR) e extração de fósforo na raiz (EPR) de mudas de mandioquinha-salsa cultivados em vasos aos 6 meses após o plantio, com três tratamentos inoculados com fungos micorrízicos e quatro doses de fósforo.

Fontes de variação	Graus de liberdade	----- Quadrado médio -----		
		EPPA	EPPR	EPR
Fungo	2	0,000560	0,000106	0,000205
Bloco	4	0,000081	0,000222	0,000068
Erro 1	8	0,000118	0,000180	0,000055
Fósforo	3	0,003393**	0,012182**	0,001860**
Fungo x fósforo	6	0,000099	0,000105	0,000054
Erro 2	36	0,000055	0,000167	0,000070
CV 1 (%)		26,60	24,46	42,04
CV 2 (%)		18,10	23,55	47,61

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 51. Resumo da análise de variância de extração de potássio na parte aérea (EKPA), extração de potássio no propágulo (EKPR) e extração de potássio na raiz (EKR) de mudas de mandioquinha-salsa cultivados em vasos aos 6 meses após o plantio, com três tratamentos inoculados com fungos micorrízicos e quatro doses de fósforo.

Fontes de variação	Graus de liberdade	----- Quadrado médio -----		
		EKPA	EKPR	EKR
Fungo	2	0,020383	0,077448	0,08530
Bloco	4	0,007575	0,034582	0,016910
Erro 1	8	0,017629	0,036074	0,007690
]Fósforo	3	0,028251*	0,273729**	0,081984**
Fungo x fósforo	6	0,030513**	0,028048	0,012877
Erro 2	36	0,009090	0,021004	0,009766
CV 1 (%)		37,39	30,03	34,30
CV 2 (%)		26,85	22,92	38,65

* Significativo a 5% pelo teste F.

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 52. Médias dos teores, em g.100g^{-1} , de nitrogênio na parte aérea (TNPA), teores de nitrogênio no propágulo (TNPR) e teores de nitrogênio na raiz (TNR) de mudas de mandioquinha-salsa aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições.

Doses de fósforo (mg P kg^{-1} de solo)	TNPA	TNPR	TNR
15	2,34 c	1,91	0,74
40	2,60 bc	1,80	0,86
100	3,17 a	1,67	0,82
240	2,99 ab	1,88	0,89

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 53. Médias dos teores, em $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, de fósforo na parte aérea (TPPA), teores de fósforo no propágulo (TPPR) e teores de fósforo na raiz (TPR) de mudas de mandioquinha-salsa aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições.

Doses de fósforo (mg P kg^{-1} de solo)	TPPA	TPPR	TPR
15	0,27 c	0,18 c	0,08 c
40	0,29 c	0,21 c	0,08 c
100	0,45 b	0,35 b	0,14 b
240	0,52 a	0,52 a	0,23 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 54. Médias dos teores, em $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, de potássio na parte aérea (TKPA), teores de potássio no propágulo (TKPR) e teores de potássio na raiz (TKR) de mudas de mandioquinha-salsa aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições.

Doses de fósforo (mg P kg^{-1} de solo)	TKPA	TKPR	TKR
15	2,94 b	3,04 b	1,65
40	3,47 ab	3,40 b	1,78
100	3,74 a	4,04 a	2,24
240	3,22 ab	4,10 a	2,07

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 55. Médias da extração, em $\text{g}\cdot \text{planta}^{-1}$, de nitrogênio na parte aérea (ENPA), extração de nitrogênio no propágulo (ENPR) e extração de nitrogênio na raiz (ENR) de mudas de mandioquinha-salsa aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições.

Doses de fósforo (mg P kg^{-1} de solo)	ENPA	ENPR	ENR
15	0,23 c	0,28	0,08 b
40	0,27 bc	0,33	0,11 ab
100	0,34 a	0,31	0,13 a
240	0,33 ab	0,32	0,11 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 56. Médias da extração, em g.planta⁻¹, de fósforo na parte aérea (EPPA), extração de fósforo no propágulo (EPPR) e extração de fósforo na raiz (EPR) de mudas de mandioquinha-salsa aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições.

Doses de fósforo (mg P kg ⁻¹ de solo)	EPPA	EPPR	EPR
15	0,03 c	0,03 c	0,01 c
40	0,03 c	0,04 c	0,01 c
100	0,05 b	0,06 b	0,02 b
240	0,06 a	0,09 a	0,03 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 57. Médias da extração, em g.planta⁻¹, de potássio na parte aérea (EKPA), extração de potássio no propágulo (EKPR) e extração de potássio na raiz (EKR) de mudas de mandioquinha-salsa aos 6 meses após o plantio. Médias de cinco repetições.

Doses de fósforo (mg P kg ⁻¹ de solo)	EKPA	EKPR	EKR
15	0,30 b	0,44 b	0,17 c
40	0,36 ab	0,63 a	0,23 bc
100	0,40 a	0,75 a	0,34 a
240	0,36 ab	0,71 a	0,28 ab

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.