

**Efeito do Fungo
Micorrízico Arbuscular
na Formação de Mudas
de Pimenteira-do-reino**

República Federativa do Brasil

Fernando Henrique Cardoso

Presidente

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Marcus Vinícius Pratini de Moraes

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

Márcio Fortes de Almeida

Presidente

Alberto Duque Portugal

Vice-Presidente

Dietrich Gerhard Quast

José Honório Accarini

Sérgio Fausto

Urbano Campos Ribeiro

Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal

Diretor-Presidente

Dante Daniel Giacomelli Scolari

Bonifácio Hideyuki Nakasu

José Roberto Rodrigues Peres

Diretores-Executivos

Embrapa Amazônia Oriental

Emanuel Adilson de Souza Serrão

Chefe-Geral

Antonio Carlos Paula Neves da Rocha

Célio Armando Palheta Ferreira

Miguel Simão Neto

Chefes-Adjuntos

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 01

Efeito do Fungo Micorrízico Arbuscular na Formação de Mudas de Pimenteira-do-reino

Elizabeth Ying Chu
Maria de Lourdes Reis Duarte
Harold Jun-Ichi Onuki Maki

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Amazônia Oriental

Trav. Dr. Enéas Pinheiro , s/n
Caixa Postal 48
CEP 66095-100 - Belém, PA
Fone: (91) 299-4544
Fax: (91) 276-9845
www.cpatu.embrapa.br
E-mail (sac): sac@cpatu.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Leopoldo Brito Teixeira
Secretária-Executiva: Maria de Nazaré Magalhães dos Santos
Membros: Antonio de Brito Silva
 Expedito Ubirajara Peixoto Galvão
 Joaquim Ivanir Gomes
 José de Brito Lourenço Júnior
 Maria do Socorro Padilha de Oliveira

Revisores técnicos: Antonio de Brito Silva – Embrapa Amazônia Oriental
 Fernando C. de Albuquerque – Embrapa Amazônia Oriental

Supervisor editorial: Guilherme Leopoldo da Costa Fernandes
Revisor de texto: Maria de Nazaré Magalhães dos Santos
Normalização bibliográfica: Célia Maria Lopes Pereira
Editoração eletrônica: Euclides Pereira dos Santos Filho

1ª edição

1ª impressão (2001): 300 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Chu, Elizabeth Ying.

Efeito do fungo micorrízico arbuscular na formação de mudas de pimenta-do-reino / Elizabeth Ying Chu, Maria de Lourdes Reis Duarte, Harold Jun-ichi Onuki Maki. - Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001.

19p. : il. ; 21cm. - (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 01).

ISSN 1676-5265

1. Pimenta-do-reino - Absorção de nutriente. 2. Micorriza arbuscular.
3. Simbiose. 4. Inoculação artificial. I. Duarte, Maria de Lourdes Reis.
II. Maki, Harold Jun-ichi Onuki. III. Título. IV. Série.

CDD-633.84

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão	10
Conclusões	16
Referências Bibliográficas	17

Efeito do Fungo Micorrízico Arbuscular na Formação de Mudanças de Pimenteira-do-reino

Elizabeth Ying Chu¹

Maria de Lourdes Reis Duarte²

Harold Jun-ichi Onuki Makr³

Resumo

Com o objetivo de detectar o comportamento de mudas de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.) à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), foi conduzido um experimento, sob condição sombreada ($\pm 40\%$ de sombra), na área experimental da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém. Estacas herbáceas de pimenteira-do-reino, cultivar Guajarina, constituídas por um nó e uma folha, foram plantadas em copos de plástico de 500 ml, contendo Latossolo Amarelo álico, fumigado e não fumigado com brometo de metila. A quantidade de solo inóculo ajustado para fornecer 200 esporos/planta das espécies *Scutellospora heterogama*, *Scutellospora gilmorei*, *Entrophospora colombiana*, *Gigaspora* sp. e *Acaulospora* sp. foi colocada em contato direto com as raízes das mudas. Três meses após, as plantas foram transplantadas para sacos de plástico preto, contendo 3 kg de solo não fumigado. Os resultados obtidos, 11 meses após a inoculação, permitem verificar que as plantas inoculadas com *S. gilmorei*, em solo fumigado, tiveram aumentos significativos no crescimento e na absorção de nutrientes, em relação às plantas não inoculadas. Não foram observadas diferenças no crescimento de plantas inoculadas e não inoculadas, em solo não fumigado. A eficiência da inoculação, traduzida em produção de matéria seca, variou de 11% a 58%, em solo fumigado e de -4% a 12% em solo não fumigado, sendo a maior eficiência encontrada nos tratamentos de *S. gilmorei* e *S. heterogama*, respectivamente. De acordo com os resultados alcançados, para se obter maior eficiência de inoculação, a adição dos FMAs deve ser feita inicialmente em solo fumigado.

Termos para indexação: eficiência da inoculação, crescimento da planta, absorção de nutrientes, fungo micorrízico.

¹Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66017-970, Belém, PA. E-mail: ewing@cpatu.embrapa.br

²Eng. Agrôn., Ph.D., Embrapa Amazônia Oriental. E-mail: mlourdes@cpatu.embrapa.br

³Eng. Agrôn., Bolsista do PIBIC/CNPq.

Introdução

A associação entre fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e plantas superiores, que se localizam em suas raízes, frequentemente estimula o crescimento delas, através do aumento da absorção de nutrientes do solo, especialmente quando o nutriente em questão é o fator limitante para o crescimento da planta (Smith & Read, 1997).

A dependência micorrízica das plantas, quanto ao seu crescimento, varia, dependendo de seu requerimento nutricional, taxa de crescimento, capacidade do sistema radicular não micorrizado em absorver nutrientes, presença de pêlos absorventes nas raízes das plantas e volume, extensão, distribuição e morfologia do sistema radicular (Janos, 1987). Algumas espécies de plantas mostram-se altamente micorrizodependentes, ao menos no início do seu crescimento, e respondem pouco à adubação, na ausência de fungos micorrízicos, enquanto outras crescem igualmente bem, micorrizadas ou não (Mosse, 1981).

Embora os FMAs ocorram de maneira generalizada na natureza, a habilidade dos fungos micorrízicos em absorver nutrientes do solo, transportar para raízes e estimular o desenvolvimento da planta, varia e é influenciada por fatores edáficos e de fatores inerentes da relação fungo-planta, tais como estado fisiológico e genética de ambos (Smith & Gianinazzi-Pearson, 1988). Entretanto, a possibilidade de se inocular espécies de FMA, selecionadas para determinadas culturas, apresenta-se como uma alternativa para aumentar o crescimento das plantas sem onerar o custo de produção. A prática de inoculação artificial de FMA tem sido utilizada em mudas propagadas vegetativamente, formadas em viveiro e cultivadas em solo fumigado (Castellano & Molina, 1989).

O benefício da micorrização é mais marcante em solos de baixa fertilidade. Como na Amazônia predominam solos com baixo teor de fósforo (P) e alto poder de fixação desse elemento, os FMAs têm grande potencial na captação desse elemento, permitindo sua utilização nas culturas de valor econômico para a região.

A ocorrência natural de fungos micorrízicos em pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.) foi constatada pela primeira vez por Ferraz (1979). O trabalho realizado por Oliveira et al. (1984), com plântulas de pimenta-do-reino, oriundas de sementes em solo fumigado, mostrou a alta dependência desta planta a fungos micorrízicos, expresso pelo aumento em produção de matéria seca, que atingiu até 2.617%. A pimenteira-do-reino é propagada comercialmente por estacas considerando-se que, mudas oriundas de sementes e de estacas são morfologicamente e fisiologicamente diferentes, há necessidade de se avaliar o efeito da inoculação micorrízica, em mudas formadas de estacas. O presente trabalho teve como objetivo de verificar o comportamento de mudas de pimenteira-do-reino, oriundas de estacas, à inoculação de fungo micorrízico arbuscular, em solos fumigado e não fumigado.

Material e Métodos

Estacas herbáceas de pimenteira-do-reino, cultivar Guajarina, contendo um nó e uma folha, foram pré-enraizadas em caixas de madeira contendo casca de arroz carbonizada. Após a emergência das novas brotações (aos 45 dias), as estacas enraizadas foram transplantadas para copos de plástico de 500 ml, contendo Latossolo Amarelo álico, coletado em uma área próxima a um seringal, à profundidade de 0 cm - 20 cm. A análise química mostrou os seguintes teores de nutrientes e nível de acidez:

pH = 4,4 (água); P = 9 mg/dm³; K = 54 mg/dm³; Na = 21 mg/dm³; Ca = 0,5 mmol_c/dm³; Ca + Mg, = 0,8 mmol_c/dm³; Al = 0,6 mmol_c/dm³. O solo coletado foi dividido em duas partes, sendo uma não fumigada e a outra fumigada, com brometo de metila.

Os fungos micorrízicos *Scutellospora heterogama*, *Scutellospora gilmorei*, *Entrophospora colombiana*, *Gigaspora* sp. (isolado da rizosfera de plantas de dendê) e *Acaulospora* sp. (isolado da rizosfera de pimenta-do-reino) foram testados com o objetivo de selecionar a espécie mais eficiente, na absorção de nutrientes do solo. As espécies foram multiplicadas na rizosfera de plantas de *Brachiaria decumbens* e mantidas em vasos. As plantas foram inoculadas com solo inóculo, ajustado para fornecer 200 esporos/planta. O inóculo de cada espécie de fungo micorrízico foi depositado em contato direto com as raízes da muda, tanto em solo fumigado como em solo não fumigado. Após 3 meses, todas as plantas foram transferidas para sacos de plástico preto perfurados (32 cm x 17 cm x 0,10 cm), contendo 3 kg de solo não fumigado e mantidas sobre bancadas de madeiras parcialmente cobertas com plástico agrícola, para proteger as plantas de chuvas pesadas, numa área sombreada (\pm 40% de sombra). Durante o período de condução do experimento, as plantas receberam cinco aplicações de 20 ml de uma solução nutritiva completa (Bolly-Jones, 1956).

O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso com 12 tratamentos (dois tipos de solo x cinco espécies de FMAs e uma testemunha não inoculada), com arranjo fatorial 2 x 6 e três repetições, sendo cada parcela representada por três plantas.

A avaliação da eficiência das espécies foi baseada no crescimento em altura aos 180 dias, na produção de matéria seca e na determinação do conteúdo de nutrientes exportados do solo, através da análise foliar aos 330 dias após a inoculação. Após a separação da parte aérea, as raízes foram lavadas em

água corrente, sobre uma peneira e cerca de 500 mg delas foram conservadas em FAA (formaldeído 40%, 13 ml; álcool 50%, 200 ml; ácido acético, 5 ml) e depois clareadas e coradas pelo método de Phillips & Hayman adaptado por Abbott & Robinson (1981), para determinação de porcentagem de colonização radicular. O restante das raízes foi posto para secagem na estufa com ventilação forçada a 60 °C, junto com a parte aérea para determinação do peso seco da planta. A porcentagem de colonização radicular foi calculada após o exame ao microscópio óptico, de 25 segmentos de raízes com 1 cm de comprimento, por repetição (Giovanetti & Morse, 1980). A eficiência da inoculação com fungos micorrízicos foi calculada pela seguinte fórmula:

$$EI = \frac{MSPI - MSPNI}{MSPNI} \times 100$$

MSPI = Matéria seca de plantas inoculadas.

MSPNI = Matéria seca de plantas não inoculadas.

Os resultados obtidos foram analisados pela ANOVA, usando-se o programa NTIA e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Resultados e Discussão

Diferenças na eficiência da inoculação de raízes de pimenteira-do-reino com diferentes espécies de FMAs foram observadas em solo fumigado, em comparação a solo não fumigado (Tabela 1). Quando o inóculo foi adicionado ao solo fumigado, as mudas inoculadas com as espécies *S. gilmorei* e *S. heterogama* tiveram aumentos significativos na altura da planta e no número das folhas emitidas, em relação ao controle não inoculado, 180 dias após a inoculação. O *S. gilmorei* promoveu também a maior

produção de matéria seca da parte aérea. Já no solo não fumigado, não houve diferença significativa entre o número de folhas emitidas e a produção de matéria seca da parte aérea entre os tratamentos ($p < 0,05$). Embora a altura das plantas inoculadas com *Acaulospora* sp. e *E. colombiana* tenha sido superior quando comparada à das plantas controle (não micorrizado), a produção de matéria seca da parte aérea dessas plantas não diferiu dos demais tratamentos. *Acaulospora* sp. foi considerada a espécie mais eficiente, entre os FMAs testados em promover o crescimento e nutrição mineral das mudas de pimenteira-do-reino cv. Cingapura, oriundas de sementes, em solo fumigado (Oliveira et al. 1984), no entanto, o mesmo grau de eficiência não foi observado em mudas de pimenteira-do-reino cv. Guajarina, oriundas de estacas herbáceas.

Em relação às quantidades de nutrientes absorvidos, observou-se que, no solo fumigado, as plantas inoculadas com *S. gilmorei* tiveram o maior aumento na absorção de nitrogênio, fósforo e cálcio (Tabela 1). Tanto as hifas do fungo micorrízico quanto as raízes micorrizadas são capazes de absorver e transferir várias formas de N do solo para a planta, desempenhando o importante papel na aquisição deste elemento (Barea & Azcón-Aquilar, 1983). Já a absorção de P é mais problemática. Mesmo presente em grande quantidade no solo dos trópicos, a disponibilidade de P é reduzida às raízes absorventes, devido às interações com colóides, reações de precipitação com Al, Fe e Ca, o que dificulta a sua difusão no solo e favorece o desenvolvimento de zonas de esgotamento ao redor das raízes absorventes, reduzindo a sua absorção pelas raízes (Siqueira, 1990). Portanto, o efeito mais marcante da inoculação com espécies de fungos micorrízicos eficientes está no aumento da absorção e de utilização desses elementos, especialmente o P no solo e, conseqüentemente, o aumento significativo, em crescimento da planta (Siqueira et al., 1994). Isso foi observado também em plantas de pimenteira-do-reino inoculadas com o *S. gilmorei*, neste trabalho. O aumento da absorção de Ca por fungos micorrízicos ainda não foi bem elucidado, embora

o melhor crescimento da planta devido ao aumento da absorção de Ca junto ao do P, já tenha sido relatado em *Theobroma cacao* L (Chulan & Martin, 1992) e *Euterpe oleracea* Mart. (Chu, 1999). Como o Ca é um constituinte de polifosfato granular em hifas de fungos micorrízico, cuja função é transferir P da hifa para a planta, através de estimulação da produção de alcali-fosfatase (Zaag et al. 1979), o aumento da absorção desse elemento pode contribuir indiretamente para o aumento do crescimento da planta. O tipo de solo usado para a inoculação inicial de FMAs não influenciou as quantidades de potássio, magnésio, cobre e zinco absorvidas, no entanto, houve diferença significativa entre os tratamentos de fungo ($p < 0,05$). O maior conteúdo de Mg e Cu foi obtido com a inoculação de *S. heterogama* e de *S. gilmorei*, respectivamente, enquanto a quantidade de Zn absorvida não diferiu entre os tratamentos de fungo e o controle não inoculado (Tabela 2).

A fumigação do solo e as espécies de fungo micorrízico não influenciaram a porcentagem de colonização radicular (Tabela 2). Para ser eficiente em promover o crescimento da planta, uma espécie de FMA tem que ter capacidade de iniciar a infecção radicular rapidamente e intensamente e, ao mesmo tempo, conseguir infectar as raízes na fase de crescimento acelerado, quando requer maior absorção de nutrientes, especialmente aqueles deficientes para o crescimento da planta (Abbott & Robson, 1984). Portanto, a porcentagem de colonização radicular entre as espécies de FMA pode não mostrar a diferença no final do experimento, embora os seus efeitos em aumentar o crescimento da planta sejam diferenciados, durante a fase de crescimento da planta (Owusu-Bennoah & Mosse, 1979).

A eficiência da inoculação foi bastante reduzida em solo não fumigado, variando de 11% a 58% no solo fumigado e de -4% a 12% no solo não fumigado e, sendo o maior valor de eficiência encontrada nos tratamentos de *S. gilmorei* e *S. heterogama*, respectivamente (Fig. 1). A interação entre os fungos micorrízicos pode variar de não interativa a distinta interação

(Lopez-Aquillon & Mosse, 1987; Hepper et al. 1988). Quando a interação é neutra, a presença de outros fungos micorrízicos não interfere no estabelecimento do fungo introduzido. Caso contrário, a competitividade do fungo introduzido torna-se importante para o funcionamento da inoculação feita no solo não fumigado (Wilson & Tommerup, 1992). As espécies de FMAs introduzidas apresentaram pouca habilidade de competição, quando foram inoculadas no solo não fumigado, no entanto, quando a inoculação foi feita inicialmente em solo fumigado, as chances dos fungos introduzidos se estabelecerem nas raízes da pimenteira-do-reino foram maiores, de modo que, os benefícios da inoculação continuaram sendo observados, mesmo com a transferência das plantas para solo não fumigado. Baseado nos dados obtidos das plantas testemunhas (não inoculadas) nos solos fumigados e não fumigado, os fungos micorrízicos nativos não foram eficientes em aumentar o crescimento e a absorção de nutrientes pelas plantas. A resposta das plantas à micorrização é o resultado do balanço entre o consumo de fotossintatos pelo fungo e a quantidade de nutrientes minerais absorvidos e transferidos pelo FMA, para as raízes da planta. Sendo assim, pode ocorrer um saldo negativo do balanço, quando o benefício da micorrização não pode recompensar o dreno energético causado pelo fungo nas raízes (Smith & Read, 1997). Isso explicaria a eficiência reduzi-

Tabela 1. Altura da planta, número de folhas emitidas (aos 180 dias após a inoculação) e produção de matéria seca e conteúdo de N,P e Ca da parte aérea (aos 330 dias após a inoculação) de mudas de pimenteira-do-reino, cv. Guajarina, provenientes das estacas, inoculadas ou não inoculadas, em solos fumigado e não fumigado, e posteriormente cultivadas em solo não fumigado (Média de três repetições).

Solo	FMAs	Altura da planta (cm)	Número de folhas	Peso seco parte aérea (g)	Conteúdo de nutrientes (mg/pl)		
					N	P	Ca
Solo fumigado	Controle	23,3 c	7 c	12,4 b	267,3 b	14,7 b	105,8 b
	Sg	59,7 a	14 a	19,7 a	359,2 a	23,6 a	180,2 a
	Sh	44,4 ab	12 ab	16,5 ab	291,4 ab	15,6 b	172,0 a
	Gig	33,1 bc	10 abc	16,3 ab	314,2 ab	16,5 b	138,7 ab
	Ac	29,8 bc	10 bc	15,8 ab	302,1 ab	17,8 b	115,8 b
	Ec	29,0 bc	8 c	13,8 b	139,7 c	15,4 b	113,0 b
Solo não fumigado	Controle	29,8 b	9 a	14,2 a	236,3 a	12,1 a	106,4 a
	Sg	44,4 ab	11 a	15,6 a	226,5 a	11,6 a	116,1 a
	Sh	45,0 ab	11 a	16,0 a	288,1 a	12,9 a	147,4 a
	Gig	43,9 ab	11 a	15,9 a	267,8 a	13,8 a	137,1 a
	Ac	50,3 a	12 a	13,7 a	237,3 a	12,6 a	96,3 a
	Ec	48,4 a	12 a	14,8 a	258,0 a	12,0 a	125,7 a
CV (%)		31,7	26,3	19,9	20,3	26,5	28,3

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

Sg: *Scutellospora gilmorei*; Sh: *Scutellospora heterogama*; Gig: *Gigaspora* sp.;
Ac: *Acaulospora* sp.; Ec: *Entrophospora colombian*

da da inoculação e o valor negativo obtido no tratamento de *Acaulospora* sp. na presença de fungos nativos, no solo não fumigado. De acordo com os resultados obtidos, a pré-inoculação com FMA selecionado deve ser feita inicialmente em solo fumigado para se obter o maior benefício.

Tabela 2. Conteúdo de Mg, Cu e Zn da parte aérea (aos 330 dias após a inoculação) de mudas de pimenteira-do-reino, cv. Guajarina, provenientes das estacas, inoculadas com diferentes fungos micorrízicos arbusculares (Média de três repetições).

FMAs	Conteúdo de nutrientes (mg/planta)			Colonização radicular (%)
	Mg	Cu	Zn	
Controle	58,3 bc	0,31 b	0,87 ab	51 a
Sg	75,3 ab	0,44 a	0,96 ab	59 a
Sh	85,5 a	0,38 ab	1,11 a	63 a
Gig	72,3 ab	0,38 ab	1,00 ab	56 a
Ac	53,6 c	0,35 ab	0,80 b	63 a
Ec	62,9 bc	0,36 ab	0,96 ab	64 a
CV (%)	26,1	27,7	26,8	23,0

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

Sg: *Scutellospora gilmorei*; Sh: *Scutellospora heterogama*; Gig: *Gigaspora* sp.; Ac: *Acaulospora* sp.; Ec: *Entrophospora colombiana*.

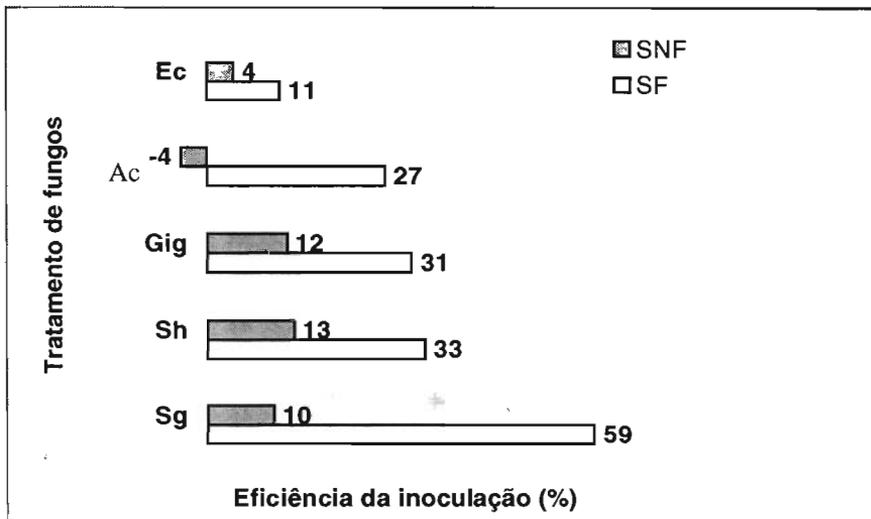


Fig. 1. Eficiência da inoculação com FMAs em plantas de pimenta-do-reino, cultivar Guajarina (Sg: *Scutellospora gilmorei*; Sh: *Scutellospora heterogama*; Gig: *Gigaspora* sp.; Ac: *Acaulospora* sp.; Ec: *Entrophospora colombiana*) em solo fumigado e não fumigado, baseada na fórmula: $[(\text{peso de matéria seca da planta inoculada} - \text{peso de matéria seca da planta não inoculada}) / \text{peso de matéria seca da planta não inoculada}] \times 100$.

Conclusões

- A inoculação artificial de mudas de pimenteira-do-reino oriundas de estacas herbáceas com fungos micorrízicos beneficia o crescimento da planta e a absorção de nutrientes, desde que seja feita inicialmente, em solo fumigado.
- *Scutellospora gilmorei* é a espécie mais promissora para ser usada na inoculação de mudas de estacas de pimenteira-do-reino.

Referências Bibliográficas

ABBOTT, L.K; ROBSON, A. D. Infectivity and effectiveness of five endomycorrhizal fungi: competition with indigenous fungi in field soils. *Australian Journal of Agricultural Research*, Collingwood, v.32, p.621-630, 1981.

ABBOTT, L.K.; ROBSON, A. D. The effect of VA mycorrhizae on plant growth. In: POWELL, C. LI.; BAGYARAJ, D. J. (Ed.). *VA mycorrhiza*. Boca Raton: CRC, 1984. p.113-130.

BAREA, J.M.; AZCÓN-AGUILAR, C. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen fixing plants. *Advances in Agronomy*, New York, v.36, p.1-54, 1983.

BOLLY-JONES, E.W. Visual symptoms of mineral deficiencies of *Hevea brasiliensis*. *Journal of Rubber Research Institute Malaya*. v.14, p.493, 1956.

CASTELLANO, M. A.; MOLINA, R. Mycorrhizae. In: LANDIS, T. D.; TINUS, R.W.; McDONALD, S.E.; BARNETT, J.P. (Ed.). *The container tree nursery manual*. Washington: Agriculture Forest Service, 1989. p.101-167.

CHU, E.Y. The effect of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on *Eutepa oleracea* Mart. Seedlings. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.6, p.1019-1024, 1999.

CHULAN, H.A; MARTIN, K. The vesicular-arbuscular (VA) mycorrhiza and its effects on growth of vegetatively propagated *Theobroma cacao* L. *Plant and Soil*, The Hague, v.144, p.227-233, 1992.

FERRAZ, J.M.G. Levantamento de micorriza vesicular-arbuscular em culturas da Amazônia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.3, p.194-196, 1979.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, London, v.84, p.489-500, 1980.

HEPPER, C.M.; AZCON-AGUILAR, C.; ROSEDAHL, S.; SEN, R. Competition between three species of *Glomus* used as spatially separated introduced and indigenous mycorrhizal inocula for leek (*Allium porrum* L.). *New Phytologist*, London, v.110, p.207-215, 1988.

JANOS, D.P. VA mycorrhiza in humid tropical ecosystems. In: SAFIR, G.R. (Ed.) *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants*. Boca Raton: CRC, 1987. p.107-134.

LOPEZ-AQUILLON, R.; MOSSE, B. Experiments on competitiveness of three endomycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, The Hague, v.97, p.155-170. 1987.

MOSSE, B. Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture. Hawaii: Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, 1981 (Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources. Research Bulletin ,194).

OLIVEIRA, E.; SOUZA, P.; MATOS, A.O. Endomicorrizodependência da pimenta-do-reino. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.9, n.2, p.427, 1984.

OWUSU-BENNOAH, E.; MOSSE, B. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. XI. Field inoculation responses in barley, lucerne and onion. *New Phytologist*, London, v.83, p.671, 1979.

SIQUEIRA, J.O. Eficiência de fertilizantes fosfatados em associações micorrízicas. ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 5., 1990, São Paulo. *Anais*. São Paulo: IBRAFOS, 1990. p.337-352.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Ed.). *Microrganismos de importância agrícola*. Brasília: Embrapa-CNPAP, 1994. p.151-194. (Embrapa-CNPAP. Documentos, 44).

SMITH, S. E.; GIANINAZZI-PEARSON, V. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology*, Palo Alto, v.39, p.221-244, 1988.

SMITH, S, E,; READ, D. J. Mineral nutrition, heavy metal accumulation and water relations of VA mycorrhizal plants. In: SMITH, S,E,; READ, D. J. (Ed.). *Mycorrhizal symbiosis*. New York: Academic, 1997. p.126-160.

WILSON, J.M.; TOMMERUP I. C. Interactions between fungal symbionts: VA mycorrhizae. In: ALLEN, M.F. (Ed.). *Mycorrhizal functioning*. London: Chapman and Hall, 1992. p.199-248.

ZAAG, R.L. van der; FOX, R. S.; PENA, R. S. de la; YOST, R.S. P nutrition of cassava, including mycorrhizal effects on P, K, S, Zn and Ca uptake. *Field Crops Research*, Amsterdam, v.2, p.253-263, 1979.



Amazônia Oriental

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/n, Caixa Postal 48

Fax (91) 276-9845, Fone: (91) 299-4544

CEP 66095-100, Belém, PA

www.cpatu.embrapa.br

1 1 1 4 3 5

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**



Trabalhando em todo o Brasil