

03501

CPAC

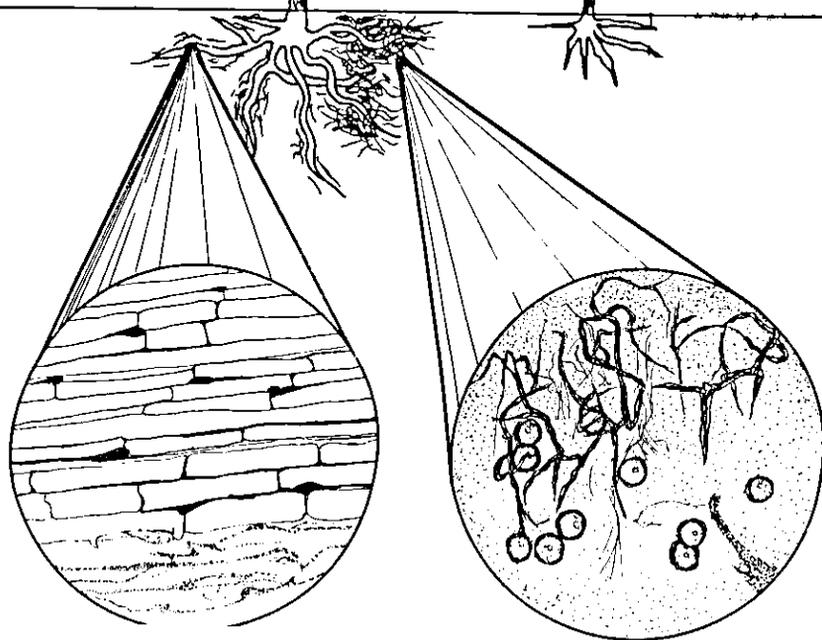
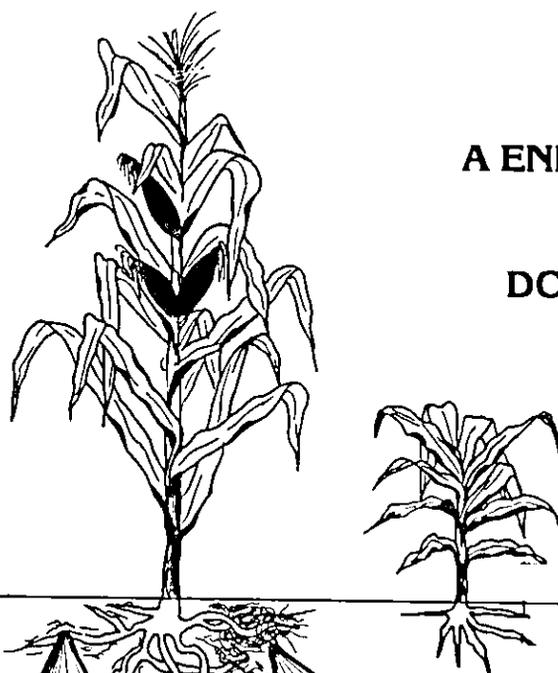
1992

FL-03501

ISSN 0102-0021

Julho, 1992

**A ENDOMICORRIZA
NA REGIÃO
DOS CERRADOS:
UMA REVISÃO**



A endomicorriza na região dos

1992

FL-03501

**TURA E REFORMA AGRÁRIA
usa Agropecuária - EMBRAPA
cuária dos Cerrados - CPAC**



29305-1

ISSN 0102-0021



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - **EMBRAPA**
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - **CPAC**

**A ENDOMICORRIZA
NA REGIÃO DOS CERRADOS:
UMA REVISÃO**

Jeanne C. C. de Miranda

Planaltina, DF
1992

Copyright © EMBRAPA-1992

EMBRAPA-CPAC. Documentos, 42

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:
CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS - CPAC
BR 020 - km 18 - Rodovia Brasília/Fortaleza CEP 73 301/970
Caixa Postal 08223 Telex: (061)1621
Telefone: (061) 389-1171 FAX: (061) 389-2953

Tiragem: 200 exemplares

Editor: Comitê de Publicações

Ariovaldo Luchiari Júnior (Presidente), Carlos Roberto Spehar,
Dauí Antunes Correa, Juscelino Antonio Azevedo, Lúcio Vivaldi,
Regina de Almeida Moura, Vânia de Cássia Arantes Hugo e Wil-
son Soares.

Normalização, revisão gramatical, composição, desenho e arte-final:
Área de Transferência de Tecnologia - ATT

Capa: Chaile Cherne S. Evangelista

MIRANDA, J.C.C. **A endomicorriza na região dos Cerrados:** uma revisão. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1992. 35p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 42).

1. Endomicorriza - Cerrado. 2. Micorriza - Cerrado.
I. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF. II. Título. III. Série.

CDD 589.2

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. PRINCÍPIOS GERAIS DE FUNCIONAMENTO DA ENDOMICORRIZA VA	7
3. OCORRÊNCIA DE FUNGOS ENDOMICORRÍZICOS EM SOLO DE CERRADO	9
4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS	
4.1 Eficiência no crescimento das plantas	12
4.1.1 Resultados em casa de vegetação	12
4.1.2 Resultados a campo	20
4.2 Eficiência como fator de controle biológico	25
4.3 Pesquisa básica: desenvolvimento e formação da endomicorriza VA em solo de Cerrado	26
5. PERSPECTIVAS DE USO E PRIORIDADES DE PESQUISA EM ENDOMICORRIZA VA NA AGRICULTURA DA REGIÃO DOS CERRADOS	30
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

A ENDOMICORRIZA NA REGIÃO DOS CERRADOS: UMA REVISÃO

Jeanne C. C. de Miranda¹

1. INTRODUÇÃO

Os Cerrados ou savanas brasileiras ocupam uma parte significativa do território nacional (24%) e sua extensão - associada a sua localização, clima e topografia - tornam-na potencialmente interessante para a agricultura intensiva (Goedert & Blumenschein 1976).

No entanto, a baixa fertilidade natural de seus solos, que são predominantemente Latossolos altamente intemperizados (Adámoli et al. 1985), tem sido uma das principais limitações para a produção agrícola. Esta tem sido geralmente causada pela deficiência de diversos macro e micronutrientes, alta acidez do solo associada a uma saturação elevada de alumínio e a baixa capacidade de troca de cátions das frações minerais e orgânicas destes solos. Outras limitações importantes dos solos da região dos Cerrados são a alta capacidade de adsorção do fósforo e a baixa disponibilidade natural deste nutriente, de modo que quantidades relativamente elevadas de fertilizantes fosfatados são necessárias para a obtenção de produções adequadas (Kamprath 1977).

Com o objetivo de minimizar o uso e maximizar a eficiência do insumo aplicado, um programa de pesquisa considerável tem sido conduzido na região dos Cerrados, enfatizando diferentes aspectos relacionados à adubação fosfatada (Goedert 1985). Um desses aspectos

¹ Bióloga, Ph.D. EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC)
Caixa Postal 08223, CEP: 73 301/970, Planaltina, DF.

de relevância tem sido o estudo da endomicorriza vesículo-arbuscular (MVA), uma associação simbiótica de certos fungos benéficos do solo com as raízes da maioria das plantas. A micorriza proporciona um aumento na absorção de nutrientes do solo, como o fósforo, pelas plantas, fazendo com que estas tenham um maior crescimento e se tornem mais produtivas, principalmente em solo de baixa fertilidade.

Muitos países, como o Brasil, necessitam importar fertilizantes químicos o que requer grandes quantidades de divisas estrangeiras. A produção local destes fertilizantes também requer um know-how tecnológico e infra-estrutura nem sempre disponíveis nos países em desenvolvimento. Em todos os casos, o fertilizante químico é dispendioso para o produtor, e a micorriza pode atenuar este problema se a sua aplicabilidade é demonstrada e se os fungos podem ser produzidos em quantidades suficientes e a preços razoáveis.

A associação micorrízica não substitui a adubação fosfatada, mas aumenta consideravelmente a eficiência de utilização do fósforo que está presente no solo ou adicionado a ele. Menge et al. (1978), por exemplo, concluíram que a inoculação de plantas de citrus com fungos MVA permitiram uma economia de US\$ 112 a US\$ 565 por hectare do superfosfato triplo utilizado como fertilizante. Tinker (1975), por sua vez, sugeriu que plantas hospedeiras, não micorrizadas ou colonizadas por endófitas ineficientes, necessitam de mais fertilizante fosfatado para atingir o mesmo crescimento que uma planta micorrizada.

As pesquisas com micorrizas na região dos Cerrados são ainda recentes, tendo iniciado de forma mais intensiva há pouco mais de dez anos. Muitos obstáculos deverão ainda ser superados, como a produção massiva de inoculantes e a sua aplicação em larga escala, antes que essa associação simbiótica possa ser utilizada como prática agrícola. Estas pesquisas têm se desenrolado em diferentes etapas, desde levantamentos da ocorrência natural dos fungos endomicorrízicos VA no solo, até a execução de trabalhos em casa de vegetação para definir condições adequadas de desenvolvimento e eficiência dos fungos nativos e exóticos.

Em condições de campo foram inoculadas espécies exóticas em culturas anuais, bem como efetuado o manejo de solos e plantas, visando o aumento da população de espécies nativas e a manutenção e

proteção do sistema simbiótico eficiente. Pesquisas básicas, envolvendo fungos micorrízicos em solos de Cerrado, têm sido também realizadas visando conhecer melhor o comportamento desses fungos em função de mudanças do meio ambiente, como, por exemplo, pela fertilização do solo.

Os resultados já obtidos e levantados, após uma revisão criteriosa na literatura especializada, serão apresentados de forma detalhada, considerando também a viabilidade do uso das micorrizas para o desenvolvimento da agricultura regional.

2. PRINCÍPIOS GERAIS DE FUNCIONAMENTO DA ENDOMICORRIZA VA

Na agricultura as micorrizas denominadas ecto e endomicorrizas são as mais importantes, por ocorrerem em plantas anuais e/ou perenes de maior interesse econômico (Miranda 1986). No entanto, as ectomicorrizas ocorrem quase que exclusivamente em essências florestais como o *Pinus* e o *Eucalyptus*, enquanto que as endomicorrizas, principalmente as do tipo vesículo-arbuscular (MVA), são mais disseminadas ocorrendo, segundo Trappe (1977) em praticamente 4/5 das plantas vasculares. Conseqüentemente, neste trabalho, dar-se-á mais destaque a este tipo de micorriza.

Os fungos MVA são Ficomicetos-Zigomicetos pertencentes à ordem das Glomales (Morton & Benny 1990), onde, por sua vez, distingue-se três famílias que englobam os seis gêneros de fungos MVA existentes: as Glomaceas com os gêneros *Glomus* e *Sclerocystis*; as Acaulosporaceas com os gêneros *Acaulospora* e *Entrophospora*; e as Gigasporaceas com os gêneros *Gigaspora* e *Scutelospora*. Estes fungos são simbioses obrigatórios e não crescem em meios sintéticos na ausência de uma planta hospedeira. A manutenção de culturas puras, de estoque, dos endófitos permite a multiplicação dos mesmos e a produção de inoculantes (Mosse 1981).

A micorriza VA resulta da colonização das raízes finas absorventes pelos fungos MVA (Fig. 1), após a germinação dos esporos de resistência no solo e formação das hifas. Estas, através da formação de apressórios, penetram nas células da epiderme ou pêlos radiculares e

invadem apenas o córtex primário, seja inter ou intracelularmente, mantendo a conexão entre a raiz e o solo.

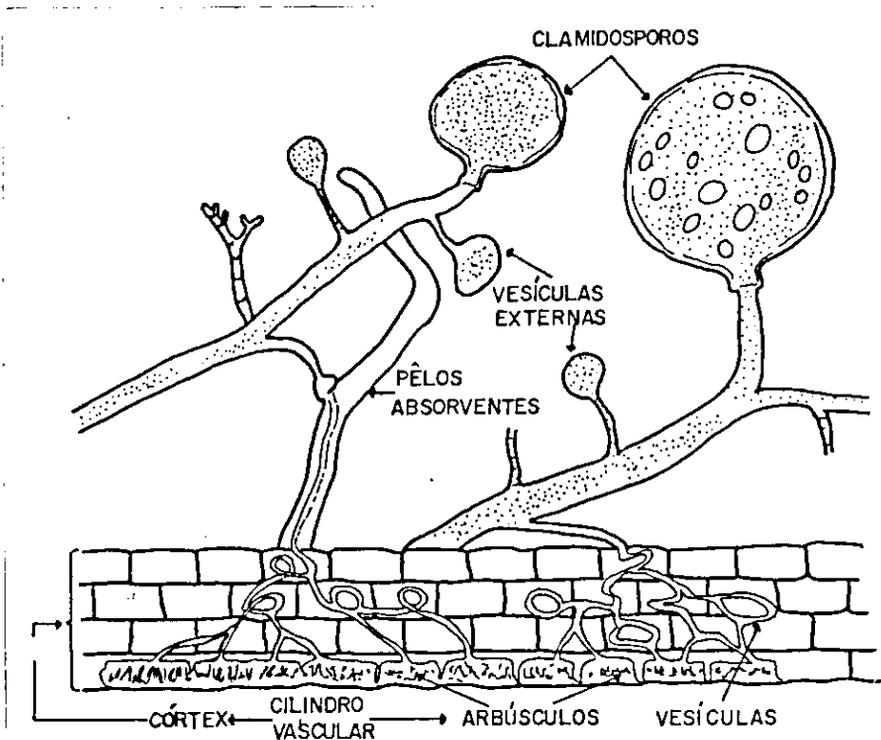


FIG. 1. Estruturas assexuadas de fungo micorrízico VA, colonizando a região do córtex da raiz.

Fonte: Nicolson (1967).

A colonização radicular pelos fungos micorrízicos VA é principalmente caracterizada pela formação de arbúsculos e vesículas que são, respectivamente, estruturas fúngicas de transferência e de armazenamento de nutrientes.

Os estudos sobre micorrizas iniciaram-se em fins do século passado (1885), mas foi apenas nos anos 50 que Mosse (1957) demonstrou pela primeira vez o efeito da simbiose no crescimento das plantas.

Desde então, inúmeros trabalhos têm sido realizados, estudando-se os fatores que afetam a micorriza VA assim como o efeito das mesmas no crescimento das plantas.

O estabelecimento, o funcionamento e a multiplicação das micorrizas VA podem ser afetados por fatores químicos, como a disponibilidade de nutrientes e a acidez do solo; fatores físicos, como a umidade e aeração do solo; e fatores biológicos, como a presença de outros microrganismos no solo, seja positivamente como no caso de *Rhizobium* ou *Pseudomonas*, ou negativamente como no caso de nematóides micofágicos, fungos hiperparasitas ou *Rhizoctonia solanii*. Além destes fatores, outros como o uso de defensivos agrícolas e o manejo de solos e culturas podem interferir na formação e desempenho da micorriza VA.

Por sua vez, a micorriza VA beneficia o crescimento das plantas através de um aumento na capacidade das mesmas em absorver nutrientes do solo como o fósforo, potássio, nitrogênio, cobre e zinco. Simultaneamente, a micorriza pode atuar como um agente de controle biológico de microorganismos fitopatogênicos como nematóides, *Phytophthora* e *Rhizoctonia*, assim como aumentar a resistência das plantas em períodos de seca e de mudas na ocasião do transplante, além de consistir em um fator de agregação das partículas do solo (Lopes et al. 1983b; Jeffries 1987).

3. OCORRÊNCIA DE FUNGOS ENDOMICORRÍZICOS VA EM SOLO DE CERRADO

Os fungos endomicorrízicos VA ocorrem naturalmente na maioria dos solos de Cerrado, sendo usual a presença simultânea de várias espécies em uma única rizosfera. Algumas espécies já identificadas que ocorrem nestes solos (Siqueira et al. 1987; Miranda, dados não publicados) estão relacionadas na Tabela 1.

TABELA 1. Relação de algumas espécies de fungos MVA encontrados em diferentes solos de Cerrado.

Espécies
<i>Acaulospora appendicula</i> (Spain, Sieverding & Schenck)
<i>Acaulospora mellea</i> (Spain & Schenck)
<i>Acaulospora morrowiae</i> (Spain & Schenck)
<i>Acaulospora myriocarpa</i> (Spain, Sieverding & Schenck)
<i>Acaulospora rehmlii</i> (Sieverding & Toro)
<i>Acaulospora scrobiculata</i> (Trappe)
<i>Acaulospora spinosa</i> (Walker & Trappe)
<i>Acaulospora tuberculata</i> (Janos & Trappe)
<i>Entrophospora colombiana</i> (Spain & Schenck)
<i>Gigaspora gigantea</i> (Nicolson & Gerdemann)
<i>Gigaspora margarita</i> (Becker & Hall)
<i>Glomus manihot</i> (Howeler, Sieverding & Schenck)
<i>Glomus occultum</i> (Walker)
<i>Scutelospora arenicola</i> (Koske & Halvorson)
<i>Scutelospora heterogama</i> (Nicolson & Gerdemann)
<i>Scutelospora pellucida</i> (Nicolson & Schenck)
<i>Scutelospora reticulata</i> (Koske, Miller & Walker)
<i>Scutelospora scutata</i> (Walker & Diederichs)
<i>Scutelospora verrucosa</i> (Koske & Walker)

Fonte: Siqueira et al. (1987); Miranda, dados não publicados.

Os diversos levantamentos e observações realizados em diferentes solos de Cerrado demonstraram, também, a ocorrência destes fungos em diferentes plantas nativas (Thomazini 1974; Bononi & Trufem 1983; Sano & Sousa 1986) e cultivadas como brachiaria (Miranda 1981; Sano 1984), café (Lopes et al. 1983a; Siqueira et al. 1987), sorgo (Miranda 1982), soja (Miranda, 1982; Sano 1984), arroz (EMBRAPA 1987) e mandioca (Sano 1984).

A população nativa de fungos MVA mostrou ser oscilante em alguns solos de Cerrado, com a frequência de seus esporos variando, por exemplo, em função dos períodos sazonais de seca e chuva (Miranda 1981; EMBRAPA 1985). Em levantamento realizado a campo, em Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com *Brachiaria humidicola*, observou-se um decréscimo gradativo do número de esporos no solo com a evolução do período seco, voltando a se multiplicar no período chuvoso (Tabela 2).

TABELA 2. Variação sazonal do número de esporos (NE), de fungos endomicorrízicos VA nativos, em Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com *Brachiaria humidicola*.

Época do ano	Época de amostragem	NE
	mês	nº/50g
Seca	maio	61
	junho	40
	julho	31
	agosto	74
Chuvosa	outubro	124
	dezembro	162

Fonte: EMBRAPA (1985).

O número de esporos de fungos MVA nativos também variou em função da adubação fosfatada realizada no solo (Miranda 1981; EMBRAPA, 1985). Os dados apresentados na Tabela 3 mostram um acréscimo do número de esporos no solo, até o nível de 200 kg P_2O_5 /ha aplicados na forma de superfosfato simples, reduzindo-se nos níveis mais elevados de adubação fosfatada.

TABELA 3. Variação do número de esporos (NE), de fungos endomycorrízicos VA nativos, em Latossolo Vermelho-Escuro, adubado com doses crescentes de superfosfato simples e cultivado com *Brachiaria humidicola*.

Níveis P	NE
kg P ₂ O ₅ /ha	nº/50g
0	16
100	90
200	162
400	79
800	61

Fonte: EMBRAPA (1985).

4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

4.1 Eficiência no crescimento das plantas

Na última década, em função dos efeitos benéficos que as micorrizas teriam sobre o crescimento das plantas, muitos trabalhos têm sido realizados visando selecionar as espécies, nativas e exóticas mais eficientes, sendo consideradas as características de comportamento de cada espécie de fungo micorrízico, em relação aos níveis de calcário e adubação fosfatada e com diferentes plantas hospedeiras. Alguns resultados significativos foram obtidos em casa de vegetação e em condições de campo.

4.1.1 Resultados em casa de vegetação

A eficiência de espécies nativas de fungos MVA tem sido comprovada no crescimento de diferentes plantas hospedeiras, como

brachiaria (Miranda 1981; Sano 1984), sorgo (Sano 1984; Sano & Sousa 1986), soja (Sano 1984; Paula et al. 1987), feijão-guandu (Diederichs 1990) e outras, e mostrou ser dependente das condições de solo, clima e natureza do fungo e da planta hospedeira.

Sano & Sousa (1986) mostraram, por exemplo, em um ensaio conduzido em Latossolo Vermelho-Amarelo Argiloso de Cerrado, adubado com 25 mg P/kg solo, uma colonização elevada das raízes de sorgo pelas espécies nativas de fungos micorrízicos VA, *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* (Tabela 4). A produção de matéria seca destas plantas foi também significativamente maior do que nos tratamentos sem inoculação ou inoculados com a espécie *Gigaspora gigantea*. Essa última colonizou apenas levemente as raízes do sorgo e foi inexpressiva na produção de matéria seca das plantas.

TABELA 4. Colonização radicular (C.R.) e produção de matéria seca (M.S.) de plantas de sorgo inoculadas com diferentes espécies nativas de fungos endomicorrízicos VA, e cultivados em solo Latossolo Vermelho-Amarelo, esterilizado e adubado com 25 mg P/kg solo.

Fungos	C.R.	M.S.
	%	g/vaso
Testemunha	0,5 c	0,74 b
<i>Gigaspora gigantea</i>	10,3 b	0,83 b
<i>Gigaspora margarita</i>	80,7 a	3,86 a
<i>Glomus clarum</i>	88,5 a	4,49 a

Médias seguidas de letras diferentes diferem significativamente entre si (DMS, P = 0,05).

Fonte: Sano & Sousa (1986).

Os efeitos de diferentes inoculantes, constituídos por fungos endomicorrízicos nativos, foram também comparados por Paula et al.

(1988) aos de espécies exóticas como *Glomus macrocarpum* e *Gigaspora margarita*, inoculados em solos de Cerrado adubado com 90 mg P_2O_5 /kg solo e cultivado com soja (Tabela 5). Neste ensaio, a maioria dos inoculantes nativos foram tão eficientes quanto a espécie exótica, *Glomus macrocarpum*. Entretanto, a espécie exótica *Gigaspora margarita* não foi efetiva para o crescimento da soja, apesar de ter colonizado suas raízes. Esta ineficiência poderia ser atribuída ao nível de fósforo utilizado e/ou a preferência da espécie de fungo MVA por uma planta hospedeira específica.

TABELA 5. Colonização radicular (C.R.) e produção de matéria seca (M.S.) de plantas de soja, inoculadas com diferentes espécies nativas e exóticas de fungos endomicorrízicos VA, e cultivadas em solo Latossolo-Vermelho-Escuro adubado com 90 mg P_2O_5 /kg solo (Superfosfato triplo).

Fungos	C.R.	M.S.
	%	g/vaso
Fungos nativos 1	65 a	4,7 b
Fungos nativos 2	26 c	4,0 b
Fungos nativos 3	74 a	4,3 bc
Fungos nativos 4	61 a	5,2 ab
Fungos nativos 5	71 a	5,4 ab
Fungos nativos 6	72 a	6,3 a
<i>Glomus macrocarpum</i>	63 ab	5,1 ab
<i>Gigaspora margarita</i>	40 bc	2,9 c
Não inoculado	0 d	2,3 d

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si ($P = 0,05$) pelo método de Tukey.

Fonte: Paula et al. (1988).

Em ensaio conduzido por Warner (1986), em um solo de Cerrado cultivado com diferentes culturas (Tabela 6), foi também demonstrado

que embora as espécies de plantas suscetíveis sejam capazes de formar simbiose com qualquer espécie do endófito, podem ocorrer preferências entre os dois organismos. Neste ensaio, enquanto a espécie *Gigaspora margarita* foi a mais eficiente para o café, a sua eficiência foi reduzida na produção de matéria seca de mamão e regular para a mandioca. A espécie *Glomus fasciculatum* foi a mais eficiente para o mamão e a *Glomus clarum* para a mandioca.

TABELA 6. Produção de matéria seca (M.S.) de diferentes culturas, inoculadas com diferentes espécies de fungos endomicorrízicos VA e cultivadas em solo, Latossolo Vermelho-Escuro, esterilizado e adubado com 40 mg P/kg solo.

Tratamento	Culturas		
	Café	Mamão	Mandioca
	M.S. (g/vaso)		
Sem inoculação	0,3	0,08	17,9
<i>Glomus albidum</i>	0,4	0,04	15,5
<i>Glomus fasciculatum</i>	0,4	3,06	27,1
<i>Glomus clarum</i>	2,5	1,53	27,2
<i>Gigaspora margarita</i>	2,9	0,57	23,9

Fonte: Warner (1986), adaptada pela autora.

As diferentes espécies de fungos micorrízicos VA mostraram também diferentes graus de sensibilidade à dose de fósforo aplicado no solo. Warner (1986) demonstrou que enquanto a espécie *Gigaspora margarita* foi mais eficiente na produção de matéria seca de plantas de café, na dose de 20 mg P/kg solo, a espécie *Glomus clarum* foi mais eficiente quando duas vezes mais fósforo foi aplicado ao solo (Tabela 7).

TABELA 7. Produção de matéria seca (M.S.) de plantas de café, inoculadas com diferentes espécies exóticas de fungos endomicorrízicos VA e cultivadas em solo, Latossolo Vermelho-Escuro, esterilizado e adubado com diferentes níveis de fósforo.

Tratamento	P aplicado (ppm P)		
	10	20	40
	M.S. (g/vaso)		
Sem inoculação	0.2	0.1	0.2
<i>Glomus clarum</i>	5.7	6.2	6.9
<i>Gigaspora margarita</i>	5.7	6.4	4.8

Fonte: Warner (1986).

Esta sensibilidade foi também observada quanto à calagem do solo. A mudança do pH (1:2,5) do solo de 4.5 para 7.5, através da calagem, não afetou o comprimento da raiz micorrizada, segundo Wang et al. (1984), mas mudou a espécie de fungo responsável pela colonização. Efetivamente, Mosse (1972) constatou que algumas espécies de fungos endomicorrízicos VA não atuam bem em solos muito ácidos. Em ensaio conduzido em solo de Cerrado, com *Paspalum notatum* (Tabela 8), pode-se observar a maior eficiência da espécie *Acaulospora laevis* em condições ácidas (pH 4.8) do que da espécie *Glomus fasciculatum*. Esta foi mais eficiente no mesmo solo, quando o pH era de 5.8.

TABELA 8. Produção de matéria seca (M.S.) da parte aérea de *Paspalum notatum* cultivado em solo de Cerrado, com calagem (CC) e sem calagem (SC), e inoculado com diferentes espécies de fungos endomicorrízicos VA.

Tratamento	M.S.	
	SC (pH 4.7)	CC (pH 5.8)
	mg/vaso	
Não inoculado	8 ± 1	14 ± 1
<i>Glomus fasciculatum</i>	58 ± 9	115 ± 21
<i>Acaulospora laevis</i>	65 ± 1	41 ± 8

Fonte: Mosse (1972).

Algumas espécies exóticas, inoculadas em solos de Cerrado, demonstraram que também podem ser eficientes no crescimento das plantas, principalmente em situações onde a população de fungos nativos é baixa, inexistente ou ineficiente. Miranda et al. (1984), por exemplo, demonstraram o efeito benéfico da inoculação com a espécie exótica *Glomus macrocarpum*, na absorção de fósforo e produção de matéria seca de plantas de sorgo (Tabela 9). Neste experimento, conduzido em Latossolo Vermelho-Escuro adubado com doses crescentes de fósforo, e onde a população de fungos MVA era praticamente inexistente, foi observado um melhor índice de colonização radicular entre os níveis de 25 e 50 mg P/kg aplicados no solo. Foi no nível de 25 mg P/kg de solo que ocorreu também o maior acréscimo na produção de matéria seca das plantas devido à inoculação, assim como o melhor suprimento de fósforo, constatado pelo aumento significativo da quantidade de P absorvido por unidade de área de raiz.

TABELA 9. Colonização radicular (C.R.), rendimento de matéria seca da parte aérea (M.S.) e teor de fósforo na parte aérea por unidade de área de raiz de sorgo (P M.S./raiz), não inoculado (NI) e inoculado (I) com *Glomus macrocarpum* em Latossolo Vermelho-Escuro adubado com diferentes doses de fósforo.

Doses	C.R.		M.S.		P M.S./raiz	
	NI	I	NI	I	NI	I
ppm P	%		g/vaso		mg P/cm ²	
0	0	4	0.07	0.13	1.2	1.0
25	0	75	1.22	3.47	1.9	6.3
50	1	80	6.45	6.32	4.2	7.2
DMS (P = 0,05)			3.03		1.6	

Fonte: Miranda et al. (1984).

Um comportamento semelhante foi também observado na absorção de outros macronutrientes como o potássio (Tabela 10). O aumento no teor de potássio, em plantas micorrizadas, tem sido geralmente atribuído ao melhor desenvolvimento da planta em geral. No entanto, um melhor suprimento de potássio às plantas micorrizadas pode ser constatado também nos níveis de 25 e 50 mg P/kg solo, através do aumento significativo da quantidade de K absorvido por unidade de área de raiz.

TABELA 10. Teor de potássio na parte aérea (K.M.S.) de sorgo e sua relação por unidade de área de raiz (KMS/raiz), influenciados por doses de fósforo em plantas não inoculadas (NI) e inoculadas (I), com o fungo endomicorrízico *Glomus macrocarpum*.

Doses	K.M.S.		K.M.S./raiz	
	NI	I	NI	I
ppm P	%		mg K/cm ²	
0	1.28	1.47	18.3	18.4
25	3.15	4.80	45.6	124.6
50	4.33	5.03	104.9	146.6
DMS (P = 0,05)	1.57		42.0	

Fonte: Miranda et al. (1984).

A micorrização pode beneficiar também o processo de fixação biológica de nitrogênio, uma vez que este processo depende de um adequado balanço nutricional na planta hospedeira, especialmente do

fósforo. Paula & Siqueira (1987) demonstraram um aumento significativo no acúmulo de nitrogênio no tecido de plantas de soja inoculadas com o fungo MVA, *Glomus macrocarpum* (Tabela 11).

TABELA 11. Colonização radicular (C.R.) e acúmulo de nitrogênio (N) no tecido de plantas de soja, inoculadas com fungos endomicorrízicos nativos e exóticos e cultivadas em solo, Latossolo Vermelho-Escuro, adubado com diferentes níveis de fósforo.

Tratamentos	P aplicado	C.R.*	Teor N
	ppm	%	mg/vaso
Solo fumigado	0	0	141
	15	0	206
	30	0	194
	60	0	175
Solo natural (Fungos nativos)	0	7,7	131
	15	14,9	157
	30	23,1	168
	60	18,5	162
Solo inoculado (<i>Glomus macrocarpum</i>)	0	15,8	175
	15	28,9	246
	30	23,2	281
	60	17,9	355
Tukey (P = 0,05)		5,9	71

* Dados transformados: $y = \text{arc sen } (\frac{x}{100})^{0,5}$

Fonte: Paula & Siqueira (1987).

Em condições de extrema deficiência de fósforo, algumas leguminosas como o siratro, por exemplo, não nodulam a menos que suas raízes sejam colonizadas por fungos formadores de micorrizas VA ou adubados com elevadas doses de fósforo (Lopes et al. 1980; Mosse 1981). Portanto, as plantas quando noduladas e micorrizadas tornam-se mais adaptadas para enfrentar as situações de deficiências nutricionais existentes nos solos sob Cerrado (Lopes & Siqueira 1981).

4.1.2 Resultados a campo

Na última década, a eficiência da micorriza no crescimento das plantas tem sido também constatada, na região dos Cerrados, em condições naturais, sem esterilização do solo.

Em trabalhos desenvolvidos a campo, em Latossolo Vermelho-Escuro, a produção do sorgo e soja foi significativamente aumentada pela inoculação com os fungos micorrízicos VA exóticos, *Glomus macrocarpum* e *Gigaspora margarita*, conforme mostra a Tabela 12. O solo continha menos de 1 ppm de fósforo e baixa população de fungos endomicorrízicos VA nativos. Os dados do sorgo se referem ao cultivo no primeiro ano imediatamente após a adubação e inoculação; e, os da soja, ao cultivo no segundo ano mostrando o efeito residual da adubação fosfatada e da inoculação. Os dados evidenciam também um comportamento diferenciado de cada espécie em relação à adubação fosfatada utilizada. O rendimento obtido nos dois cultivos e na dose de 100 kg P_2O_5 /ha foi maior quando se inoculou *Glomus macrocarpum*, enquanto que na dose de 200 kg P_2O_5 , os rendimentos foram maiores com a inoculação de *Gigaspora margarita*.

Considerando-se que as respostas do sorgo e da soja à adubação fosfatada, obtidas em outros trabalhos, têm sido lineares até o nível de 200 kg P_2O_5 /ha (Lobato 1982), organizou-se os dados de rendimento conforme a Fig. 2. No primeiro ano, a produção de grãos de sorgo no tratamento não inoculado e adubado com 200 kg P_2O_5 /ha foi a mesma que seria obtida nos tratamentos inoculados e adubados com uma dose média de 130 kg P_2O_5 /ha. Para a soja, no segundo ano, a produção de grãos obtida no tratamento não inoculado e adubado com 200 kg P_2O_5 /ha seria obtida no nível de adubação de 170 kg P_2O_5 /ha nos tratamentos inoculados.

TABELA 12. Produção de grãos de sorgo e soja não inoculados e inoculados com fungos endomicorrízicos em solo Latossolo Vermelho-Escuro a campo, com diferentes níveis de adubação fosfatada na forma de superfosfato simples.

Doses de P	Produção de grãos					
	Sorgo (1º ano)			Soja (2º ano)		
	NI	GMRG	LMCC	NI	GMRG	LMCC
	kg/ha					
100	328	726	937	1053	1021	1364
200	1052	1500	1256	1778	2076	1932
Média**	690 b	1138 a	1097 a	1415 b	1548 ab	1648 a

* NI = Não inoculado; LMCC = *Glomus macrocarpum*; GMRG = *Gigaspora margarita*

** Dados médios seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

Fonte: Miranda (1982).

Entretanto, neste ensaio foram utilizadas doses elevadas do inoculante (180 esporos/50 g), na ordem de 1400 gramas do substrato (solo + areia) por metro quadrado da parcela, correspondendo a 100 esporos por planta. As parcelas não inoculadas receberam a mesma dose do substrato desprovido dos fungos endomicorrízicos. O substrato tinha recebido adubação fosfatada e com a inoculação foi introduzida uma dose de 0,5 kg P₂O₅/ha em todos os tratamentos. Esta dose de fósforo foi insignificante em relação aos níveis de 100 e 200 kg P₂O₅/ha aplicados ao solo e não poderia interferir na resposta observada nos tratamentos inoculados.

Por sua vez, a dose elevada do inoculante poderia ser consideravelmente reduzida, através de um inoculante contendo um maior número de esporos. A espécie, *Scutellospora heterogama*, por exemplo, produziu em torno de 10000 esporos/50 g do substrato solo: areia (EMBRAPA 1981), após dois anos de cultivo com *Centrosema pubescens*.

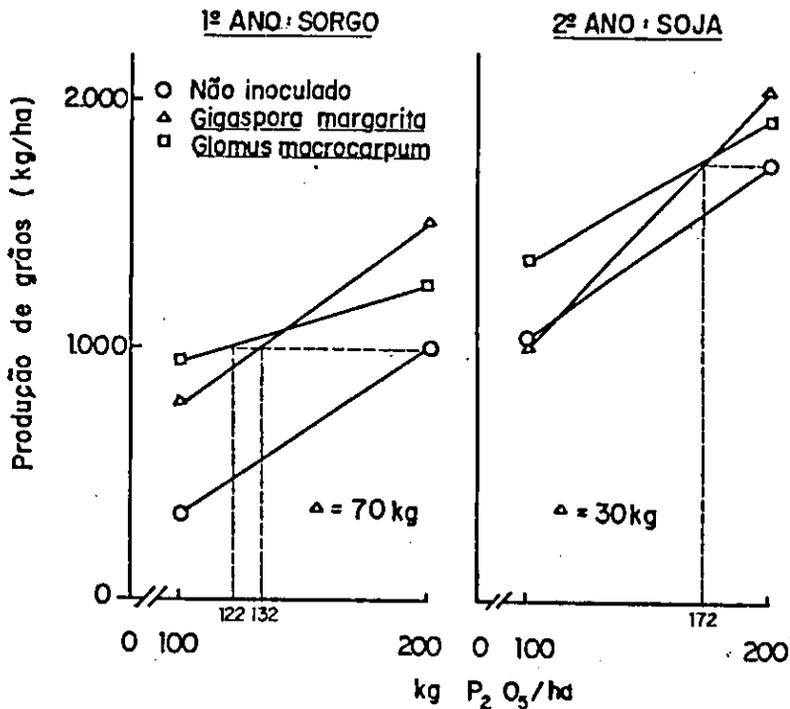


FIG. 2. Efeito da inoculação de fungos endomicorrízicos VA exóticos, na produção de grãos nas culturas de sorgo no 1º ano e soja no 2º ano de cultivo, em Latossolo Vermelho-Escuro, adubado com diferentes níveis de fósforo.

Fonte: Miranda (1982), adaptada pela autora.

Estes resultados mostram o potencial do uso da inoculação com fungos micorrízicos VA, em solos com baixo teor de fósforo. Por outro lado, as espécies nativas poderiam produzir o mesmo efeito caso a população no solo fosse elevada e eficiente.

Devido às dificuldades ainda encontradas na viabilização da inoculação em grande escala, em função das limitações na produção massiva de inoculantes, além da própria operação de inoculação, o manejo de solos e culturas tem sido investigado como uma alternativa para multiplicar a população das espécies de fungos MVA, naturalmente presentes em diferentes culturas.

Desta forma, foi observada em um experimento a campo, em Latossolo Vermelho-Amarelo com diferentes culturas (EMBRAPA 1991), a influência da rotação das culturas na população nativa de fungos micorrízicos VA do solo utilizado, com reflexos na produção de grãos da cultura subsequente (Tabela 13).

TABELA 13. Número mais provável (NMP) de propágulos de fungos micorrízicos nativos no solo, após dois anos com diferentes culturas, e após o cultivo do sorgo no terceiro ano; e produção de grãos de sorgo influenciada pela rotação de culturas.

Culturas (dois anos)	Sorgo (3º ano)		Produção de grãos/sorgo kg/ha
	Antes	Depois	
	----- NMP (nº/10 g) -----		
Vegetação nativa	3.7	0.2	-
Sem cobertura	5.9	15.2	2400
Repolho	3.1	11.4	1383
Arroz	11.9	59.3	2788
Mucuna	14.6	119.4	4772
Soja	18.0	119.4	3077
Soja inoculada*	51.2	119.4	3472

* Inoculante = mistura das espécies *Glomus fasciculatum* e *Glomus albidum*.

Fonte: EMBRAPA (1991), adaptada pela autora.

Neste ensaio foram cultivadas por dois anos as culturas do repolho, arroz, soja e mucuna. Em adição, foram feitas observações em áreas sem cultivo e com vegetação nativa. No 3º ano foi cultivado o sorgo em toda a área experimental. Observou-se que culturas como a soja, sorgo e mucuna foram benéficas para a multiplicação dos fungos micorrízicos VA no solo de Cerrado. Entretanto, como o repolho é uma cultura não dependente da associação micorrízica, houve uma redução

na população micorrízica natural do solo neste tratamento. As diferenças observadas na densidade populacional dos fungos MVA no solo refletiram-se na produção de grãos de sorgo, posteriormente cultivado em toda a área. O maior acréscimo na produção ocorreu nos tratamentos anteriormente cultivados com soja e mucuna. O benefício observado, também no tratamento inoculado com espécies exóticas na produção de grãos do sorgo, mostrou que estas espécies somadas às nativas foram ainda mais eficientes. Este resultado evidencia que não somente o aspecto quantitativo, mas também o qualitativo da população de fungos micorrízicos VA deve ser considerado de maneira a se obter o melhor proveito da associação micorrízica.

Em um ensaio semelhante, Bowen (1987) avaliou também a contribuição do cultivo de adubos verdes de leguminosas como a soja e a mucuna, seguido por uma cultura anual como o milho na população de fungos endomicorrízicos VA nativos. Os dados mostraram que estas culturas favorecem à multiplicação dos propágulos destes fungos no solo, com o maior número tendo sido obtido no solo cultivado com soja. No cultivo subsequente com milho houve, ainda, um grande acréscimo na população dos fungos MVA no solo, sendo que a diferença devido a cultura anterior foi mantida (Tabela 14).

TABELA 14. Contribuição do cultivo de adubos verdes de leguminosas com incorporação da parte aérea e raízes em Latossolo Vermelho-Amarelo, e da cultura subsequente (milho) no número mais provável (NMP) de propágulos de fungos endomicorrízicos VA nativos.

1º Plantio (Período chuvoso)	2º Plantio (Período seco)	
	Sem cultura	Com milho
	----- NMP (nº/100 g) -----	
Sem cultivo	6	9
Mucuna	24	99
Soja	37	119

Fonte: Bowen (1987), adaptada pela autora.

Os resultados obtidos mostram o grande potencial das espécies nativas, quando adequadamente manipuladas, através do preparo do solo e seqüência das culturas.

4.2 Eficiência como fator de controle biológico

Os organismos que causam doenças de plantas, principalmente os fungos e nematóides, assim como os benéficos como as micorrizas VA, ocorrem comumente juntos nas raízes ou rizosfera da mesma planta, e nestas condições as micorrizas VA são agentes potenciais de biocontrole. A interação entre as micorrizas VA e os fitopatógenos tem sido pouco estudada na região dos Cerrados. Foi somente na última década que a interação entre micorrizas VA e nematóides, por exemplo, atraiu a atenção dos diferentes cientistas em agricultura.

No ecossistema do Cerrado, do Distrito Federal, muitas plantas cultivadas como soja, feijão, milho, mandioca e arroz de sequeiro são infectadas com nematóides, especialmente com a espécie *Meloidogyne javanica* (EMBRAPA 1979). De maneira a reduzir os efeitos danosos dos nematóides do solo, várias práticas agrícolas têm sido testadas, como rotação de culturas; aplicação de nematicidas; e incorporação de adubos verdes.

A possibilidade de usar fungos micorrízicos VA no controle biológico de nematóides também pode ser considerada. Diederichs (1987) demonstrou, por exemplo, em um ensaio conduzido em Latossolo Vermelho-Escuro de Cerrado, que várias espécies nativas de fungos endomicorrízicos VA podem diferir em sua habilidade de reduzir os efeitos patogênicos causados por *Meloidogyne javanica* nas raízes de grão-de-bico (Tabela 15). As espécies *Gigaspora margarita* e *Glomus manihot* foram as menos atingidas pela presença de nematóide, colonizando mais as raízes da planta hospedeira. Nestes tratamentos o peso fresco das raízes foi maior e a reprodução de nematóides foi retardada.

Estes dados evidenciam, portanto, que o grau de susceptibilidade, assim como de resistência de uma planta hospedeira no Cerrado, pode ser notadamente alterado através da simbiose da mesma com diferentes fungos endomicorrízicos VA.

TABELA 15. Colonização radicular (C.R.) e reprodução do nematóide (Ne), *Meloidogyne javanica*, no solo e raízes de grão-de-bico, inoculadas com cinco diferentes espécies de fungos endomicorrízicos VA.

Tratamento*	CR		Peso fresco raiz	Galhas	Ovos	Larvas
	Sem (Ne)	Com (Ne)				
	arc.sen.%		g/vaso	N/raiz	N/raiz	N/50 g solo
NI	0.00	0.00	3.2	6.9	55.5	12.5
GMRG	0.92	0.92	12.4	3.6	26.7	6.6
G sp.	0.82	0.33	5.7	3.7	22.9	7.0
GGGT	0.81	0.27	2.9	3.7	19.5	12.9
LMNH	1.13	0.79	11.2	2.1	16.1	4.1
ECLB**	1.15	0.29	3.7	5.6	53.6	8.6
DMS						
(P=0,05)	0.13	0.14	4.2	2.7	23.1	5.4

* NI = Não inoculado; GMRG = *Gigaspora margarita*; G. sp = *Gigaspora sp.*; GGGT = *Gigaspora gigantea*; LMNH = *Glomus manihot*; ECLB = *Entrophospora colombiana*;

** Espécie exótica.

Fonte: Diederichs (1987).

4.3 Pesquisa básica: desenvolvimento e formação da endomicorriza VA em solo de Cerrado

A colonização micorrízica, em um sistema radicular, pode ser afetada por diferentes condições ambientais conforme já demonstrado. Destas variáveis, a do nível do fósforo no solo é especialmente importante, uma vez que a concentração de fósforo nos tecidos da planta hospedeira parece controlar o grau da colonização radicular (Azcón et al. 1978; Azcón & Ocampo 1984).

No entanto, a possibilidade do fósforo do solo de agir diretamente no crescimento do fungo MVA e, conseqüentemente na colonização micorrízica, também foi considerada, tendo sido observado resultados que confirmam esta possibilidade. Miranda et al. (1989), por exemplo, demonstraram - com raízes subdivididas de sorgo inoculadas com *Glomus macrocarpum* e submetidas simultaneamente à diferentes níveis de adubação fosfatada em vasos anexos -, que o nível de fósforo

do solo pode ser o fator de controle primário da formação da micorriza (Tabela 16). Esperava-se que ao aumentar ligeiramente o fósforo da planta (tratamento P0-1), a colonização radicular seria estimulada nos compartimentos mais deficientes em fósforo. No entanto, apesar da concentração de P na raiz mostrar evidências de translocação de P, os níveis de colonização radicular foram consideravelmente menores no tratamento sem fósforo do que no compartimento com 25 mg P/kg aplicados ao solo. Se o fósforo da planta fosse o único fator de controle da colonização micorrízica, então as raízes no compartimento sem fósforo mostrariam uma colonização radicular maior em resposta à translocação do fósforo.

TABELA 16. Teor de fósforo no solo e no tecido de plantas de sorgo inoculadas, com o fungo endomicorrízico VA, *Glomus macrocarpum*, e seu efeito no desenvolvimento interno e externo do fungo.

Tratamento	P aplicado	P na raiz	Colonização* radicular	Esporos**	Teor de micélio externo
	mg.g ⁻¹	%	%	nº 50g ⁻¹	
P 0-0	0	0.03 f	49.4 d	41 d	traços/baixo
	0	0.03 f	44.9 d	52 c	baixo
P 0-1	0	0.06 e	40.9 d	16 e	traços/baixo
	25	0.08 d	85.7 a	282 a	médio
P 1-1	25	0.10 d	66.5 c	76 b	médio
	25	0.09 d	73.1 b	86 b	médio
P 1-2	25	0.13 c	26.5 e	13 e	médio/baixo
	250	0.19 b	24.7 e	12 e	baixo
P 2-2	250	0.23 a	17.6 e	8 f	baixo
	250	0.24 a	14.7 e	8 f	baixo

As médias em cada coluna, seguidas por letras diferentes, são significativamente diferentes entre si ($P = 0,05$) pelo teste t.

* Análise estatística sobre valores percentuais transformados em \arcsin .

** Análise estatística sobre valores transformados em $\log n^{\circ}.50 g^{-1}$.

Fonte: Miranda et al. (1989).

A sugestão de que o fósforo do solo pode influenciar diretamente o comportamento da micorriza VA tem suporte em outra observação. Um nível alto de fósforo (tratamento P 1-2) reduziu a colonização radicular em ambos os compartimentos, não ocorrendo, no entanto, resposta semelhante no teor de micélio no solo.

Os resultados demonstram que existe um balanço entre fósforo do solo e fósforo da planta que controla esta relação simbiótica; e que o efeito do fósforo do solo seria provavelmente mais evidente na fase inicial da colonização radicular, quando o fungo micorrízico VA está se desenvolvendo no solo, seja na germinação dos esporos ou no desenvolvimento micelial anterior à penetração na raiz.

Este efeito foi observado em placas de solo-agar, em um ensaio conduzido por Miranda & Harris (s.d.), com esporos da espécie *Glomus macrocarpum* submetidos a doses crescentes de fósforo aplicados no solo, Latossolo Vermelho-Escuro, utilizado (Tabela 17). Aos quatorze dias, após a germinação dos esporos, houve um retardamento no crescimento do micélio a partir do nível de 50 mg P/kg.

TABELA 17. Efeito de diferentes doses de fósforo e tempo de incubação no crescimento do micélio, produzido por esporo germinado do fungo endomicorrízico VA, *Glomus macrocarpum*.

P aplicado	Tempo de incubação (dias)		
	7	14	21
ug.g ⁻¹	comprimento do micélio (mm.esporo ⁻¹)		
0.0	0.26	0.88	0.72
12.5	0.31	0.89	0.71
25.0	0.24	0.81	0.72
37.5	0.27	0.79	0.69
50.0	0.24	0.54	0.75
75.0	0.23	0.53	0.60
100.0	0.21	0.53	0.50
150.0	0.22	0.45	0.63
200.0	0.27	0.41	0.60
250.0	0.22	0.44	0.50
DMS* (P = 0,05)		0.10	

* Diferença mínima significativa da interação.

Fonte: Miranda & Harris, (s.d.)

Resultados semelhantes foram também obtidos em casa de vegetação em Latossolo Vermelho-Escuro e sorgo como planta hospedeira (Miranda & Harris, s.d.). Observou-se um retardamento do crescimen-

to do micélio no solo, já a partir do início da germinação dos esporos (Fig. 3), sendo repetido nos tratamentos que receberam doses adicionais de fósforo aos sete dias após a inoculação e plantio.

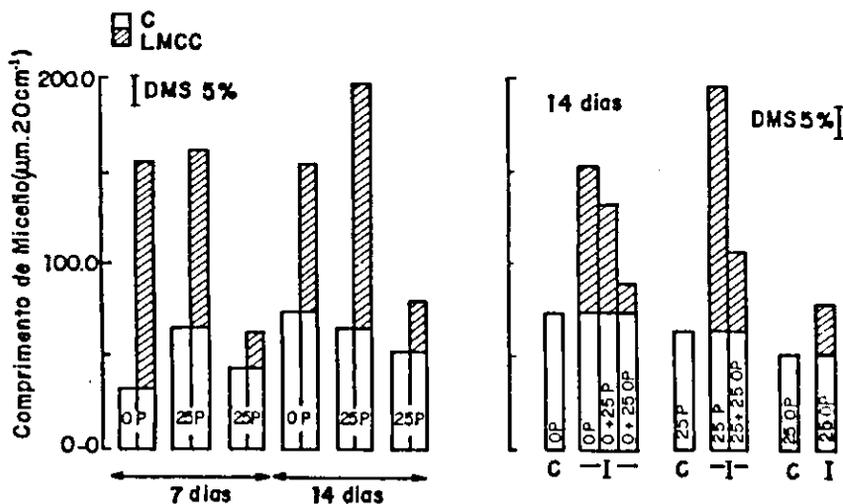


FIG. 3. Efeitos de doses e aplicações adicionais de fósforo aos 7 dias, no crescimento do micélio de fungos não micorrízicos (C) e do fungo endomicorrízico, *Glomus macrocarpum* (LMCC), na fase de pré-colonização de raízes de sorgo cultivado em um Latossolo Vermelho-Escuro por quatorze dias, em casa de vegetação. Espaços sombreados representam o teor de micélio atribuído ao fungo endomicorrízico.

Fonte: Miranda & Harris, (s.d.).

Estes dados são particularmente importantes para a produção adequada de inoculantes de fungos micorrízicos VA, pois a sua qualidade depende da viabilidade do fungo e do número e volume de seus propágulos. Além disso, estas informações são básicas quando se considera os meios mais eficazes de manejo e de introdução de fungos MVA eficientes em solos agriculturáveis, de maneira a promover o rápido estabelecimento de uma simbiose eficiente.

5. PERSPECTIVAS DE USO E PRIORIDADES DE PESQUISA EM ENDOMICORRIZA VA NA AGRICULTURA DA REGIÃO DOS CERRADOS

A demanda de fertilizantes na região dos Cerrados é extremamente elevada para culturas de interesse econômico. É exatamente nesta região carente em elementos minerais que a micorriza pode atuar, maximizando a produção agrícola. A soja, por exemplo, absorve em torno de 23% da demanda de fertilizantes fosfatados da região. Foi estimado que o equivalente a 260 mil toneladas de P_2O_5 poderiam ser economizados anualmente, na área de Cerrados do Brasil, se as micorrizas VA pudessem ser manejadas de modo a aumentar em 15% a absorção de fósforo por estas plantas (Lopes & Siqueira 1981). Os dados apresentados neste trabalho demonstram que o uso de práticas agrícolas como calagem e adubação adequadas; utilização de adubos verdes; e rotação de culturas no sistema de produção favorecem a propagação dos fungos micorrízicos no solo e/ou estimulam seus efeitos, podendo, portanto, serem extremamente vantajosos para aqueles que estão envolvidos com o processo de produção agrícola.

Nos solos de Cerrado, com baixa população de fungos micorrízicos ou população dominada por espécies de baixa eficiência, a inoculação artificial pode ser benéfica. No entanto, a inoculação em grande escala é ainda uma prática restrita, uma vez que o inoculante ainda não é produzido comercialmente no Brasil. Também, o método de inoculação deve compatibilizar-se de forma economicamente viável com as práticas culturais vigentes. Considerando este aspecto, é possível que as plantas perenes que passam por uma fase de formação de mudas em viveiros - como o cafeeiro, as plantas cítricas e a seringueira -, tenham perspectivas de utilização da micorriza em futuro mais próximo na região, sendo que para estas culturas já existem informações sobre seus graus de dependência micorrízica. Para o preparo de mudas é necessária a esterilização do solo através da fumigação. Conseqüentemente, deve-se proceder a reposição dos fungos micorrízicos VA nestes solos esterilizados através da inoculação, o que permite a produção de mudas mais vigorosas a serem transplantadas para o campo.

A eficiência da micorriza em condições de Cerrado tem sido comprovada. No entanto, para que a utilização de espécies nativas ou a inoculação artificial seja bem sucedida, são necessários estudos mais aprofundados quanto a caracterização das diferentes espécies de fungos MVA nativos ou exóticos na região; quanto a capacidade de multiplicação de propágulos; preferências entre espécies do fungo e plantas hospedeiras; condições de preparo do solo; e utilização de fertilizantes e corretivos. O conhecimento destas interações complexas é necessário de maneira a poder se recomendar uma espécie mais eficiente para uma situação particular.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L.G.; MADEIRA NETTO, J. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W.J. (ed.). **Solos dos Cerrados: Tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina: EMBRAPA - CPAC / São Paulo: Nobel, 1985. p.33-74.
- AZCÓN, R.; MARIN, A.D.; BAREA, J.H. Comparative role of phosphate in soil or inside the host on the formation and effects of endomycorrhiza. **Plant and Soil**, v.49, p.561-567. 1978.
- AZCÓN, R.; OCAMPO, J.A. Effect of root exudation on VA mycorrhizal infection at early stages of plant growth. **Plant and Soil**, v.82, p.133-138, 1984.
- BONONI, V.L.R.; TRUFEM, S.F.B. Endomicorrizas vesículo arbusculares do Cerrado da reserva biológica de Moji-Guaçu, São Paulo, Brasil. **Rickia**, v.10, p.55-84. 1983.
- BOWEN, W.T. **Estimating the nitrogen contribution of legumes to succeeding maize on an oxisol in Brazil**. New York, Cornell University, 1987. 178p. Tese Doutorado.
- DIEDERICHS, C. Improved growth of *Cajanus cajan* (L.) Millsp. in an unsterile tropical soil by three mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, v.123, p.261-266, 1990.

- DIEDERICHS, C. Interaction between five endomycorrhizal fungi and the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* on chickpea under tropical conditions. **Tropical Agriculture** (Trinidad), v.64, p.353-355, 1987.
- EMBRAPA . Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1977-1978**. Planaltina: 1979. p.106-112.
- EMBRAPA . Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1979-1980**. Planaltina: 1981. p.44-45.
- EMBRAPA . Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1981-1982**. Planaltina: 1985. p.71-74.
- EMBRAPA . Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-1985**. Planaltina: 1987. p.177-191.
- EMBRAPA . Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1985-1987**. Planaltina: 1991. p.101-104.
- GOEDERT, W.J. Fósforo. In: GOEDERT, W.J. (ed.) **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC/ São Paulo: Nobel, 1985. p. 129-166
- GOEDERT, W.J.; BLUMENSCHNEIN, A. Pesquisa agropecuária dos Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4. 1976. São Paulo. **IV Simpósio sobre o Cerrado: bases para utilização agropecuária**, ed. por M.G. Ferri. Belo Horizonte: Itatiaia, 1976. p.85-87.
- JEFFRIES, P. Use of mycorrhizae in agriculture. **Critical Reviews in Biotechnology**, v.5, p.319-357, 1987.
- KAMPRATH, E.J. Phosphorus fixation and availability in highly weathered soils. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4. 1976. São Paulo. **IV Simpósio sobre o Cerrado: bases para utilização agropecuária**, ed. por M.G. Ferri. Belo Horizonte: Itatiaia, 1976. p.333-347, 1977.

- LOBATO, E. Adubação fosfatada em solo sob vegetação de Cerrado. In: OLIVEIRA, A.J. de; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W.J. Eds. **Adubação fosfatada no Brasil**. Brasília: EMBRAPA/DID. 1982.
- 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**, v.33, p.417-422, 1983a.
- LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; NEPTUNE, A.M.L. O efeito de espécies de micorrizas vesicular-arbusculares no Siratro (*Macropodium atropurpureum*). **Bragantia**, v.39, p.241-245, 1980.
- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O. Vesicular-arbuscular mycorrhizas: their potential in phosphate nutrition in tropical regions. In: RUSSEL, R.S.; IGNE, K.; MEHTA, Y. R. (ed.) **The soil/root system in relation to brazilian agriculture**. Londrina: IAPAR, p.225-242, 1981.
- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O.; ZAMBOLIN, L. Caracterização das micorrizas vesiculares-arbusculares e seus efeitos no crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.1-19, 1983b.
- MENGE, J.A.; LABANAUSKAS, C.K.; JOHNSON, E.L.V.; PLATT, R.G. Partial substitution of mycorrhizal fungi for phosphorus fertilization in the greenhouse culture of citrus. **Soil Science Society of America Journal**, v.42, p.926-930, 1978.
- MIRANDA, J.C.C. Ocorrência de fungos endomicorrízicos nativos em um solo de Cerrado do Distrito Federal e sua influência na absorção de fósforo por *Brachiaria decumbens* stapf. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, p.102-105, 1981.
- MIRANDA, J.C.C. Influência de fungos endomicorrízicos inoculados a campo, na cultura de sorgo e soja em um solo sob Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.6, p.19-23, 1982.
- MIRANDA, J.C.C. **Utilização das micorrizas na agricultura**. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1986. 16p. (EMBRAPA - CPAC. Documentos, 20).
- MIRANDA, J.C.C.; HARRIS, P.J. Effects of soil phosphorus on spore germination and hyphal growth of Vesicular-Arbuscular mycorrhizal fungi. s.n.t. (Trabalho submetido à revista **New Phytologist** em 1992).

- MIRANDA, J.C.C.; HARRIS, P.J. The effect of soil phosphorus on the external mycelium growth of Vesicular-Arbuscular mycorrhizal fungi at the lagphase of mycorrhiza formation. s.n.t. (Trabalho a ser submetido à revista **New Phytologist**).
- MIRANDA, J.C.C.; HARRIS, P.J.; WILD, A. Effects of soil and plant phosphorus concentrations on vesicular-arbuscular mycorrhiza in sorghum plants. **New Phytologist**, v.112, p.405-410, 1989.
- MIRANDA, J.C.C.; SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N. Influência de fungos endomicorrízicos vesicular-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.
- MORTON, J.B.; BENNY, G.L. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. **Mycotoxon**, v.37, p.471-491, 1990.
- MOSSE, B. Growth and chemical composition of mycorrhizal and non mycorrhizal apples. **Nature** (London), v.179, p.922-924, 1957.
- MOSSE, B. Effects of different Endogone strains on the growth of *Paspalum notatum*. **Nature**, v.239, p.221-223, 1972.
- MOSSE, B. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture**. Hawaii: Institute for Tropical Agriculture and Human Resources, 1981. 82p. (Research Bulletin, 194).
- NICOLSON, T.H. Vesicular-arbuscular mycorrhiza - a universal plant symbiosis. **Sciences Progress** (Oxford), v.55, p.561-568, 1967.
- PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O. Efeito de micorrizas vesicular arbusculares no crescimento, nodulação e acúmulo de nitrogênio pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, p.171-178, 1987.
- PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O.; OLIVEIRA, L.H.; OLIVEIRA, E. Efetividade simbiótica relativa em soja de populações de fungos endomicorrízicos nativos e de isolados de *Glomus macrocarpum* e *Gigaspora margarita*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.12, p.25-31, 1988.
- SANO, S.M. Influência de endomicorrizas nativas do Cerrado no crescimento de plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, p.25-29, 1984.

- SANO, S.M.; SOUSA, D.M.G. Contribuição de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares no crescimento e absorção de fósforo pelo sorgo, em solo esterilizado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.299-301, 1986.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E.; FERNANDES, A.B.; FLORENCE, M.L. Micorrizas vesiculares-arbusculares em mudas de cafeeiro produzidas no sul do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, p.31-38, 1987.
- THOMAZINI, L.I. Mycorrhiza in plants of the cerrado. **Plant and Soil**, v.41, p.707-711, 1974.
- TINKER, P.B. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizas on higher plants. In: SYMPOSIUM OF THE SOCIETY OF EXPERIMENTAL BIOLOGY, 29., 1975. **Symbiosis proceedings.**, ed. por D.H. Jennings; D.L. Lee. England: Cambridge University Press, 1975. p.325-349.
- TRAPPE, J.M. Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. **Annual Review of Phytopathology**, v.15, p.203-222, 1977.
- WANG, G.; STRIBLEY, D.P.; TINKER, P.B.; WALKER, C. Soil pH and vesicular-arbuscular mycorrhiza. In: NORTH AMERICAN CONFERENCE ON MYCORRHIZA, 6, 1984, Bend, Oregon. **Proceedings** Ed. por R. Molina. Bend, Oregon, 1984. 241p.
- WARNER, A. Final report on mycorrhizal research project at EMBRAPA/CPAC. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1986. 28p. Mimeografado.