

Centro Universitário de Brasília
Faculdade de Ciências da Saúde

Micorrizas na Região do Cerrado

Fabiana Assis Vieira

Brasília - 2001

Centro Universitário de Brasília
Faculdade de Ciências da Saúde
Licenciatura em Ciências Biológicas

Micorrizas na Região do Cerrado

Fabiana Assis Vieira

Monografia apresentada à Faculdade de Ciências da Saúde do Centro Universitário de Brasília, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientação: Professor Marcelo Ximenes A. Bizerril

Brasília - 2001

Para
a minha mãe,
Neuza de Assis Cruz

Agradecimentos

Agradeço, de maneira especial às pesquisadoras da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa- CPAC, Lucília Maria Parron e Jeanne C.C. de Miranda, por terem me dado a oportunidade de desenvolver um projeto sobre Micorriza; agradeço também à minha mãe Neuza de Assis Cruz, à minha irmã Cida, pelo incentivo e apoio concedidos a mim sempre, e ao orientador Marcelo, pelas orientações necessárias à realização deste trabalho.

Resumo

Micorriza é uma associação simbiótica entre fungos específicos do solo e raízes de plantas superiores. Este estudo relata a importância das micorrizas nas plantas do Cerrado. As micorrizas são classificadas em Ectomicorrizas (sendo predominantes em regiões temperadas e frias) e Endomicorrizas (ocorrem na maioria dos solos de baixa fertilidade). A Endomicorriza é muito comum nos solos do Cerrado, onde há uma ocorrência natural desses fungos. Essa simbiose permite um acréscimo significativo na absorção de nutrientes do solo pelas plantas, principalmente o fósforo (P), e também um melhor beneficiamento do fertilizante fosfatado, e em troca as micorrizas recebem das plantas hidratos de carbono-açúcar. Além da grande potencialidade das micorrizas na absorção de fósforo, beneficiando o crescimento das plantas, esses fungos atuam também como agentes de biocontrole, diminuindo a ação dos fitopatógenos. Isso acontece, devido a uma melhor nutrição ou aumento da resistência do sistema radicular, por parte das plantas inoculadas com os fungos micorrízicos. O bioma Cerrado apresenta grandes áreas degradadas, devido à devastação de matas causadas pela mineração, pela prática inadequada da agricultura ou pela pecuária intensiva. A inoculação de fungos micorrízicos nas espécies a serem transplantadas, para as áreas degradadas, diminui a utilização de insumos químicos e orgânicos, permitindo uma melhor adaptação das mesmas no campo.

1. Introdução

Os fungos são organismos eucariontes, aclorofilados e heterótrofos, que incorporam os alimentos por absorção de moléculas orgânicas simples. Entre seus representantes há formas unicelulares, porém a maioria é formada por um emaranhado de filamentos, as hifas, cujo conjunto forma o micélio. Os grupos mais avançados apresentam septos entre as células, onde são perfurados, permitindo desta maneira um constante fluxo de citoplasma na hifa, facilitando a distribuição de substâncias pelo fungo. Um imenso número de fungos possui células com parede celular rígida, constituída principalmente por quitina, um polissacarídeo nitrogenado. Os fungos armazenam nitrogênio como substância de reserva em suas células, do mesmo modo que os animais.

De todos os seres vivos, os fungos são sem dúvida, os que possuem a mais abundante variedade de enzimas digestivas. Este fato faz dos fungos – ao lado das bactérias- os principais decompositores do solo. Conseqüentemente, eles são importantes na reciclagem da matéria do ecossistema. A variedade de enzimas permite que eles ataquem praticamente qualquer tipo de material, como madeira, papel, tinta, combustíveis, conservas, legumes, frutas, carnes e muitos outros, causando prejuízos ao homem (Miranda & Miranda, 1997).

Os fungos podem viver como saprófagos ou parasitas e podem ser aeróbicos ou anaeróbicos. Alguns são venenosos, outros são utilizados na alimentação humana. Além disso, podem ser utilizados na indústria de antibióticos e de laticínios e certos fungos estabelecem associações simbiotes harmônicas.

Os fungos saprófagos decompõem a matéria orgânica, propiciando a ciclagem de nutrientes. Juntamente com as bactérias saprófagas, eles compõem o grupo dos organismos decompositores, de grande importância ecológica. No processo de decomposição, a matéria orgânica é devolvida ao ambiente, para ser novamente utilizada por outros organismos. No entanto, os fungos também são responsáveis pelo apodrecimento de alimentos, de madeira, de tecidos, causando grandes perdas econômicas.

O parasitismo desenvolvido pelos fungos tem vários aspectos negativos sobre as plantas, animais, inclusive no homem. A *ferrugem* das plantas é um tipo de parasitose

provocado por um fungo, onde o efeito é devastador. Dentre as espécies de parasitas, a *Candida albicans* destaca-se por causar várias micoses, comuns na barba (ptíriase), no couro cabeludo e nas unhas causando o pé-de-atleta; nas mucosas causam o sapinho, comum em crianças, manifestando-se por múltiplos pontos brancos. Há também a comum candidíase vaginal.

Algumas espécies de fungos são venenosas, podendo causar a morte a inúmeros animais, inclusive ao homem. Estão incluídos nesta lista, os cogumelos brancos do gênero *Amanita*. As variedades vermelhas ou amarelas da espécie *Amanita muscaria* e do gênero *Psilocybe*, ao serem ingeridos, produzem efeitos alucinógenos, semelhantes aos produzidos pelo LSD (ácido lisérgico), provocando sérios danos ao sistema nervoso .

Muitos fungos são aeróbicos, ou seja, realizam a respiração, mas há alguns que por serem anaeróbicos realizam a fermentação. Estes últimos representam uma grande importância no processo de fabricação de bebidas e na preparação de pães. A espécie *Saccharomyces cerevisiae*, por exemplo, é utilizada no processo de transformação do açúcar em álcool etílico e CO₂ (fermentação alcoólica), na ausência de oxigênio.

Quanto à indústria de laticínios, algumas espécies como o *Penicillium camemberti* e o *Penicillium roquefort* são empregados na fabricação de queijos. Outras espécies de fungos são utilizadas diretamente como alimentos pelo homem, como *Agaricus brunnescens*, conhecidos popularmente como champignon. O gênero *Tuber*, conhecido como trufa, também é bastante apreciado como alimento. Na indústria de produção de antibióticos, os fungos *Penicillium chrysogenum* e *P. notatum*, são utilizados na sintetização da penicilina.

Certos grupos de fungos podem estabelecer associações mutualísticas com cianobactérias ou algas verdes, dando origem aos organismos denominados líquens. Outros vivem associados a raízes de plantas, formando as **micorrizas** (do grego *mykes* = “fungo”; *rhiza* = “raiz”).

O objetivo deste trabalho é relatar a importância da simbiose mutualística entre os fungos micorrízicos e as raízes de plantas superiores, no processo de absorção de nutrientes do solo. As micorrizas são particularmente importantes para a produção de mudas a serem utilizadas para o reflorestamento de áreas degradadas, especialmente na região do Cerrado.

2. Características gerais do Cerrado

2.1- Localização

O Cerrado ocupa uma parte significativa do território nacional (22%). Abrange como área contínua os estados de Goiás, Tocantins e o Distrito Federal, parte dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo e também ocorre em áreas disjuntas ao norte nos estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e ao sul, em pequenas “ilhas” no Paraná.

Cerrado é uma palavra de origem espanhola que significa fechado. Este termo busca traduzir a característica geral da vegetação arbustivo-herbácea densa que ocorre na formação savânica. O termo Cerrado tem sido utilizado tanto para designar tipos de vegetação (tipos fitofisionômicos) quanto para definir formas de vegetação (formação ou categoria fitofisionômica) (Ribeiro & Walter, 1998).

2.2 – Clima

Há a ocorrência de invernos secos e verões chuvosos, um clima classificado como Aw de Köppen (tropical chuvoso). Possui média anual de precipitação da ordem de 1500 mm, variando de 750 a 2000 mm (Adámoli *et al.*,1987). As chuvas são concentradas de outubro a março (estação chuvosa), e a temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C. O contraste entre as superfícies mais baixas (inferiores a 300 m), as longas chapadas (entre 900 e 1600 m) e a extensa distribuição de latitude, conferem ao Cerrado uma diversificação térmica bastante grande.

2.3 – Solos

Os solos do cerrado têm um pH bastante ácido e são ricos em alumínio, substância tóxica para a maioria dos vegetais. Para serem utilizados para a agricultura intensiva, torna-se necessária à adição de calcário (calagem) e de fertilizantes adequados, o que requer alto gasto econômico (Adámoli *et al.*, 1985).

A baixa fertilidade natural de seus solos, que são predominantemente Latossolos altamente intemperizados (Adámoli *et al.*, 1985), confere 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).

2.4 -Vegetação

O Cerrado é um tipo de savana. Apresenta vegetação arbórea esparsa, com pequenas árvores e muitos arbustos espaçados sobre um estrato herbáceo. A vegetação do Cerrado, tem muitas vezes, aspectos que costumam ser interpretados como adaptações a ambientes secos (xeromorfismo). Assim, árvores e arbustos têm galhos tortuosos, folhas endurecidas, casca grossa; as superfícies das folhas são muitas vezes brilhantes, às vezes, recobertas por pêlos, outras plantas contraditoriamente, têm características de plantas de lugares úmidos: folhas brilhantes, produção de flores e brotos em plena estação seca (Ribeiro & Walter, 1998).

Pesquisas demonstraram que a água não é um fator limitante do Cerrado (Rawitscher 1948, citado por Oliveira 1998). O solo, mesmo na estação seca, contém um teor apreciável de umidade a partir dos 2 metros de profundidade. O lençol subterrâneo fica aproximadamente, 18 metros e é permanente, mas seu nível flutua durante o ano. As raízes de muitas espécies aprofundam-se muito, podendo retirar água diretamente do

lençol subterrâneo. A maioria das plantas mantém seus estômatos abertos o dia todo, o que é um ótimo fator de aproveitamento hídrico.

Acredita-se atualmente que as plantas do Cerrado apresentam um falso xeromorfismo (pseudoxeromorfismo). O aspecto característico da vegetação não é devido, então, a falta de água, mas sim, conforme muitos pesquisadores, à escassez de nutrientes no solo. Essa deficiência dificulta muito a síntese de proteínas, e o excesso de carboidratos se acumula em estruturas que dão às plantas o aspecto xeromórfico: súber espesso, cutículas grossas, muito esclerênquima (tecido de sustentação com células de paredes reforçadas). Assim, costuma-se dizer que a vegetação apresenta um escleromorfismo oligotrófico, que em outras palavras significa “um aspecto duro devido à falta de nutrição” (Oliveira, 1998).

Existem mais de 6000 espécies de Angiospermas descritas na região do Cerrado. Entre as espécies de árvores mais típicas do Cerrado, estão o ipê (*Tabebuia*), que na floração, sem folhas, fica toda coberta de belos cachos amarelos; a peroba-do-campo (*Aspidosperma tomentosum*), a caviúna (*Dalbergia sp*), e o pequi (*Caryocar brasiliense*).

2.5. Degradação ambiental

Das diversas ações negativas do homem sobre o meio ambiente, a degradação dos solos é uma das mais prejudiciais, pois afeta diretamente a vida do planeta. Os resultados danosos da degradação do solo são vários, tais como: a redução da capacidade produtiva de terras com potencial agrícola, o que em casos extremos, pode ser responsável pela transformação de florestas inteiras em áreas desertificadas. A erosão de encostas e vias de transporte, além de assorear cursos d'água e represas, comprometem o fornecimento de água potável e aumentam os problemas urbanos. Por isso, a degradação do solo se relaciona com alterações climáticas do planeta (Siqueira, *et al* 1994).

A alteração e a degradação dos solos tropicais têm se intensificado nas últimas décadas, principalmente, através da mineração e da agricultura ou pecuária intensivas, quando praticadas de forma inadequadas (Nepstad *et al.*, 1991). A devastação das matas causadas pela mineração ou pela ocupação intensa do solo, em função da demanda por pedras, cascalho, areia e argila, deixam áreas extensas desprovidas de cobertura vegetal e

expostas às intempéries climáticas (Ibram,1992). Essas áreas apresentam, em sua maioria, substratos com características de retenção de água, fertilidade e atividade biológica inadequadas para o crescimento vegetal (Chiossi, 1982). Estudos sobre a agricultura ou pecuária intensiva nos trópicos, como o Cerrado brasileiro (Macedo, 1993; Vilela *et al.*, 1991), demonstram que o preparo excessivo e o manejo inadequado do solo têm promovido, também, a sua degradação, com conseqüentes perdas nas produtividades vegetal e animal.

No Cerrado, a degradação ambiental está relacionada a vários fatores. A expansão das áreas urbanas tem causado grandes impactos no ambiente do Cerrado, com o aumento no desmatamento, no consumo de água, na poluição do ar atmosférico e da água, na produção de lixo. A atividade agrícola, contudo, é um dos principais causadores de impactos no Cerrado como: perda de nutrientes pela lixiviação do solo; destruição das matas de galeria que causam erosão e levam ao assoreamento dos rios, pela falta da cobertura vegetal; e também há o agravante da poluição química e orgânica, dos rios por parte dos agrotóxicos .

3. *Micorriza*

A simbiose mais comum observada entre as plantas é a associação micorrízica, na qual há o envolvimento de vários fungos do solo e raízes de plantas superiores.

A micorriza é um tipo de associação simbiótica não patogênica entre fungos, benéficos e específicos do solo, e raízes de plantas superiores. Essa associação proporciona um aumento na absorção de nutrientes do solo pelas plantas, principalmente do fósforo (P), e um melhor aproveitamento do fertilizante fosfatado utilizado, especialmente nos solos de baixa fertilidade.

De acordo com Miranda (1992), os estudos sobre micorrizas iniciaram-se em fins do século passado (1885), porém somente nos anos 50 que Mosse , demonstrou pela primeira vez o efeito da simbiose no crescimento das plantas.

3.1- Classificação

Os fungos micorrizicos são na maioria Ficomicetas, pertencentes à ordem das *Mucorales* e classificados na família das *Endogonaceas* (Miranda, 1986). Em função do tipo de associação destes fungos com as raízes das plantas, distinguem-se as ectomicorrizas e as endomicorrizas.

A classificação simplificada das micorrizas em **ectomicorriza** e **endomicorriza** permite distinguir a micorriza onde o fungo não penetra nas células da planta hospedeira (ecto), daquela em que o fungo entra nas células e forma estruturas fúngicas específicas (endo) (Miranda & Miranda, 1997).

Neste trabalho as endomicorrizas, particularmente a vesicular-arbuscular, serão estudadas mais detalhadamente, porém haverá uma breve exposição sobre as ectomicorrizas.

3.1.1 - Ectomicorriza

As ectomicorrizas se caracterizam principalmente pela formação de uma rede fúngica intercelular (Harting net) no córtex da raiz e apresenta um manto hifal espesso aderido externamente às raízes. A colonização ocorre apenas nas raízes laterais absorventes, que sofrem modificações morfológicas visíveis a olho nu (Miranda & Miranda, 1997).

Além de sua participação na absorção de nutrientes, os fungos ectomicorrizicos protegem as raízes das plantas contra o ataque de microorganismos patogênicos, fisicamente, pela presença da vasta manta hifal que envolve as raízes e, biologicamente, pela formação de uma micorrizosfera antagônica aos patógenos, através da formação de antibióticos (Harley, 1983).

Quanto à distribuição geográfica e vegetal, as ectomicorrizas, apresentam limitações. Sua ocorrência é predominante em regiões temperadas e frias, e quase que

exclusivamente em plantas lenhosas, como as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, que também são encontrados no Brasil. Foi demonstrado conclusivamente que o fungo ectomicorrízico utiliza carboidratos provenientes da planta hospedeira e, em troca, supre a planta com fósforo (Miranda & Miranda, 1997).

3.1.2 - Endomicorriza

De acordo com Gerdemann (1975), citado por Miranda (1986) este grupo apresenta uma distribuição geográfica e vegetal mais ampla. Os fungos característicos desta associação ocorrem na maioria dos solos, principalmente nos solos de baixa fertilidade, e infectam a maioria das plantas anuais ou perenes, incluindo as de maior interesse econômico, como milho, soja, trigo, citros, café, cacau e outros.

As endomicorrizas distinguem-se em três tipos de associações: as *Ericaleas*, as *Orchidaceas* e as *Vesículo-Arbusculares*. Os fungos envolvidos nos dois primeiros tipos ocorrem apenas nas famílias das *Ericaleas* e *Orchidaceas*, respectivamente.

As endomicorrizas vesículo-arbusculares (MVA) são predominantes no reino vegetal, ocorrendo na maioria das plantas cultivadas ou nativas. A sua predominância e ocorrência no crescimento das plantas tornaram-na potencialmente importantes do ponto de vista ecológico e econômico.

Os fungos MVA são simbioses obrigatórios e dependem totalmente da planta hospedeira para o seu crescimento, porém, podem apresentar habilidades saprofitas. Apesar de não viverem livremente no solo, colonizam-no extensivamente, tendo por base uma raiz viva, e formam, através das hifas, uma espécie de conexão entre a raiz e o solo (Fig. 1) (Miranda, 1986).

As raízes das plantas podem ser infectadas através de elementos de propagação do fungo no solo, como os esporos de resistência, micélio ou córtex desprendidos de outras raízes infectadas. A penetração das hifas no tecido cortical é feita através de estruturas morfológicas denominadas apressórias. A infecção atinge o córtex primário das raízes laterais finas, raramente o das raízes suberizadas, e nunca infectam os tecidos vasculares. (Miranda, 1986).

O funcionamento do sistema endomicorrízico pode ser afetado por diferentes fatores, como o fósforo disponível no solo, a planta hospedeira e a espécie de fungo utilizado. A necessidade nutricional da planta, a geometria de suas raízes e o nível de fertilidade do solo são os fatores mais significativos e determinantes da eficiência da associação endomicorrízica na absorção de nutrientes e crescimento das plantas.

3.2 - Efeito no crescimento das plantas

A ocorrência da micorriza em condições naturais é freqüente. Atualmente, tem-se informações disponíveis sobre o “status” micorrízico, de cerca de 3% das espécies de plantas pertencentes às Angiospermas (Sieverdind, 1991), sendo que 18% dessas plantas não são micorrízicas e 82% formam algum tipo de micorriza em suas raízes.

Trapper (1987, citado por Read, 1996), sugere que 85% das plantas de espécies tropical apresentam associação micorrízica e o tipo de micorriza vesiculo-arbuscular (MVA) é largamente distribuída, ocorrendo em cerca de 70% das espécies. Embora apresente limitações no conhecimento de ocorrência individual de espécies em relação ao solo, clima e vegetação (Abbott & Robson, 1991). Aproximadamente 13% das espécies de plantas apresentam a condição não micorrízica, ou raramente micorrízica.

Ultimamente, em função dos efeitos benéficos que as micorrizas teriam sobre o crescimento das plantas, muitos trabalhos têm sido realizados com o objetivo da seleção das espécies nativas e exóticas mais eficientes, levando em consideração as características de comportamento de cada espécie de fungo micorrízico, em relação aos níveis de calcário e adubação fosfatada em diferentes plantas hospedeiras. A utilização

da micorriza arbuscular tem sido considerada, como uma alternativa para a redução no uso de insumos (fertilizantes e pesticidas), na agricultura, devido aos seus efeitos benéficos no crescimento de plantas de interesse agrônomo, florestal, hortícola e pastoral.

A partir da década de 60, um grande número de trabalhos sobre os efeitos da micorriza arbuscular foram desenvolvidos, em todo o mundo, sobretudo nos trópicos e, em particular nos Cerrados. Observou-se, por exemplo, que a inoculação de fungos MA exóticos em solo de cerrado com baixa população nativa promoveu acréscimos significativos na produtividade do sorgo e ainda manteve esse efeito sobre a cultura da soja no segundo.

Os efeitos benéficos da micorriza dependem de fatores que atuam direta ou indiretamente sobre os componentes da associação, como o fungo micorrízico, a planta hospedeira e o solo. A densidade de esporos dos fungos MA no solo tem influenciado a sua infectividade e eficiência no crescimento das plantas, em solos de cerrado (Paula & Siqueira, 1987).

Os resultados de pesquisa têm mostrado os efeitos positivos da micorriza na produtividade em grande número de culturas agrícolas e florestais. O uso de práticas agrícolas como, calagem e adubação adequadas e utilização de adubos verdes e rotação de culturas nos sistemas de produção, pode favorecer a propagação dos fungos micorrízicos no solo e estimular seus efeitos (Bethlenfalvay, 1992). A produção pode variar de menos de 10% em culturas anuais a 8000% em espécies arbóreas com elevada dependência micorrízica (Siqueira, 1994).

3.3 - Efeito na absorção de nutrientes

A eficiência da associação micorrízica no crescimento e na produtividade das culturas está vinculada à disponibilidade de nutrientes do solo e sua absorção pelas plantas, que pode ser alterada através das múltiplas práticas agrícolas, efetuadas durante o seu cultivo. Bolan (1991) atribui a resposta da planta hospedeira associada aos fungos

MA, principalmente, à sua maior absorção de fósforo. Algumas características são consideradas por Bolan (1991) , para explicar a melhor absorção de fósforo e de outros nutrientes pouco móveis no solo, como cobre e zinco, por plantas colonizadas por fungos MA. Estas características incluem, entre outras, a melhor distribuição da rede de absorção, a geometria mais favorável das hifas (raio menor) em relação às raízes, a diferente cinética de absorção, a alteração química da rizosfera/hifosfera e a menor limitação de absorção de fósforo da solução do solo.

A tabela 1, mostra dados referentes à quantidade de matéria seca em culturas inoculadas e sem inoculação de fungos micorrízicos VA. Percebe-se através dos dados experimentais, que as cultivares inoculados com fungos micorrízicos, apresentam maior produção de matéria seca.

Tabela 1. Produção de matéria seca (MS) de diferentes culturas, inoculadas com quatro espécies de fungos MA, em latossolo vermelho-escuro de cerrado, esterilizado e adubado com 40 mg/Kg de P.

Tratamento	Café	Mamão	Mandioca
	----- MS (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: Adaptado de Miranda & Miranda (1997).

Os efeitos da ação da micorriza , também podem variar quanto à acidez e saturação por alumínio do solo, que são geralmente elevados nos solos de cerrado e demandam correção pela aplicação de calcário.

A variação de pH do solo pode promover uma variação da espécie de fungo responsável pela colonização e, também, no efeito da micorriza no crescimento da planta. (Miranda & Miranda, 1997).

O teor de N nas plantas pode ser afetado diretamente pelos fungos MA, através da absorção desse nutriente, de fontes orgânicas ou inorgânicas, pelas hifas (Miranda & Miranda, 1997) ou, indiretamente através de relações sinérgicas com os microrganismos fixadores de nitrogênio atmosférico, principalmente com o rizóbio (Allen,1992). Nos trópicos, onde os solos são deficientes em N e P, essa relação entre os fungos MA e o rizóbio é de grande importância, pois a fixação biológica do nitrogênio, cuja eficiência depende de um balanço nutricional adequado na planta hospedeira, especialmente do fósforo, pode depender também do “status” micorrízico da planta .

Outros autores, como Lopes *et al.*, (1980) mostraram que, em condições de extrema deficiência de fósforo, algumas leguminosas, como o siratro não nodulam, a menos que suas raízes sejam colonizadas por fungos micorrízicos, ou que o solo seja adubado com elevadas doses de fósforo. Portanto, as plantas noduladas e colonizadas por fungos MA, tornaram-se mais adaptadas às condições de deficiências nutricionais existentes nos solos de cerrado .

4. Potencialidade de Uso das Endomicorrizas em atividades agrícolas na região do Cerrado

Nos solos sob a vegetação de Cerrados, a baixa disponibilidade de fósforo e a alta capacidade de absorção de fósforo são algumas das limitações mais significativas para o

crescimento das plantas. Nestes solos foi observada a ocorrência natural de fungos endomicorízicos versículo-arbusculares, sendo que essa população nativa de fungos MVA mostrou ser oscilante em alguns solos de Cerrado, com a freqüência de seus esporos variando, por exemplo, em função dos períodos sazonais de seca e chuva (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 endomicorízicos 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 feita no solo (Embrapa, 1985). Os dados produzidos pela Embrapa, mostram um aumento 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.

Na região dos cerrados foram observados, no campo, uma variabilidade no número de esporos e propágulos das espécies nativas de fungos MA, em função das plantas cultivadas, influenciando diretamente na produtividade das culturas seguintes. Portanto, a seleção de culturas, é um aspecto importante, pois essas podem diferir inter e intraespecificamente na sua susceptibilidade à colonização micorrízica e alterar, quantitativa e qualitativamente, a produção dos fungos presentes no solo (Miranda & Miranda, 1997).

Assim, a rotação de culturas é um eficiente método para a promoção de um novo equilíbrio entre as espécies da comunidade de fungos MA nativos no solo. Outras práticas agrícolas usuais nos solos do Cerrado, como calagem e adubação fosfatada são também importantes para o aumento da eficiência dos fungos.

Em um levantamento a campo, em solo latossolo vermelho-escuro argiloso, observou-se a ocorrência de fungos endomicorrízicos nativos em diversas culturas, como soja, milho, mandioca, citrus e braquiária (Embrapa, 1985). A percentagem de infecção das raízes e o número de esporos dos fungos no solo foi variável entre as diversas culturas. De acordo com Miranda (1992), estas diferenças podem estar vinculadas ao desenvolvimento do sistema radicular ou à maior dependência da planta, em relação à micorriza, para a sua nutrição.

Apesar dos solos de Cerrado apresentarem população nativa de fungos micorrízicos, a introdução de espécies exóticas poderia resultar no aumento da efetividade da associação endomicorrízica. As espécies introduzidas poderiam ser melhor adaptadas às mudanças das condições do solo, como pH, nível nutricional e umidade. Experimentos realizados em casa de vegetação com sorgo (Figura 2), em latossolo vermelho-escuro argiloso com baixa disponibilidade de fósforo, demonstraram que a inoculação de espécies exóticas no solo natural pode ter um efeito benéfico no crescimento e produção das plantas (Miranda, 1986).

FIG. 2. Efeito da micorriza no crescimento da planta.

Os resultados obtidos até o momento demonstram a grande potencialidade de utilização das associações endomicorrízicas, para uma maior absorção de fósforo pelas plantas.

5. Eficiência como fator de controle biológico

Os organismos fitopatogênicos, como fungos, nematóides, e também os benéficos, como os fungos micorrízicos arbusculares, ocorrem simultaneamente nas raízes e rizosfera das plantas. Esses fungos podem atuar como agentes potenciais de biocontrole, amenizando os efeitos ou danos causados por fitopatógenos, provavelmente por meios indiretos, através da melhor nutrição das plantas ou do aumento da resistência do sistema radicular (Miranda & Miranda, 1997).

Nos solos do Distrito Federal, muitas plantas cultivadas como: soja, feijão, milho, mandioca e arroz de sequeiro são, também infectadas com nematóides, especialmente, com a espécie *Meloidogyne javanica* (Embrapa, 1979). Para diminuir os efeitos danosos desses organismos, têm sido testadas várias práticas agrícolas como, rotação de culturas, aplicação de nematicidas e incorporação de adubos verdes. Diederichs (1987)

demonstrou, entretanto, que a presença de várias espécies nativas de fungos micorrízicos arbusculares, em latossolo vermelho-escuro de Cerrado, promoveu uma redução nos efeitos patogênicos causados por *Meloidogyne javanica* nas raízes de grão-de-bico.

6. Efeito na recuperação de áreas degradadas

O mecanismo de produção da maioria das espécies florestais e frutíferas é realizado inicialmente pela formação de mudas em viveiros, até que as mesmas adquiram tamanho ideal para serem transplantadas para o campo. O conhecimento das exigências nutricionais e das relações ecológicas das espécies facilitam o desenvolvimento de tecnologias para obtenção de mudas saudáveis.

Muitos estudos têm sido desenvolvidos a partir da década de 1960, com a finalidade de detectar os efeitos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares (MVA), sobre o crescimento e metabolismo das plantas. Esses estudos têm demonstrado que, na produção de mudas em viveiros, plantas inoculadas com fungos MVA, exigem menos insumos, e toleram mais o estresse do transplante para o campo, características importantes de espécies destinadas a recuperação ambiental (CEMIG,1995).

A utilização de espécies nativas para reflorestamento ou recomposição da vegetação de áreas degradadas é de grande importância para reduzir o impacto ambiental e conservar a biodiversidade. Na recuperação de áreas degradadas através da atividade florestal, as características desejáveis nas espécies empregadas são o recobrimento do solo, rápido crescimento, a ciclagem de nutrientes, o acúmulo de matéria orgânica e formação de liteira, apoiada em sistemas radiculares mais profundos e eficientes em buscar nutrientes não disponíveis e refúgio de fauna silvestre (Franco, 1991).

A recuperação dessas áreas degradadas torna-se necessária para a racionalização do uso da terra e melhoria da qualidade ambiental. Essa pode ser efetuada de várias formas, como reposição da camada de solo superficial e replantio da vegetação nativa ou adaptação de espécies vegetais exóticas (Ibram, 1992).

A regeneração espontânea da vegetação nativa, ao longo do tempo, é consequência do aparecimento de condições favoráveis ao seu crescimento. Essas condições podem ser promovidas, em parte, pela comunidade fúngica como os fungos MA que ocorrem naturalmente, mesmo em solos alterados (Martins *et al.*, 1996).

Para o cultivo de plantas em áreas degradadas torna-se necessário, em muitos casos, a utilização de insumos químicos e orgânicos. Entretanto, a magnitude dos benefícios proporcionados por esses insumos pode depender das interações com microrganismos, como os fungos MA. Martins *et al.*(1996) observaram que a correção da acidez e a adição de adubos orgânicos em solo degradado de cascalheira, contribuíram muito pouco para o crescimento de uma gramínea pioneira de Cerrado cultivada nesse solo. Porém, a inoculação com fungos MA nativos não somente promoveu o estabelecimento da gramínea, como diferenciou e maximizou a importância da micorriza na vegetação de áreas degradadas.

O processo produtivo da maioria das espécies florestais e frutíferas tropicais passa, primeiramente, pela fase de formação de mudas em canteiros ou em viveiros por um longo período, antes do transplante para o campo. A incorporação da tecnologia de inoculação de fungos MA nesse sistema de produção é viável e torna-se necessária pois, para o cultivo de mudas utiliza-se, com frequência, subsolo ou solo esterilizado para eliminar ou reduzir os patógenos sendo que, paralelamente, também se eliminam os fungos nativos. Outros substratos utilizados, como a vermiculita e materiais orgânicos, são igualmente desprovidos de fungos micorrízicos arbusculares (Miranda & Miranda, 1997).

A continuidade do efeito da inoculação de fungos MA em espécies florestais e frutíferas, após o transplante em campo, tem sido, em geral, pouco documentada nos trópicos. Siqueira *et al.* (1993) indicaram, também, aumentos em torno de 60% na produtividade média do cafeeiro, em lavouras em solo de Cerrado, devido à pré-colonização das mudas por fungos MA. Esse procedimento pode, também, ser adotado para espécies arbóreas destinadas ao reflorestamento ou recuperação de áreas degradadas (Franco *et al.*, 1992).

A micorriza também pode atuar intensificando o desenvolvimento de mudas de plantas naturais do Cerrado. O efeito da micorriza, foi avaliado durante o desenvolvimento inicial de *Myrsine guianensis* Aubl. e *Diospyros sericea* A.DC; em função de duas dosagens diferentes de fósforo e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nativos do Cerrado. Ambas as espécies são lenhosas nativas de Mata de Galeria do Distrito Federal e apresentam potencial de utilização em plantios mistos destinados ao repovoamento de áreas degradadas. Quando inoculadas, as mudas de *M. guianensis* e *D. sericea* apresentaram maiores valores de peso seco das raízes e da parte aérea e de área foliar. Sendo que, estes resultados são também relacionados à dosagem de fósforo. A interação fósforo e inoculação influenciou no crescimento em altura, no aumento do número de folhas e na colonização radicular. Os resultados sugerem que o estabelecimento, no campo, de mudas inoculadas seja superior ao de mudas não inoculadas (Parron *et al.*, 1999).

7. Conclusão

A demanda por fertilizantes na região dos Cerrados, para culturas de interesse econômico, é elevada e, portanto, é nessa região de solos deficientes em nutrientes, que a micorriza pode atuar na maximização da produção agrícola. O uso de práticas agrícolas como: calagem e adubação adequadas, utilização de adubos verdes e rotação de culturas no sistema de produção, podem favorecer a propagação dos fungos micorrízicos no solo e estimular seus efeitos, que vão refletir diretamente na maior eficiência do processo de produção agrícola .

Por isso, são necessários estudos mais aprofundados quanto à caracterização individual e à dinâmica das diferentes espécies de fungos MA nativos ou exóticos em diferentes agrossistemas da região. É indispensável, também, obter informações quanto à capacidade de multiplicação de propágulos, especificidade entre espécies de fungos micorrízicos arbusculares e plantas hospedeiras, assim como às condições adequadas de preparo do solo e de utilização de fertilizantes e corretivos. O conhecimento dessas interações permitirá a utilização de espécies de fungos MA mais eficientes para cada

situação particular, dos diversos sistemas de produção agrícola praticados na região dos Cerrados.

8. Referências bibliográficas

- Abbott, L.K. & Robson, A.D. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. Amsterdam, v.35.p121-150.
- Adámoli, J.; Macêdo, J.; Azevedo, L.G.; Netto, J.M. Caracterização da região dos cerrados. In:Goedert, W.J.; ed. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. [Planaltina: - Embrapa-CPAC] São Paulo: Nobel, 1987. p. 33-98.
- Adámoli, J.; Macêdo, J.; Azevedo, L.G.; Netto, J.M. 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.
- Allen, M.F.1992. ed. Mycorrhizal functioning. London: Chapman Hall, 515p.
- Bethlenfalvay, G.J.1992. Micorrhizal and crop productivity. In: Bethlenfalvay, G.J.; Linderman, R.G. (eds.) **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, p.11-27 (Asa. Special Publication 54).
- Bolan, N.S.A.1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant and Soil**, The Hague, v.134, p.189-207.
- CEMIG- Relatório Técnico Científico, 1995. **Aspectos de Solos, Nutrição Vegetal e Microbiologia na Implantação de Matas Ciliares**. Convênio CEMIG/UFLA/FAEPE, Belo Horizonte, MG, 28p.
- Chioffi, N.J. 1982. Ocupação do solo e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Tecnologia**, v.13, n.5, p.44-51.

- Diederichs, C.1987. Interaction between five endomycorrhizal fungi and the rootknot nematode *Meloidogyne javanica* on Chickpea under tropical Conditions. *Tropical Agriculture, Trinidad*, v.64, p.353-355.
- Embrapa. 1979. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1977/1978. Planaltina-DF. p.106-112.
- Embrapa. 1985. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1981/1982. Planaltina-DF. p.71-74.
- Franco, A. A.1991. Revegetação de Solos degradados. In: Workshop sobre recuperação de áreas degradadas, 1. Itaguaí, RJ. **Anais**. Rio de Janeiro, UFRJ, p.133-157.
- Franco, A.A.; Campello, E.F.; Silva, E.M.R.; Faria, S.M. 1992. **Revegetação de solos degradados**. Seropédica: Embrapa- CNPBS. 11p. (Embrapa- CNPBS. Comunicado Técnico, 9).
- Harley, J.L; Smith, S.E. 1983. **Mycorrhizal symbiosis**. New York: Academic Press, 483p.
- Ibram. 1992. Comissão Técnica de Meio Ambiente. Grupo de Trabalho de Redação (Brasília,DF). **Mineração e Meio Ambiente**. Brasília-DF, p.43-51.
- Kamprath, E. J. Phosphorus fixation and availability in highly weathered soils. In: Simpósio sobre o Cerrado, 4. 1976. p.333-347, 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.
- Lopes, E.S.; Oliveira, E.; Neptune, A.M.L.1980. O efeito de espécies de micorrizas vesicular arbusculares no Siratro (*Macroptilium atropurpureum*). **Braganita**, Campinas, v.39, p.241-245.

- Macedo, M.C.M.1993. Recuperação de áreas degradadas: pastagens e cultivos intensivos. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 24. Goiânia. **Resumos**. Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.71-72.
- Martins, C.R.; Miranda, J.C.C.; Miranda, L.N.1996. Efeitos de fungos micorrízicos arbusculares nativos no estabelecimento de uma gramínea pioneira (*Aristida setifolia*) em áreas degradadas no Cerrado. In: Simpósio do Cerrado, 8; International Symposium on Tropical Savannas, 1. Brasília. Anais: Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados. Embrapa- CPAC, p. 389-392.
- Miranda, J.C.C. 1986. **Utilização das micorrizas na agricultura**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 16 p. (Embrapa- CPAC. Documentos, 20).
- Miranda, J.C.C. 1992. **A endomicorriaza na região dos Cerrados: uma revisão** . Planaltina: Embrapa- CPAC, 35 p. (Embrapa- CPAC. Documentos, 42).
- Miranda, J.C.C. & Miranda, L.N. 1997. Micorriza arbuscular. In: Vargas, M.A.T.; Hungria, M., ed. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: Embrapa- CPAC, p.69-123.
- Miranda, J.C.C.; Souza, D.M.G.; Miranda, L.N.1984. 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**, Campinas, v.8, n.1, p.31-36.
- Nepstad, D.C.; UHL, C.; Serrão, E. A.S.1991. Recuperation of a degraded Amazonian landscape: Forest recovery and agricultural restoration. **Ambio: journal of the human environment**, Stokholm, v.20, n.6, p248-255.
- Oliveira, P.E.1998. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In: Sano, S.M. & Almeida, S.P. (eds.) *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina: Embrapa-CPAC, p.169-192.

- Paula, M.A. & Siqueira, J.D. 1987. Efeito da adubação fosfatada, cultivos e densidade de esporos na infectividade e efetividade de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em solo sob cerrado. **Ciência e prática**. Lavras, v.11. p.54-64.
- Parron, L.M.; Vieira, F.A; Miranda, J.C.C. & Tsuboi, L.A. 1999. Desenvolvimento inicial de *Myrsine guianensis* Aubl. e *Diospyros Sericea* A. DC. em viveiro, em função de doses de fósforo e inoculação com fungos micorrízicos. Boletim de pesquisa nº. 10, Embrapa- CPAC, 14p.
- Read, D. 1996. Micorrizas. In: Anderson, J.M. & Ingram, J.S.I. Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods. CAB International. Second edition, p.121-131.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S.M.& Almeida, S.P (eds.) Cerrado: *ambiente e flora*. Planaltina: Embrapa- CPAC, p 89-168.
- Sieverding, E. 1991. **Vesicular- arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit. 371 p.
- Siqueira, J.; Moreira, F.M. de; Grisi, B.M.; Hungria, M. & Araújo, R.S. 1994. Microrganismo e processos biológicos do solo; perspectiva ambiental. CNPAF/CNPSO/Embrapa, 142p.
- Siqueira, J.D. 1994. Micorrizas arbusculares. In: Araújo, R.S.; Hungria, M. 1994. eds. **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Embrapa-CNPSO, p.151-194. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 44).
- Siqueira, J.D.; Saggin, Junior, O.J.; Colozzi- Filho, A.; Oliveira, E.; Guimarães, P.T.G. 1993. Ecology and application of VAM fungi in coffee crop in Guelph. **Proceedings**. Guelph: University of Guelph, p.78.
- Vilela, L.; Barcellos, A.D.; Sanzonowicz, C.; Spain, J.M. 1991. Recuperação de pastagem de *Brachiaria ruziziensis* através do uso de grade aradora, nitrogênio e introdução de leguminosas. In: Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuária dos

Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1985/1987**. Planatina-DF, p.239-241.