

**IMPORTÂNCIA DA MICORRIZA VESÍCULO-ARBUSCULAR NO SUPRIMENTO DE NUTRIENTES EM PLANTAS FORRAGEIRAS**

V.T. Paulino<sup>1</sup>

D.F.P. Antón<sup>2</sup>

**INTRODUÇÃO**

Geralmente as plantas forrageiras são cultivadas em solos com baixos níveis de nutrientes disponíveis, principalmente de nitrogênio e fósforo. Razão pela qual, é preciso aproveitar a capacidade das plantas em estabelecerem relações mutualistas com microorganismos do solo, que permitam um melhor suprimento desses nutrientes. No caso de leguminosas forrageiras, o nitrogênio pode ser fixado biologicamente da atmosfera por ação de bactérias do gênero *Rhizobium*, enquanto o fósforo pode ter sua absorção facilitada pela inoculação com fungos formadores das micorrizas vesículo-arbusculares (RHODES & GERME-MANN, 1980).

O sucesso do estabelecimento e manutenção das leguminosas forrageiras nas pastagens podem depender diretamente da micorrização, como ocorre com *Stylosanthes*, planta altamente micotrófica (MOSSE, 1977). Outros trabalhos também têm demonstrado resposta à micorrização de espécies forrageiras: *Paspalum notatum*, *Andropogon gayanus*, *Centrosema pubescens*, *Desmodium intortum*, *Leucaena leucocephala* e *Pueraria phaseoloides* (MOSSE, 1972; SALINAS *et alii*, 1985; CRUSH, 1974; CABALA-ROSAND & WILD, 1982; HUAND *et alii*, 1985).

<sup>1</sup> Pesquisador Científico da Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras (DNAP). Bolsista da FAO-UNESCO.

<sup>2</sup> Docente da UNAS - HUANUCO - Perú - Bolsista do CNPq.

Os efeitos na utilização de nutrientes, principalmente de fósforo, indicam que em condições de teores médios ou baixos de P, as micorrizas podem aumentar a capacidade de absorção de fósforo, o crescimento e a nodulação em alfafa, mas com altos níveis de P disponível pode ocorrer uma diminuição na infecção micorrízica (CRUSH, 1976; BAREA & AZCÓN-AGUILAR, 1983; BARES et alii, 1983). Entretanto, essas respostas estão condicionadas às diversas interrelações que se estabelecem entre as plantas hospedeiras, características do solo e fungos micorrízicos (MUNNS & MOSSE, 1980; CRUSH, 1974; POWELL, 1977).

Com relação ao fosfato de rocha, tem-se evidência de que a inoculação com fungos micorrízicos aumenta a capacidade das plantas no uso de fósforo dessa fonte, estimulando-se a dissociação química do fosfato insolúvel da rocha fosfatada para manter o equilíbrio de fósforo no nível na solução do solo (CABALA-ROSAND & WILD, 1982; PAULINO et alii, 1986). Com a vantagem de não afetarem o nível de infecção micorrízica da planta hospedeira (BAREA & AZCÓN-AGUILAR, 1983), além de ser uma fonte de fósforo mais econômica.

As pastagens formadas pela mistura de duas famílias de plantas, gramínea e leguminosa, são agronomicamente e economicamente desejáveis. Entretanto, deve-se considerar que as gramíneas são mais competitivas, aproveitando melhor a luz, água e nutrientes do solo que a leguminosa associada. A manutenção de um equilíbrio adequado é função de diversos fatores do solo (nutrição vegetal, estirpe adequada de *Rhizobium* e outros) e técnicas de manejo das pastagens (sistemas de pastejo, alturas e frequência de cortes). Sendo que a infecção com micorriza vesículo-arbuscular eleva marcadamente a capacidade das leguminosas em competir com a gramínea em associação (CRUSH, 1974; HALL, 1978; BUWALDA, 1980).

Considerando-se a importância das micorrizas vesículo-arbusculares no suprimento de nutrientes em plantas forrageiras, pretende-se com este trabalho compilar a literatura disponível sobre aspectos fisiológicos e técnicos referentes a utilização desse endófito em plantas forrageiras.

### Grau de dependência das forrageiras às micorrizas

O fungo MVA é encontrado em quase todo tipo de solo, em uma escala global são virtualmente onipresentes. Encontrados em solos tropicais, temperados e árticos, e igualmente em espécies individuais distribuídas por todo mundo.

Assim sendo SPARLING & TINKER (1978) relatam que as espécies forrageiras presentes nas pastagens montanhosas da Grã-Bretanha são frequentemente infectadas pelo fungo MVA, e, que invariavelmente estão presentes nos solos de pastagens na Nova Zelândia (CRUSH, 1976; POWELL, 1976) e na Colômbia (SALINAS *et alii*, 1985).

Com relação ao grau de dependência das plantas a micorriza, tem-se uma escala variável, desde independência total, até uma dependência absoluta no caso de plantas incapazes de desenvolver se não estão micorrizadas (plantas micotróficas).

BAYLIS (1975) propôs a hipótese de que as espécies com sistema radicular muito pouco ramificado, com poucos pêlos radiculares seriam mais micotróficas, incluso em solos férteis. Entretanto, as plantas com sistema radicular do tipo "graminóide", raízes muito ramificadas e com muitos pêlos radiculares, somente respondem à inoculação com micorrizas em solos deficientes em fosfato solúvel. Sendo que este comportamento é afetado por aspectos do tipo fisiológico e anatômico.

PLENCHETTE *et alii* (1983) sugerem uma fórmula para expressar a dependência relativa das plantas às micorrizas (DRM):

$$DRM = \frac{(PsM) - (PsnoM)}{(PsM)} \times 100$$

Sendo: PM = peso seco da planta micorrizada

PsnoM = peso seco da planta não micorrizada.

Os valores da DRM se situam entre 0 (independência absoluta) a 100% (dependência absoluta), e expressam realmente a resposta de uma planta a um nível determinado de fósforo do solo, porém seria mais exato conhecer o ní-

vel de P-solúvel do solo, a partir do qual a planta não necessita ser micorrizada para crescer adequadamente. Com base nesta fórmula, e com os dados disponíveis na literatura inferiu-se a dependência relativa de algumas forrageiras (Quadro I).

A dependência relativa às micorrizas, também tem sido avaliada no CIAT (1985) em forrageiras tropicais, com forme os resultados apresentados (Figura 1).

Os resultados reportados pelo CIAT (1985) indicam que as braquiárias apresentam uma elevada taxa de colonização por micorrizas vesículo-arbusculares (MVA), sendo encontrados esporos dos seguintes fungos: *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora morowae*, *Acaulospora apendiculata* e *Glomus* sp. Por efeito das micorrizas (MVA) aumentam a absorção de fósforo e produção de matéria seca da maioria das forrageiras tropicais (por exemplo: *B. de cumbens*, *B. brizantha*, *A. gayanus*, *B. digitaria*, *C. macrocarpum*, *C. pubescens*, *B. humidicola* e *L. leucocephala*).

### Nutrição vegetal e o fungo MVA

As micorrizas (MVA) ocorrem naturalmente em associações mutualísticas, colonizando as raízes da maioria das plantas forrageiras, representando uma alternativa para reduzir os requerimentos de fertilizantes através do melhoramento na capacidade das plantas em utilizar mais eficientemente os nutrientes. Além de outros efeitos benéficos como: melhoramento da nodulação e capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico nas leguminosas; e maior adaptabilidade das plantas a condições adversas do solo (acidez, salinidade e falta de água).

### Efeitos da acidez do solo

A acidez do solo parece ser um fator edáfico de grande influência na incidência das micorrizas vesículo-arbusculares no Brasil. Os dados apresentados por LOPES et alii (1983) (Quadro II) ilustram esse aspecto.

Quadro I - Dependência Relativa (DR) de algumas plantas forrageiras ao fungo micorriza vesículo-arbuscular (MVA).

Espécie/MVA	DR(%)	Dados inferidos de:
<i>Centrosema pubescens</i> /Glomus mossae	47,0	MOSSE, 1983
<i>Centrosema pubescens</i> /G. fasciculatum	28,0	MOSSE, 1983
<i>Desmodium intortum</i> /G. fasciculatum	90,8	CABALA-ROSAND & WILD, 1982
<i>Stylosanthes guyanensis</i> /G. fasciculatum	84,0	CABALA-ROSAND & WILD, 1982
<i>Leucaena leucocephala</i> /G. fasciculatum	68,0	HUANG et alii, 1985
<i>Medicago sativa</i> /G. mossae	59,8	AZCON & BARES, 1978
<i>Macroptilium atropurpureum</i> /G. mossae	52,0	PAULINO et alii, 1986
<i>M. atropurpureum</i> /G. fasciculatum	73,3	PAULINO et alii, 1986
<i>Galactia striata</i> /G. mossae	35,7	PAULINO et alii, 1986
<i>Galactia striata</i> /G. fasciculatum	25,0	PAULINO et alii, 1986
<i>Trifolium repens</i> /G. mossae	51,5	HAYMAN & MOSSE, 1979
<i>Trifolium repens</i> /G. fasciculatum	6,0	HAYMAN, 1977
<i>Trifolium repens</i> /G. tenuis	23,7	HALL et alii, 1977
<i>Hedysarum coronarium</i> /G. mossae	48,8	AZCON et alii, 1982
<i>Cenchrus ciliaris</i> /G. fasciculatum	6,0	CABALA-ROSAND & WILD, 1982
<i>Lolium perene</i> /G. tenuis	43,0	BUWALDA, 1980
<i>Lolium perene</i> /Gigaspora margarita	57,1	BUWALDA, 1980
<i>Paspalum plicatulum</i> /G. fasciculatum	29,0	CABALA-ROSAND & WILD, 1982

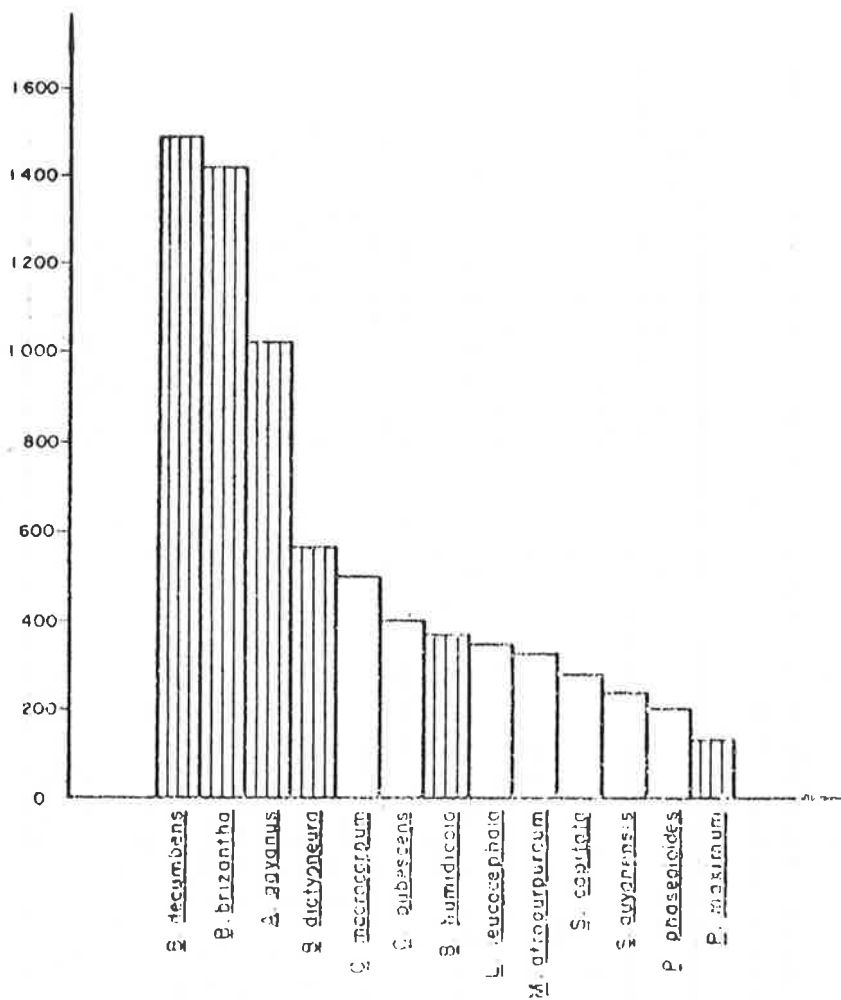


Figura 1 - Dependência da micorriza de 13 forrageiras tropicais, peso seco das plantas micorrizadas expresso como porcentagem do peso seco das plantas micorrizadas (CIAT, 1985).

Quadro II - Incidência relativa (%) de quatro gêneros de *Endogonaceae* na rizosfera de plantas de café na região de São Paulo, em função do pH (1)

Gêneros	pH do solo				
	4,6-5,0	5,4-5,5	5,6-6,0	6,1-6,5	6,6-7,0
<i>Acaulospora</i>	100	100	100	100	100
<i>Gigaspora</i>	80	50	62	50	0
<i>Glomus</i>	40	100	75	100	100
<i>Sclerocystis</i>	60	50	12	33	50

(1) LOPES et alii (1983).

Esses autores verificaram que *Acaulospora* e *Sclerocystis* praticamente não foram afetados pelo pH do solo no intervalo de 4,7 até 6,9. *Gigaspora* não foi encontrada em solos com pH mais alto que 6,5 e *Glomus* foi comumente encontrado em localidades com pH inferiores a 5,0.

Nos solos ácidos das regiões de cerrado do Estado de São Paulo, REIS et alii (1985) encontraram maior abundância do gênero *Acaulospora* e menor frequência dos gêneros *Glomus* e *Gigaspora*.

Entre os fatores componentes da acidez, que podem afetar negativamente o fungo, estão o  $Al^{+3}$  trocável e  $H^+$  que atuam como um complexo fungistático, principalmente sobre os propágulos do fungo MVA, geralmente antes de sua penetração nas raízes (SIQUEIRA et alii, 1984). Resultados de outros pesquisadores como HEPPEL (1979) e HEPPEL & SMITH (1976), indicam que metais como Al, Zn, Cu, Mn e íons de H reduzem o crescimento do fungo, quando em excesso, devido a redução na germinação de esporos, redução no crescimento do tubo germinativo e diminuição na colonização interna das raízes pelo fungo MVA. A acidez do solo pode resultar em crescimento pobre do micélio ex

terno, baixa absorção de nutrientes pelas hifas do fungo e, portanto uma simbiose MVA não eficiente (DAVIS *et alii*, 1983, GRAW, 1979).

Nas condições dos sistemas de produção agrícola tropicais, a introdução e longevidade do fungo MVA como promotor de crescimento e maior produtividade das pastagens, depende diretamente da correção dos fatores de acidez pela prática da calagem, cujo benefício é duplo tanto para planta como para o fungo (NEWBOULD & RANGELEY, 1984; SIQUEIRA *et alii*, 1984). Entretanto, a aplicação de uma calagem excessiva e fertilização pesada em solos altamente intemperizados podem reduzir a formação micorrízica e deprimir o crescimento da planta.

### Transferência de nutrientes

As MVA aumentam o número de sítios para absorção de P, explorando um volume superior de solo que a raiz por si mesma pode utilizar. Além do mais, o íon fosfato captado pela hifa do fungo fica protegido de uma refixação pelos componentes do solo (BAREA *et alii*, 1984).

O fósforo se transloca em direção das estruturas intra-radulares do fungo como grânulos de polifosfato que são impulsionados através do lumen das hifas por correntes citoplasmáticas até os arbúsculos, embora pareça que também o fluxo massivo possa contribuir (COOPER & TINKER, 1981).

O principal local de transferência de fosfato desde o fungo até as células radulares é o arbúsculo (COX *et alii*, 1980). O processo se baseia em um mecanismo ativo de transferência através das membranas vivas. A atividade ATP-ásica unida a plasmalemas se redistribui nas células que contêm um arbúsculo, situando-se e concentrando-se ao redor destes sistemas de plasmalema dupla (fungo-raiz) que são os arbúsculos.

Frequentemente se relata que a infecção micorrízica também incrementa as concentrações de outros nutrientes (N, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu e B) além do P nos tecidos da planta, porém não está bem esclarecido se a absorção destes nutrientes é uma consequência da melhora



do suprimento de P. HUANG et alii (1985), inoculando *Leucaena leucocephala* com *Glomus fasciculatus*, obteve significativo aumento no peso da parte aéreas e raízes, área e largura foliar, maior absorção de P, K e Ca, quando comparados com plantas não micorrizadas. Também outras espécies de forrageiras como *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, *Centrosema pubescens* e *Galactia striata* aumentaram seu peso seco e absorção de fósforo por efeito da inoculação com *Glomus mosseae* e *Glomus fasciculatus* (PAULINO et alii, 1986).

As micorrizas conferem uma contribuição bastante limitada para a absorção de íons como sulfato e nitrato, que circulam com facilidade até a rizosfera das plantas. Porém há evidências de um efeito direto das MVA incrementando a absorção de Zn e Cu (RHODES & GERDEMANN, 1980).

#### Influência de fósforo na infecção micorrízica, crescimento e nutrição vegetal

De maneira geral, a inoculação com o fungo MVA aumenta a absorção de P e crescimento das plantas, especialmente quando os níveis de P disponível no solo são baixos. CRUSH (1974), cultivando *Centrosema*, *Stylosanthes* e *Trifolium* em solos deficientes em fosfato, verificou que as MVA aumentaram expressivamente a nodulação, crescimento e conteúdo de fósforo em comparação com as plantas não micorrizadas. *Centrosema* e *Stylosanthes* produziram relativamente poucos pêlos radiculares, isso explica sua forte dependência às micorrizas. As raízes de trevo foram intermediárias, quando comparadas com as espécies tropicais e *Lotus*, enquanto que este último mostrou uma resposta expressivamente menor à micorrização.

As respostas à micorrização são afetadas pelas interações existentes entre as plantas e o solo. HAYMAN (1982) observou que alfafa crescendo em um solo com 8 ppm de P (solúvel em  $\text{NaHCO}_3$ ) a micorrização aumentou o crescimento e conteúdo de P da parte aérea; entretanto, em um solo contendo 26 ppm de P somente elevou-se a porcentagem de P da parte aérea, e em solo com alto teor de

fósforo (40 ppm) a micorrização não expressou benefício algum. Porém, no solo com 40 ppm de P. a forrageira *Stylosanthes* respondeu consideravelmente a micorrização, este fato aparentemente contraditório, em vista do sucesso de *Stylosanthes* em solos tropicais com teores de fósforo muito baixos (2 a 3 ppm), sugere que esta planta é micorrizada obrigatoriamente nas condições de campo.

HALL *et alii* (1977), trabalhando com diversos tipos de solos, estudaram os efeitos do fungo MVA em dois cultivares de trevo branco, obtendo efeitos benéficos na produção mediante a aplicação de baixas doses de fertilizantes fosfatados (até 30 kg de P/ha).

RANGELEY *et alii* (1982), inoculando dois endofitos (*Glomus mosseae* e *G. etunicatum*) em *Trifolium repens*, observaram aumentos na produção da parte aéreas sob níveis de 0 a 20 kg de P/ha, e diminuição na micorrização, ao empregar altas doses de fertilização fosfatada (200 kg de P/ha), porém a produção não foi afetada.

BAREA *et alii* (1983) estudaram o efeito da interação da micorriza *Glomus mosseae* e doses crescentes de fertilizante fosfatados (0, 20, 35, 50, 80 e 100 kg de P/ha) sobre o desenvolvimento de alfafa (*Medicago sativa*), e encontraram que doses de fosfato superiores a ótima (35 kg de P/ha) afetaram negativamente a nodulação, micorrização e nutrição dessa forrageira.

Trabalhos realizados com P<sup>32</sup>, evidenciaram que as raízes micorrizadas tomam o P da fração solúvel do solo (HAYMAN, 1983). De acordo com BAREA *et alii* (1984), a explicação à aparente solubilização de P pela MVA, é atribuído a que as hifas externas do fungo proporcionaram à planta a possibilidade de maior superfície de contato com partículas insolúveis de fosfato presentes no solo, o correndo uma dissociação química ou bioquímica do P, para manter um equilíbrio no solo entre o fósforo solúvel e insolúvel.

CABALLA-ROSAND & WILD (1982), investigando a resposta na produção de matéria seca de forrageiras com aplicações de fosfato de rocha (Patos), obtiveram incrementos pela inoculação micorrízica com *Glomus fasciculatus* em *Stylosantes* e *Desmodium intortum*, porém respostas meno-

res foram obtidas em *Cenchrus ciliaris* *Paspalum plicatum*. Estes resultados indicam que é possível melhorar a utilização do fosfato de rocha em solos ácidos mediante a inoculação micorrízica de leguminosas herbáceas.

### Interação do fungo MVA com *Rhizobium*

A possibilidade prática de aproveitar o benefício da simbiose tripla leguminosa - *Rhizobium* - fungo MVA representa um recurso naturalmente potencial. Isto tem especial importância nas pastagens naturais ou artificiais, onde um sistema rico em nitrogênio repercutirá em uma alimentação de melhor qualidade protéica.

O processo de fixação biológica de nitrogênio pelas leguminosas forrageiras, em associações específicas com a bactéria *Rhizobium*, é uma maneira mais econômica de introduzir o nitrogênio no sistema solo-planta - animal, quando comparado com o uso de fertilizantes nitrogenados.

O quadro III mostra a eficiência de fixação de nitrogênio desde a biosfera pelas diferentes leguminosas forrageiras em simbioses com seu *Rhizobium*. Os dados da literatura estimam uma fixação média de 100 quilogramas de nitrogênio por hectare por ano, dos quais cerca de 50% são transferidos para a gramínea associada, resultando em uma economia de fertilizante nitrogenado e aumento do valor nutritivo da pastagem.

Alguns nutrientes minerais como P, S, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe e Mo são limitantes e podem restringir a fixação simbiótica de nitrogênio. Entretanto, eles podem ter sua absorção facilitada pelas infecções micorrízicas.

CRUSH (1974), trabalhando com leguminosas forrageiras, verificou que as micorrizas estimulam a nodulação e fixação de nitrogênio em *Centrosema pubescens*, *Stylosanthes guyanensis*, *Trifolium repens* e *Lotus pedunculatus*. Também WALDYANATHA et alii (1979) confirmaram o efeito positivo da micorrização na nodulação e atividade da nitrogenase em *Medicago sativa* e *Pueraria* sp.

Quadro III - Eficiência de fixação de nitrogênio de algumas leguminosas forrageiras.

Leguminosa	kg de N/ha.ano
<i>Medicago sativa</i>	350
<i>Trifolium repens</i>	250
<i>Lupinus albus</i>	150
<i>Leucaena leucocephala</i>	500
<i>Centrosema pubescens</i>	280
<i>Stylosanthes guyanensis</i>	150
<i>Neonoma wightii</i>	200

Outros experimentos posteriores, demonstraram que os efeitos da infecção micorrizica na nodulação e fixação de nitrogênio são do tipo indireto melhorando a capacidade da planta na absorção de nutrientes principalmente de fósforo solúvel (CRUSH, 1982; ROBSON et alii, 1981). Dados médios da literatura indicam que uma leguminosa fixando N, consome 21 moles de ATP por mol de N<sub>2</sub> reduzindo a amônia. O papel de MVA é satisfazer a alta demanda de P para o processo de nodulação e fixação de N.

Considerando que não existe um contato direto entre o fungo micorrizico e o bacteróide do *Rhizobium*, o fósforo alcança ao bacteróide movimentando-se através das células radiculares da planta hospedeira. ASIMI et alii (1980) sugeriram que o papel das fosfatases nos arbúsculos desenvolvidos nas células adjacentes aos nódulos, seriam de grande importância na transferência de fosfato aos bacteróides.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos por diversos pesquisadores mostraram que a inoculação micorrizica pode aumentar o crescimento e a absorção de nutrientes de diferentes espé-

cies de plantas forrageiras. As diversas espécies de plantas forrageiras diferem marcadamente na sua dependência às associações micorrízicas. Inicialmente pensava-se que apenas as leguminosas dependiam altamente da associação micorrízica, quando comparadas com os capins. Foi encontrado que alguns capins, tais como: *Brachia-ria decumbens*, *B. brizantha* e *Andropogon gayanus* não podem crescer sem uma associação micorrízica, e *B. dictio-neura* e *B. humidicola* também têm uma forte dependência na associação.

Foram obtidos efeitos positivos da inoculação das leguminosas forrageiras tropicais com o fungo micorrízico, melhorando a fixação de nitrogênio pelo *Rhizobium*. Esta interação (micorriza-*Rhizobium*), do ponto de vista de nutrição de plantas, é bastante promissora, entretanto mais pesquisas devem ser realizadas nesse campo no sentido de maximizar o processo de fixação do nitrogênio.

A tecnologia micorriza parece ser muito promissora, especialmente para os pequenos pecuaristas ou aqueles com os piores solos onde faltam as micorrizas nativas de boa qualidade.

#### RESUMO

O grupo de fungos que formam micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) está entre os microorganismos que reconhecidamente vêm despertando interesse no mundo científico, particularmente devido ao estabelecimento de relações simbióticas com plantas hospedeiras, facilitando principalmente a absorção de nutrientes das plantas.

Nesse sentido, fez-se a presente revisão, dando ênfase aos seguintes aspectos: influência das MVA na fertilidade do solo, transferência de nutrientes e interação com *Rhizobium* em plantas forrageiras.

Termos de indexação: Micorriza vesículo-arbuscular, forrageiras nutrição fosfatada.

## SUMMARY

## IMPORTANCE OF VESICULAR-ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FOR NUTRIENT SUPPLY IN FORAGE PLANTS

The group of fungi that form mycorrhizae vesicular-arbuscular (VAM) are among the microorganisms that increased recognition of this situation attracted many scientifics particularly in the frequently beneficial interaction between VAM fungi and their plants hosts. In aspects, the present work revision with emphasis on the influence of soil fertility, nutrients transference (fungi-host) and interactions with *Rhizobium* in forage plants.

Index terms: VA mycorrhiza, forage plants, phosphate nutrition soil fertility.

## AGRADECIMENTOS

Aos Drs. José Miguel Barea e Eli S. Lopes pelas sugestões e orientações no desenvolvimento deste trabalho.

A escriturária Rosineri A.L. Zorzeto pelo trabalho de datilografia.

## LITERATURA CITADA

- ASIMI, S.; V. GIANINAZZI-PEARSON; S. GIANINAZZI, 1980. Influence of increasing soil phosphorus levels on interactions between vesicular-arbuscular mycorrhizae and *Rhizobium* in soybeans. *Can. J. Bot.*, Ottawa, **58**(20): 2200-2205.
- AZCÓN-AGUILAR, C. & J.M. BAREA, 1978. Effects of interactions between different culture fractions of "phosphobacteria", and *Rhizobium* on mycorrhizal infection, growth, and nodulation of *Medicago sativa*. *Can. J. Microbiol.*, Ottawa, **2**(5): 520-24.

- ÁZCON-AGUILAR, C.; J.M. BAREA; R. ÁZCON; J. OLIVARES, 1982. Effectiveness of *Rhizobium* and VA mycorrhiza in the introduction of *Hedysarum coronarium* in a new habitat. **Agric. and Environ.**, Amsterdam, 7: 199-206.
- BAREA, J.M.; C. ÁZCON-AGUILAR; R. ÁZCON, 1983. Efecto de la interacción de fertilizantes solubles de P y micorrizas sobre la nodulación, micorrización, crecimiento y nutrición de la alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Ci. suelo**, Madrid, 1(1): 39-43.
- BAREA, J.M. & C. ÁZCON-AGUILAR, 1983. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen - fixing plants. **Adv. Agron.**, Nova York, 36: 1-54.
- BAREA, J.M.; C. ÁZCON-AGUILAR, B.W. ROLDAN-FAJARDO, 1984. Avances recientes en el estudio de micorrizas VA I. Formación, funcionamiento y efectos en nutrición vegetal. **Anal. Edafol. Agrobiol.**, Madrid, 43: 659-677.
- BAYLIS, G.T.S., 1975. The magnolioid mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; YINKER, P.B., ed. Endomy - corrhizas, Academic Press, Londres, p.373-389.
- BUWALDA, J.G., 1980. Growth of a clover ryegrass association with vesicular-arbuscular mycorrhizae. **N.Z. J. Agric. Res.**, Wellington, 23(4): 379-83.
- CABALA-ROSAND, P. & A. WILD, 1982. Direct use of low grade phosphate rock from Brasil as fertilizer. II. Effects of mycorrhizal inoculation and nitrogen source. **Pl. Soil**, Haia, 65(3): 363-373.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1985. Mycorrhiza Technology Improving Pasture Yield in acid soils, 4(1): abril.
- COOPER, K.M. & P.B. TINKER, 1981. Translocation and transfer of nutrients in vesicular arbuscular mycorrhizas. **New. Phytol.**, Londres, 88(2): 327-339.
- COX, G.; K.J. MORAN; F. SANDERS; C. NOCKOLDAS; P.B. TINKER, 1980. Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizas. III. Polyphosphate granules and phosphorus translocation. **New Phytol**, Londres, 84(4): 649-659.

- CRUSH, J.R., 1974. Plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhiza. VII. Growth and nodulation of some herbage legumes. **New Phytol.**, Londres, **73** (3): 743-752.
- CRUSH, J.R., 1976. Endomycorrhizas and legumes growth in some soils of Mackenzie Basin, Canterbury, New Zealand. **N.Z.J. Agric. Res.**, Wellington, **19**(4): 473-6.
- CRUSH, J.R., 1982. Effects of endomycorrhizas and phosphate fertilizers on the nodulation and the activity of acetilene of *Trifolium repens*. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, **10**: 297-299.
- DAVIS, E.A.; J.L. YOUNG; R.G. LINDERMAN, 1983. Soil lime level (pH) and VA-mycorrhiza effects of growth responses of sweetgum seedlings. **J. Soil Sci. Soc. of Am.**, Gainesville, **47**(2): 251-255.
- GRAW, D., 1979. The influence of soil pH on the efficiency of vesicular arbuscular mycorrhizae spores. **New Phytol.**, Londres, **82**(4): 687-695.
- HALL, I.R.; R.S. SCOTT; P.B. JOHNSTINE, 1977. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizas on response of "Grasslands" "Huia" and "Tamar" white clovers to phosphorus. **N.Z.J. Agric. Res.**, Wellington, **20**(3): 349-55.
- HALL, I.R., 1978. Effects of endomycorrhizas on the competitive ability of white clover. **Ibid**, Chicago, **21**: 509-15.
- HAYMAN, D.S., 1977. Mycorrhizal effects of white clovers in relation to hill land improvement. **ARC Res. Rev.**, Londres, **3**: 82-85.
- HAYMAN, D.S. & B. MOSSE, 1979. Improved growth of white clover in hill grasslands by mycorrhizal inoculation. **Ann. Appl. Biol.**, Wellesbourne, **93**(2): 141-148.
- HAYMAN, D.S., 1982. Influence of soils fertility on activity and survival of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Phytopathology**, Nova York, **72**(8): 1119-1125.
- HAYMAN, D.S., 1983. The physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. **Can. J. Bot.**, Ottawa, **61**(23): 944-963.



- HEPPER, C.M. & G.A. SMITH, 1976. Observations on the germination of *Endogone* spores. **Trans. Br. Mycol. Soc.**, Londres, **66**: 189-194.
- HEPPER, C.M., 1979. Germination and growth of *Glomus caledonius* spores the effects of inhibitors and nutrients. **Soil Biol. Biochem.**, Nova York, **11**: 269-277.
- HUANG, S.R.; W.K. SMITH; R.S. YOST, 1985. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on growth, water relations, and leaf orientation in *Leucaena leucocephala* (LAM) de Wit. **New Phytol.** Londres, **99**: 229-243.
- LOPES, E.S.; E. OLIVEIRA; R. DIAS; N.C. SCHENCK, 1983. Occurrence and distribution of vesicular - arbuscular mycorrhizal fungi on coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in central São Paulo State, Brasil. **Turrialba**, Costa Rica, **33**(4): 417-422.
- MOSSE, B., 1972. Effects of different *Endogone* strains on the growth of *Paspalum notatum*. **Nature**, Londres, **239**(5366): 221-23.
- MOSSE, B., 1977. Plant growth responses to vesicular - arbuscular mycorrhiza. X. Responses of *Stylosanthes* and maize to inoculation in unsterile soils. **New Phytol.**, Londres, **78**: 277-288.
- MOSSE, B., 1983. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **An. Review Phytopathology**, **II**: 170-196.
- MUNNS, D.N. & B. MOSSE, 1980. Mycorrhizas. SUMMERFIELD, R.J.; BUNTING, A.H., ed. In: **Advances in Legume Science**. HM Stationery Office, Londres, p.115-125.
- NEWBOULD, P. & A. RANGELEY, 1984. Effect of lime, phosphorus and mycorrhizal fungi on growth, nodulations and nitrogen fixation by white clover (*Trifolium repens*) grown in UK hill soils. **Pl. Soil**, Londres, **76**: 105-114.
- PAULINO, V.T.; D.F. PICCINI & J.M. BARES, 1986. Influência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e fatores em leguminosas forrageiras tropicais. **R. bras. Ci. Solo**, **10**: 103-108.

- PLENCHETTE, C.; J.A. FORTIN; V. FURLAN, 1983. Growth responses of several plant species to mycorrhizas in a soil of moderate P-fertility. I. Mycorrhizal dependency under field conditions. **P. Soil**, Londres, **70**: 199-209.
- POWELL, C.L., 1976. Mycorrhizal fungi stimulate clover growth in New Zealand hill country soils. **Nature**, Londres, **264**: 436-8.
- POWELL, C.L., 1977a. Mycorrhizas in hill country soils II. Effect of several mycorrhizal fungi on clover growth in sterile soils. **N.Z.J. Agric. Res.**, Wellington, **20**: 59-62.
- POWELL, C.L., 1977b. Mycorrhizas in hill country soils V Growth responses in ryegrass. **Ibid**, Chicago, **20**: 495-502.
- RANGELEY, A.; M.J. DAFT; P. NEWBOULD, 1982. The inoculation of white clover with mycorrhizal fungi in unsterile hill soils. **New Phytol.**, Londres, **92**: 89-102.
- REIS, M.F.; E. OLIVEIRA & T.L. KRUGNER, 1985. Ocorrência de micorrizas vesículo-arbusculares em povoamento de *Eucalyptus grandis* em duas regiões de cerrado do Estado de São Paulo. Programa e Resumos da "I Reunião Brasileira sobre Micorriza". ESAL, Lavras, MG, Brasil.
- RHODES, L.G. & J.W. GERDEMANN, 1980. Nutrient translocation in vesicular-arbuscular mycorrhizas. In: COOK, C.B.; PAPPAS, P.W. & RUDOLPH, E.D., ed. Cellular interactions in symbiosis and parasitism. Columbus, Ohio, State University Press, p.173-195.
- ROBSON, A.D.; G.M. O'HARA; L.K. ABBOTT, 1981. Involvement of phosphorus in nitrogen fixation by subterranean clover (*Trifolium subterraneum*). **Austr. J. Pl. Physiol.**, Melbourne, Vic., **8**: 427-436.
- SALINAS, J.G.; J.I. SANZ & E. SIEVERDING, 1985. Importance of VA mycorrhizae for phosphorus supply to pasture plants in tropical Oxisoils. **Plant and Soil**, **84**: 347-360.

- SIQUEIRA, J.O.; D.H. HUBBELL; A.W. MAHMUD, 1984. Effect of liming on spore germination, germ tube growth and root colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Pl. Soil**, Londres, **76**: 115-124.
- SPARLING, G.P. & P.B. TINKER, 1978. Mycorrhizal infection in pennine Grassland. I. Levels of infections in the field. **J. Appl. Ecol.**, Oxford, **15**: 943-950.
- WAIDYANATHA, U.P.; N. YOGARATNAN; W.A. ARIYARATNE, 1979. Mycorrhizal infection on growth and nitrogen fixation of *Pueraria* sp. and *Stylosanthes* and uptake of phosphorus from two rock phosphates. **Austr. J. Plant Phys.**, Melbourne, Vic., **6**: 305-311.