

Documentos

ISSN 0103-9865
Setembro, 2001 **55**

Interação de Micorriza Vesicular-Arbuscular com Leguminosas em Solos Ácidos



ISSN 0103-9865
Setembro, 2001

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 55

Interação de Micorriza Vesicular-Arbuscular com Leguminosas em Solos Ácidos

Marília Locatelli
Thomas Jot Smyth
Abadio Hermes Vieira

Porto Velho, RO
2001

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Rondônia
BR 364 km 5,5, Porto Velho, RO, CEP 78900-970
Caixa Postal 406
Telefones: (69) 222-0014 / 8489
Telefax: (69) 222-0409
www.cpafro.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: Newton de Lucena Costa

Secretaria: Marly de Souza Medeiros

Membros:

Claudio Ramalho Townsend

José Nilton Medeiros Costa

Júlio César Freitas Santos

Maria Geralda de Souza

Samuel José de Magalhães Oliveira

Vanda Gorete Souza Rodrigues

Marília Locatelli

Normalização: Maria Goretti G. Praxedes (Bibliotecária, Embrapa Amapá)

Editoração eletrônica: Itacy Duarte Silveira e Marly de Souza Medeiros

Revisão gramatical: Ademilde de Andrade Costa

1ª edição

1ª impressão: 2001, tiragem: 200 exemplares

Todos os direitos reservados.

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

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.

Embrapa Rondônia

Locatelli, Marília

Interação de micorriza vesicular-arbuscular com leguminosas em solos ácidos/ Marília Locatelli, Thomas Jot Smith, Abadio Hermes Vieira. – Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 2001.

13 p. (EMBRAPA.CPAF Rondônia. Documentos, 55).

ISSN 0103-9865.

1. Micorriza vesicular.
 2. Leguminosa.
 3. Solo.
 4. Simbiose.
 5. Fungo.
 6. Raiz.
- I. Smith, Thomas Jot. II. Vieira, Abadio Hermes.
III. Título. IV. Série.

CDD 631.46

© Embrapa – 2001

Autores

Marília Locatelli

Eng. Florestal, Ph.D., Embrapa Rondônia, BR 364 km 5,5, Caixa Postal 406, CEP 78900-970, Porto Velho, RO.
Fone: (69)222-0014, Fax: (69)222-0409.
E-mail: marilia@cpafro.embrapa.br

Thomas Jot Smyth

Eng. Agrôn., Ph.D, NCSU, North Carolina State University ,
3104 Williams Hall, Box 7619, Raleigh, NC, USA 27695.
E-mail: jotsmyth@ncsu.edu

Abadio Hermes Vieira

Eng. Florestal, M.Sc., Embrapa Rondônia.
E-mail: abadio@cpafro.embrapa.br

Sumário

Introdução.....	7
MVA e acidez do solo.....	8
Simbiose MVA – <i>Rhizobium-leguminosa</i>.....	8
Dependência de MVA.....	9
Micorrizas e pesquisa na região amazônica.....	10
Referências Bibliográficas.....	10

Interação de Micorriza Vesicular-Arbuscular com Leguminosas em Solos Ácidos

Marília Locatelli

Thomas Jot Smyth

Abadio Hermes Vieira

Introdução

Micorrizas são associações simbióticas não patogênicas, entre raízes de plantas e certos fungos que existem no solo, nas quais seus componentes convivem em um estado de equilíbrio físico e fisiológico e proporcionam benefícios mútuos (Srivastava et al., 1996). O fungo melhora a absorção dos nutrientes, especialmente fósforo (P), através do aumento da superfície de absorção das raízes, tendo estruturas com diâmetro finos (hifas), que permitem que mais nutrientes sejam absorvidos da solução do solo, produzindo enzimas que aumentam a mineralização da matéria orgânica, bem como a planta fornece carboidratos para o crescimento dos fungos (Barber, 1995; Hamel, 1996; Sylvia, 1999). Micorriza vesicular-arbuscular (MVA) é a simbiose de fungo subterrâneo mais comum que coloniza a grande maioria de plantas superiores. Aproximadamente 80% de espécies de plantas descritas formam arbúsculos e vesículas (Haselwandter e Bowen, 1996; Smith e Read, 1997).

A associação com MVA representa um papel importante no crescimento da planta, especialmente em solos de baixa fertilidade nas regiões tropicais onde o P disponível é normalmente baixo. Micorrizas representam orgãos de extensão efetivos da raiz, que contribuem para a absorção e translocação de P e outros nutrientes com difusão limitada. Extensiva colonização e desenvolvimento de MVA aumentam a superfície de absorção do sistema radicular, de forma que as zonas de exaustão de nutrientes próximas à raiz são atravessadas pelas hifas de MVA e nutrientes imóveis como P, zinco (Zn), e cobre (Cu) são transportados de locais distantes para a raiz da planta hospedeira (Linderman, 1992; Sanders et al., 1999). Embora a melhoria em absorção de P é muitas vezes relatada para associações de MVA com plantas, colonização micorrízica também aumenta a absorção de nutrientes móveis como amônia (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) (Hooker e Black, 1995). Por isso, micorrizas têm uma função importante no crescimento de plantas nas regiões tropicais (Barea, 1991; Munyanziza et al., 1997). Plantas micorrizadas crescem mais rapidamente que as suas contrapartes não micorrizadas na fase inicial de desenvolvimento (Harley, 1991). Ganhos em produtividade por plantas com fungos micorrízicos variam com o grau de colonização da raiz pelos fungos de MVA. A magnitude dos efeitos da simbiose depende da combinação de interações entre o hospedeiro, simbionte e fatores ambientais (Graw, 1979).

Evidências sugerem que MVA mudam significativamente a fisiologia do hospedeiro e a dinâmica e composição da população microbiana na rizosfera. A habilidade de leguminosas para formar uma associação simbiótica dual com rizóbio e fungos de MVA é única, porque permite em muitos casos, plantas se estabelecerem em solos com pouco nitrogênio (N) e P (Aziz e Habte, 1989). A estimulação de crescimento e fixação de N_2 pela colonização micorrízica é atribuída à melhoria da absorção de P pelas raízes. Fósforo é especialmente necessário no processo de fixação de N_2 pelo microorganismo associado, como também para o crescimento do hospedeiro (Harley, 1991). Solos ácidos com baixo P disponível, podem limitar o crescimento de espécies de leguminosas que tem uma alta demanda de P para seu crescimento, nodulação e fixação de N_2 (Bergersen, 1991).

MVA e Acidez do Solo

A maioria dos solos nas regiões tropicais apresenta acidez e suprimento de nutrientes limitado (Kamprath, 1984; Sanchez, 1976). Toxidez de hidrogênio (H), Al (alumínio) e Mn (manganês), bem como deficiências de Ca (cálcio), Mg (magnésio), P, Mo (molibdênio) e Si (silício) constituem fatores de crescimento limitantes relacionados com o complexo de acidez de solo (Kamprath, 1984; Foy, 1992). Acidez de solo é freqüentemente relatada, por afetar negativamente a distribuição de esporos, colonização de raiz e eficiência micorrízica (Siqueira et al., 1984). O estabelecimento de MVA em solos ácidos, depende da sua capacidade em tolerar os fatores associados com forte acidez de solo, especialmente níveis fitotóxicos de Al. Tolerância à acidez de solo pode variar entre gêneros de fungos, espécies ou isolados dentro da mesma espécie (Bartolome-Esteban e Schenck, 1994; Habte, 1999).

Os fungos MVA foram descobertos em solos com pH variando de 2.7 a 9.2, mas diferentes isolados de fungos têm variada tolerância ao pH (Siqueira et al., 1984; Clark, 1997). O pH do meio de crescimento da planta afeta ambos a colonização da raiz por MVA e outras características como sobrevivência e germinação de esporos, crescimento de hifa no solo, penetração e infecção de tecido de raiz e formação de propágulo (Clark e Zeto, 1996).

A acidez do solo e problemas associados à toxidez de Al e baixos níveis de Ca e Mg, podem impactar a eficiência das espécies de MVA pelo crescimento insuficiente das plantas (Howeler et al., 1987). Uma solução comum para acidez do solo é a sua calagem. O maior benefício direto da calagem de solos ácidos é a redução na atividade ou solubilidade de alumínio e manganês, que são extremamente tóxicos à maioria das plantas. Melhorias no Ca e Mg do solo e a disponibilidade de nutrientes como P também favorecem crescimento dea planta (Kamprath, 1984,; Tisdale et al., 1985). Como consequência, a calagem não melhora somente o crescimento do hospedeiro, mas também promove a atividade de microorganismos de solo como rizóbio e MVA (Siqueira et al., 1984; Habte & Soedarjo, 1995). Habte & Soedarjo (1996), trabalhando com *Acacia mangium* em um Oxissolo rico em manganês, encontraram que em baixa concentração de P, a colonização de MVA das raízes aumentou quando o pH foi aumentado no intervalo de 4,3 para 5,0. Em um estudo com *Leucaena leucocephala* e *Glomus aggregatum* usando o mesmo Oxissolo foi observado que em baixo pH, altas concentrações de Mn e/ou íons de H e possivelmente, insuficiênciade Ca podem reduzir a formação e efetividade de MVA (Soedarjo e Habte, 1995). Investigação com *A. mangium* e o fungo *G. aggregatum* neste Oxissolo ácido e rico em manganês, determinou que a absorção de Ca e Mg foram melhoradas por inoculação de MVA, e os efeitos benéficos de inoculação de micorriza foi maior em solos tratado com gesso, do que calcariado. Deste modo, parece que a sensibilidade da associação acácia - MVA à acidez do solo, foi mais uma função de deficiência de Ca, do que baixo pH do solo e alta concentração de Mn associada (Habte e Soedarjo, 1995).

Simbiose MVA-*Rhizobium*-Leguminosa

A presença de *Rhizobium* spp e fungos de MVA em raízes de leguminosas, originam uma desejável "dupla simbiose" (Hayman, 1983). Embora vários fatores sejam envolvidos, a razão principal para a interação positiva detectada na simbiose tripartite é que a infecção por MVA ajuda atingir a alta demanda de P do processo de fixação de N₂ (Barea et al., 1992). Simbiose micorrízica e nódulos influenciam sinergisticamente a taxa de infecção, nutrição mineral e crescimento das plantas (Fitter e Garbaye, 1994). A efetividade da simbiose com *Rhizobium* também pode ser afetada pela disponibilidade de Zn, Cu, Mo, e Ca, e a absorção aumentada destes elementos por MVA também poderia ser um benefício para a fixação simbiótica de N (Azcón-Aguilar e Barea, 1992).

Extensa pesquisa tem sido efetuada para entender melhor esta simbiose tripartite. Por exemplo, Faria et. al. (1995a, 1995b) estudaram o efeito de P, rizóbio e aplicação de micorriza no crescimento de mudas de *Albizia lebbeck* e *Peltophorum dubium* em um Oxissolo brasileiro. Estes autores concluíram que em solos com baixa disponibilidade de P, o crescimento inicial de ambas espécies de árvores poderia ser aumentado pela aplicação de quantidades pequenas de P e inoculação com fungos endomicorrízicos. Embora nenhuma nodulação foi observada para *Peltophorum dubium*, uma disponibilidade adequada de P e inoculação com endomicorriza foram cruciais para nodulação de *A. lebbeck*. Dela Cruz et al. (1988), indicaram que inoculação de três espécies de *Acacia* com rizóbio, unicamente, causou um efeito secundário no N e P total da planta, mas quando combinado com inoculação de MVA, o conteúdo de P na planta aumentou por 48 vezes e o de N por 30 vezes. Eles também mostraram diferenças de 2.5 a 7.0 vezes no crescimento de planta, devido à inoculação com MVA, dependendo da espécie de *Acacia*. Habte e Turk (1991), conduziram um experimento em casa-de-vegetação para avaliar a resposta à infecção por MVA para *Gliricidia sepium* e duas espécies de *Cassia* em um Oxissolo com dois níveis de P no solo. No nível de P considerado como ótimo para atividade de MVA, os níveis de infecção da raiz foram comparáveis para ambas espécies. A produção de matéria seca foi estimulada por MVA em *Cassia spectabilis* e *G. sepium*, mas não em *Cassia reticulata*. A absorção de fósforo foi melhorada através de inoculação de MVA em todas as espécies.

Dependência de MVA

Dependência micorrízica é definida como o grau em que uma planta depende da condição micorrízica, para produzir seu crescimento máximo, ou produção a um determinado nível de fertilidade do solo (Genderman, 1975). Esta dependência é referida como a diferença percentual em matéria seca entre plantas micorrizadas e não micorrizadas crescidas, no mesmo solo (Plenchette et al., 1983).

Algumas espécies de árvores têm sido estudadas, considerando sua dependência micorrízica. Habte (1995) avaliou a dependência micorrízica de *Cassia siamea* quando foram plantadas mudas em um Oxissolo com e sem inoculação de *G. aggregatum*, em duas concentrações de P na solução do solo (0.02 e 0.2 mg/L). Esta espécie foi considerada como altamente dependente a MVA, desde que seu crescimento foi aumentado significativamente, através de colonização de MVA em baixa disponibilidade de P no solo. Na concentração mais alta de P na solução do solo, raízes de plantas não micorrizadas foram capazes de absorver P, suficiente para atingir seus requerimentos de crescimento e a inoculação de MVA foi desnecessária. Habte e Musoko (1994), conduziram um experimento em casa-de-vegetação para determinar a resposta de *Albizia ferruginea* e *Enterolobium cyclocarpum* à inoculação de *G. aggregatum*. O conteúdo de P nos folíolos ou pinas de *Albizia* foi aumentado através de inoculação de MVA na concentração de P nativa, do solo do experimento. A produção de matéria seca de ambas espécies não foi afetada pela MVA. O efeito de inoculação de micorriza foi negativo ou zero, na concentração mais alta de P no solo testado. Estas espécies foram classificadas como altamente dependente de micorriza. Embora tenha sido alcançado algum avanço no papel de MVA no crescimento de espécies de árvores nas últimas décadas, atualmente existe informação limitada sobre dependência e efeitos de MVA, em crescimento de árvores leguminosas em solos ácidos. O efeito benéfico deste fungo no crescimento de algumas espécies, e o interesse por árvores de múltiplo propósito está motivando novos estudos neste campo. Árvores com fortes associações de MVA em sistemas agroflorestais, ajudarão na sustentabilidade perene de uma rede micorrízica, apesar da rotação de colheitas anuais entre as árvores. Um papel essencial das árvores é reter o potencial de inóculo do solo e agir como um reservatório para infecção de culturas intercalares (Barea e Jeffries, 1995).

Micorrizas e Pesquisa na Região Amazônica

Tendo em vista os pontos acima citados sobre os benefícios das micorrizas, entendemos que devem ser desenvolvidas pesquisas que seriam de utilidade para a região, tais como:

- Desenvolver procedimentos válidos para viabilizar a introdução dos fungos MVA em programas de recuperação de áreas degradadas, através do uso agrícola inadequado, bem como por atividades mineradoras.
- Uso de mudas micorrizadas quando da implantação de sistemas agroflorestais e acompanhamento do crescimento das mesmas ao longo do tempo.
- Testar espécies nativas da Região Amazônica quanto a sua condição micorrízica, para posterior uso em práticas agrícolas.

Referências Bibliográficas

- AZCÓN-AGUILAR, C.; BAREA, J. M. Interactions between mycorrhizal fungi and other rhizosphere organisms. In: M.F. ALLEN (Ed.) **Mycorrhizal functioning: an integrative plant-fungal process**. New York, USA: Chapman & Hall, Inc., 1992. p.163-198.
- AZIZ, T.; HABTE, M. Influence of organic N on mycorrhizal activity, nodulation and growth of *Leucaena leucocephala* in an oxisol subjected to simulated erosion. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, n. 20, p. 239-251, 1989.
- BARBER, S.A. Rhizosphere microorganisms, mycorrhizae and root hairs. In: BARBER, A. (Ed.). **Soil nutrient bioavailability**. New York, USA: John Wiley & Sons Inc., 1995. p.151-179
- BAREA, J.M. Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. **Advances in Soil Science**, New York, n. 15, p.1-40, 1991.
- BAREA, J.M; JEFFRIES, P. Arbuscular mycorrhizas in sustainable soil-plant systems. In VARMA, A.; HOCK, B. (Ed.). **Mycorrhiza-structure, function, molecular biology and biotechnology**. Germany: Springer-Verlag, 1995. p.521-560.
- BAREA, J.M.; AZCON, R.; AZCÓN-AGUILAR,C. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in nitrogen-fixing systems. In: NORRIS et al. (Ed.). **Methods in microbiology**. San Diego, USA: Academic Press Limited, 1992. v. 42, p.391-416.
- BARTOLOME-ESTEBAN, H.; SCHENCK, N. C. Spore germination and hyphal growth of arbuscular mycorrhizal fungi in relation to soil aluminum saturation. **Mycologia**, n. 86, p. 217-226, 1994.
- BERGENSEN, F. J. Biochemistry of symbiotic nitrogen fixation in legumes. **Annual Review of Plant Physiology**, n.22, p.121-140, 1991.
- CLARK, R. B. Arbuscular mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization, and host plant growth and mineral acquisition at low pH. **Plant and Soil**, n.192, p.15-22, 1997
- CLARK, R. B.; ZETO, S. K. Growth and root colonization of mycorrhizal maize grown on acid and alkaline soil. **Soil Biology and Biochemistry**, n. 28, p. 1505-1511, 1996.

DELA CRUZ, R. E.; MANALO, M. Q.; AGGANGAN, N. S.; TAMBALO, J. D. Growth of three legume trees inoculated with VA mycorrhizal fungi and Rhizobium. **Plant and Soil**, n. 108, p. 111-115, 1988.

FARIA, M.P.; SIQUEIRA, J.O.; VALE, F.R.; CURI, N. Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio. I. *Albizia lebbeck* (L.) Benth. **Revista Árvore**, n. 19, p. 293-307, 1995a.

FARIA, M. P.; VALE, F. R. DO; SIQUEIRA, J. O., CURI, N. Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio. II. *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. **Revista Árvore**, n. 19, p. 433-446, 1995b.

FITTER, A. H.; GARBAYE, J. Interactions between mycorrhizal fungi and other soil organisms. **Plant and Soil**, n. 159, p. 123-132, 1994.

FOY, C. D. Soil chemical factors limiting plant root growth. **Advances in Soil Science**, New York, v. 19, p.97-149, 1992.

GENDERMAN, J. W. Vesicular-arbuscular mycorrhizae. In: TORREY, J. G.; CLARKSON, D. J. (Ed.) **The development and function of roots**. New York: Academic Press, 1975. p. 579-591.

GRAW, D. The influence of soil pH on the efficiency of vesicular-arbuscular mycorrhiza. **New Phytologist**, n. 82, p. 687-695, 1979.

HABTE, M. Dependency of *Cassia siamea* on vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. **Journal of Plant Nutrition**, n. 18, p. 2191-2198, 1995.

HABTE, M. Soil acidity as a constraint to the application of vesicular-arbuscular mycorrhizal technology. In: VARMA, A; HOCK, B. (Ed.). **Mycorrhiza- structure, function, molecular biology and biotechnology**. 2. ed. Germany: Springer-Verlag, 1999. p. 557-569.

HABTE, M.; MUSOKO, M. Changes in the vesicular-arbuscular mycorrhizal dependency of *Albizia ferruginea* and *Enterolobium cyclocarpum* in response to soil phosphorus concentration. **Journal of Plant Nutrition**, n. 17, p. 1769-1780, 1994.

HABTE, M.; SOEDARJO, M. Mycorrhizal inoculation effect in *Acacia mangium* grown in an acid oxisol amended with gypsum. **Journal of Plant Nutrition**, n. 18, p. 2059-2073, 1995.

HABTE, M.; SOEDARJO, M. Response of *Acacia mangium* to vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation, soil pH, and soil P concentration in an oxisol. **Canadian Journal of Botany**, n. 74, p. 155-161, 1996.

HABTE, M.; TURK, D. Response of two species of *Cassia* and *Gliricidia sepium* to vesicular-arbuscular mycorrhizal infection. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, n. 22, p.1861-1872, 1991.

HAMEL, C. Prospects and problems pertaining to the management of arbuscular mycorrhizae in agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n. 60, p. 197-210, 1996.

HARLEY, J.L. Introduction: the state of art. In: NORRIS, J.R. et al. (Ed.). **Methods in Microbiology**, San Diego, USA: Academic Press Inc., 1991. v. 23, p. 1-23.

- HASELWANDTER, K.; BOWEN, G. D. Mycorrhizal relations in trees for agroforestry and land rehabilitation. **Forest Ecology and Management**, n. 81, p. 1-17, 1996.
- HAYMAN, D.S. The physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. **Canadian Journal of Botany**, n. 61, p. 944-963, 1983.
- HOOKER, J. E.; BLACK, K. E. Arbuscular mycorrhizal fungi as components of sustainable soil-plant systems. **Critical Review in Biotechnology**, n. 15, p. 201-212, 1995.
- HOWELER, R.H.; SIEVERDING, E.; SAIF, S. Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. **Plant and Soil**, n. 100, p. 249-283, 1987.
- KAMPRATH, E. J. Crop response to lime on soils in the tropics. In: ADAMS, F. (Ed.). **Soil acidity and liming. Agronomy monograph no. 12.** Madison, Wisconsin, USA, Soil Science Society of America, Inc., 1984. p. 349 -368.
- LINDERMAN, R.G.. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. In: BETHLENFALVAY et al. (Ed.). **Mycorrhizae in sustainable agriculture.** Madison, USA: ASA Special Publication 54, 1992. p. 45-70.
- MUNYANZIZA, E.; KEHRI, H. K.; BAGYARAJ, D.J. Agricultural intensification, soil biodiversity and agro-ecosystem function in the tropics: the role of mycorrhiza in crops and trees. **Applied Soil Ecology**, n. 6, p. 77-85, 1997.
- PLENCHETTE, C.; FORTIN, J.A.; FURLAN, V. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. **Plant and Soil**, n.70, p. 199-209, 1983.
- SANCHEZ, P.A. **Properties and management of soils in the tropics.** New York, USA: John Wiley and Sons, 1976. 618 p.
- SANDERS, I. A.; KOIDE, R. T.; SHUMWAY, D. L. Diversity and structure in natural communities: the role of the mycorrhizal symbiosis. In: VARMA, A; HOCK, B. (Ed.). **Mycorrhiza - structure, function, molecular biology and biotechnology.** Berlin, Germany: Springer Verlag, 1999. p. 571-593.
- SIQUEIRA, J. O.; HUBBELL, D. H.; MAHMUD, A. W. Effect of liming on spore germination, germ tube growth and root colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, n.76, p.115-124, 1984.
- SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis.** 2.ed. London: Academic Press, 1997. 605 p.
- SOEDARJO, M.; HABTE, M. Mycorrhizal and nonmycorrhizal host growth in response to changes in pH and P concentration in a manganeseous oxisol. **Mycorrhiza**, n. 5, p. 337-345, 1995.

SRIVASTAVA, D.; KAPOOR, R.; SRIVASTAVA, S.K.; MUKERJI, K.G.M. Vesicular arbuscular mycorrhiza - an overview. In: MUKERJI, K.G. (Ed.). **Concepts in mycorrhizal research.** Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1996. p. 1-39.

SYLVIA, D. M. Fundamentals and applications of arbuscular mycorrhizae: a "biofertilizer" perspective.. In: SIQUEIRA, J.O. et al. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biología do solo e nutrição de plantas.** Lavras: SBCS:UFLA, 1999. p. 705-723

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers.** 4. ed. New York, USA: Macmillan Publishing Company, 1985. 634 p.



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

**GOVERNO
FEDERAL**
Trabalhando em todo o Brasil