

# Restos vegetais e adubação nitrogenada na micorrização e produtividade do arroz de terras altas em sistema plantio direto

Tânia Oshiro Nosse<sup>1</sup>, Sueli da Silva Aquino<sup>2</sup>, Disney Amélio Cazetta<sup>2</sup>, Orivaldo Arf<sup>3</sup> e Ana Maria Rodrigues Cassiolato<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. <sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. <sup>3</sup>Departamento de Fitotecnia, Tecnologia e Alimentos e Sócio-Economia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. <sup>4</sup>Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: anamaria@bio.feis.unesp.br

**RESUMO.** O objetivo deste trabalho foi verificar a influência de restos vegetais e da adubação nitrogenada em cobertura na micorrização (colonização, número de esporos dos fungos micorrízicos arbusculares) e produtividade de grãos de arroz de terras altas em plantio direto. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Unesp/Campus de Ilha Solteira, município de Selvíria (Estado do Mato Grosso do Sul). Nas parcelas principais foram testadas as leguminosas: crotalária (*Crotalaria juncea* L.), guandu (*Cajanus cajan* L.) e a mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy) e as gramíneas: milho (*Zea mays* L.), milheto (*Pennisetum americanum* L.) e sorgo-granífero (*Sorghum bicolor* L.), mais o pousio (vegetação espontânea), como cobertura de solo. Nas subparcelas, após a semeadura do arroz, foi utilizada adubação nitrogenada em cobertura (zero e 75 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia). A produtividade de grãos do arroz foi influenciada pelos restos vegetais, mas não pelas doses ou pela interação. O sorgo mostrou influência negativa sobre a produtividade do arroz. A adubação nitrogenada influenciou a esporulação, mas não a colonização micorrízica ou a produtividade de grãos, na época da colheita. Não houve correlação entre as variáveis estudadas.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L., adubos verdes, micorrizas arbusculares, cerrado.

**ABSTRACT.** **Plant residues and nitrogen fertilization on the mycorrhization and upland rice yield on no tillage system.** The objective of this research was to verify the influence of plant residues and the nitrogen fertilization in covering on the mycorrhization (colonization and number of spores of the arbuscular mycorrhizal fungi), and grain yield of upland rice grown under a no tillage system. The experiment was conducted at the Experimental Farm Station of Unesp/Ilha Solteira Campus, at Selvíria (Mato Grosso do Sul State). In the main plots, the leguminous were tested: sun hemp (*Crotalaria juncea* L.), pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) and velvet bean (*Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy) and the grass: corn (*Zea mays* L.), millet (*Pennisetum americanum* L.) and grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.), plus no planted area during the winter, as plant cover. In the subplots, after the rice sowing, the nitrogen fertilization in covering (zero and 75 kg ha<sup>-1</sup> of N at the urea form) was used. The rice grain yield was influenced by the plant residues, but not for the N doses or the interaction. The sorghum grain showed negative influence on the rice productivity. The nitrogen fertilization influenced the number of spores, but not the mycorrhizal colonization or the grain yield, at the time of the crop. Correlation between the studied variable was not found.

**Key words:** *Oryza sativa* L., green manure, arbusculars mycorrhizal, cerrado.

## Introdução

Apesar das importantes inovações tecnológicas, a pesquisa agrônoma brasileira segue com muitos desafios no que se refere ao arroz de terras altas e à busca de soluções para os problemas da cultura, um ponto de destaque na missão da pesquisa orizícola no Brasil. O maior desafio parece ser a consolidação da cultura de forma sustentável, como um

componente dos sistemas de produção de grãos, especialmente em plantio direto (Ferreira *et al.*, 2002). Isso porque o arroz possui um sistema radicular muito sensível (Seguy *et al.*, 1989), e o não revolvimento do solo nesse sistema forma um adensamento no solo, diminuindo a macroporosidade e aumentando a massa específica e a microporosidade (Castro, 1989). Se esse

adensamento do solo for superior à capacidade de penetração das raízes, seu comprimento diminui e o diâmetro radicular aumenta (Bennie, 1996).

O plantio direto é um sistema de exploração agropecuária que envolve a diversificação de espécies para a produção de palhada de cobertura, seguido pelo estabelecimento da lavoura de interesse agrícola, mediante mobilização de solo exclusivamente na linha de semeadura, sem nenhum preparo (aração e gradagem), mantendo-se os resíduos ou restos vegetais das culturas anteriores na superfície do solo (Kochann e Denardin, 2000). A permanência dos resíduos na superfície do solo, protegendo-o contra erosão no período entre dois cultivos, contribui para a manutenção de temperaturas amenas e maior retenção de água no solo em períodos quentes e de estiagem prolongada (Colozzi-Filho *et al.*, 2000). Conseqüentemente, causam modificações na comunidade microbiana, tais como proliferação de bactérias fixadoras de N<sub>2</sub>, alterações no potencial de inóculo natural e nas populações de fungos micorrízicos arbusculares nativos (FMA) (Hungria *et al.*, 1994).

A micorriza é uma associação simbiótica não patogênica, existente entre fungos benéficos e específicos do solo e raízes de plantas superiores (Miranda e Miranda, 1997). Atuam nos agroecossistemas como mecanismos eficazes na captação e ciclagem dos nutrientes e de água no sistema solo-planta (Siqueira e Oliveira, 1988). Os fungos formadores de micorrizas são habitantes comuns do solo e, colonizando as raízes, estabelecem uma série de inter-relações biotróficas: a planta fornece substrato energético ao fungo e este, por meio de rede de hifas externas, capta nutrientes da solução do solo e os transfere à planta hospedeira (Gerdemann, 1968). Sua ocorrência depende das características da planta hospedeira, do fungo e dos fatores ambientais, como solo e clima (Siqueira, 1994).

O teor de nitrogênio nas plantas pode ser afetado diretamente pelos FMA, por meio da absorção, tanto de fontes orgânicas como inorgânicas, pelas hifas (Ames *et al.*, 1983). As hifas, tanto quanto raízes micorrizadas, são capazes de absorver N, nas diferentes formas e transferi-lo para a planta (Siqueira e Franco, 1988). No entanto, deve-se tomar cuidado com o uso destes nutrientes, pois elevadas quantidades no solo inibem a colonização. O N mineralizado por meio da decomposição da matéria orgânica do solo e o adicionado via adubação pode ser absorvido pelas plantas ou utilizado pelos próprios microrganismos (imobilização), sendo liberado novamente ao solo após sua morte (Colozzi-Filho *et al.*, 2001).

A falta de N é uma das limitações para o crescimento das plantas nos trópicos, mas as micorrizas, embora não sejam capazes de fixar N atmosférico, favorecem sua aquisição por meio de efeitos indiretos sobre a fixação biológica e pela absorção do N do solo (Siqueira e Franco, 1988). Entretanto, altos níveis de N podem afetar negativamente o estabelecimento da micorriza, sendo a forma amoniacal mais inibitória do que a nítrica (Silveira, 1992).

Dentre os fatores que interferem no estabelecimento da micorriza, o solo desempenha o fator mais importante (Silveira, 1998). A maior estabilidade do sistema micorrízico em solos sob plantio direto conduz a relações mais equilibradas entre a comunidade microbiana. O não revolvimento do solo possibilita a permanência da rede de hifas externas e das raízes colonizadas no solo e, conseqüentemente, garante a micorrização para as culturas subsequentes pela manutenção do potencial infectivo do solo (Colozzi-Filho *et al.*, 2001).

Sistemas agrícolas e os manejos selecionam os FMA, mas esta seleção nem sempre é direcionada para a eficiência simbiótica e, sim, para a sobrevivência, a qual relaciona-se, em situação de estresse, aos propágulos infectivos do solo (Siqueira, 1994). Esses, apesar de diferirem quanto à capacidade de sobrevivência e ao potencial infectivo, são formas de inóculo capazes de originar a simbiose. No solo, os esporos podem persistir por períodos longos, germinando em condições favoráveis. O período de repouso que pode durar várias semanas em solo úmido, no entanto, é abreviado em solo seco (Silveira, 1992). A seleção de culturas ou cultivares é outro aspecto importante, visto que apresentam diferenças que podem atuar na susceptibilidade à colonização micorrízica (Johnson e Pleger, 1992).

Nos solos de cerrado, a população dos FMA é naturalmente baixa, aumentando gradativamente com o cultivo de plantas. Essas apresentam diferentes graus de dependência micorrízica e, conseqüentemente, podem alterar os propágulos de FMA no solo (Miranda *et al.*, 2001), influenciando diretamente na produtividade das culturas subsequentes (Johnson e Pleger, 1992). Do ponto de vista socioeconômico, a utilização da micorriza como tecnologia de baixo custo, é uma alternativa à limitação dos solos do cerrado (Sieverding e Saif, 1984).

Os FMA são pouco compatíveis e desnecessários em sistemas de produção manejados intensamente, mas podem “representar as raízes de uma agricultura sustentável” em sistemas com insumos reduzidos ou sistemas orgânicos. As pressões para redução no uso de

agroquímico (fertilizantes e biocidas), a adoção de sistemas de rotação de culturas e de cultivo reduzido do solo, a necessidade de melhor integração agricultura-ambiente e o desenvolvimento de tecnologias para a exploração dos FMA aumentam a importância destes para a produção agrícola (Moreira e Siqueira, 2006).

A adequação das práticas agrícolas, buscando um manejo da associação que lhe propicie expressar todo o seu potencial, é objetivo final da pesquisa sobre FMA, o que, sem dúvida, reverterá em benefícios significativos para a agricultura (Silveira, 1992). Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência de restos vegetais e da adubação nitrogenada em cobertura, na micorrização e produtividade de arroz de terras altas, em plantio direto.

### Material e métodos

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2002/2003, na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia, Unesp/Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul, na região do cerrado, em solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Demattê, 1980; Embrapa, 1999). A temperatura média anual é de 23,5°C, a média dos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) é 25,7°C e a dos mais frios (junho e julho) é 20,6°C. A precipitação média anual é de 1370 mm e a média anual da umidade relativa do ar está entre 70 e 80%.

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-0,15 m da área experimental para a análise das características químicas, de acordo com metodologia proposta por Rajj e Quaggio (1983): pH ( $\text{CaCl}_2$ ) = 5,5; M.O. ( $\text{g dm}^{-3}$ ) = 28,0; P ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) = 25; K, Ca, Mg, H + Al e CTC, em  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$  = 2,1; 30; 17; 28 e 77,1, respectivamente e V (%) = 64. De forma geral, pode ser classificado como um solo de fertilidade média.

Os tratamentos foram instalados em local onde o plantio direto já vinha sendo utilizado há cinco anos, com a sucessão milho no verão e feijão no inverno nos três primeiros anos e arroz no verão e o feijão no inverno, nos dois últimos anos, com plantas de cobertura no período de agosto a outubro.

As práticas culturais utilizadas foram às recomendadas para cada uma das culturas antecessoras e a irrigação foi feita por aspersão, sempre que necessário. As culturas que serviram como coberturas vegetais não foram adubadas.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais foram testadas,

como cobertura de solo, as leguminosas: crotalária (*Crotalaria juncea* L.), guandu (*Cajanus cajan* L.) e a mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum* Piper e Tracy) e as gramíneas: milho (*Zea mays* L.), milheto (*Pennisetum americanum* L.) e sorgo-granífero (*Sorghum bicolor* L.), além do pousio (vegetação espontânea). Após o plantio do arroz, cada área foi dividida em subparcelas, empregando a adubação nitrogenada em cobertura: zero ou 75 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia.

Na segunda quinzena do mês de outubro foi passado na área um desintegrador mecânico em todas as coberturas vegetais para cortar e espalhar uniformemente as coberturas vegetais. Após alguns dias, foi feita a dessecação da área para controle do mato com a utilização do herbicida glyphosate (1.560 g ha<sup>-1</sup> do i.a.).

O arroz foi implantado em sucessão aos adubos verdes, em subparcelas constituídas por nove linhas de seis metros de comprimento e espaçadas 0,34 m entre si, sendo consideradas como área útil as sete linhas centrais, desprezando-se 0,5 m nas extremidades de cada linha.

A semeadura do arroz, em sistema plantio direto, foi realizada mecanicamente em 30 de outubro de 2002, utilizando o cultivar IAC 202. Foi utilizado um número de sementes necessário para obter 120 plantas por m<sup>2</sup>. A adubação em cobertura, nas subparcelas com aplicação de N, foi realizada aos 30 dias após a emergência das plantas. A adubação química básica foi constituída de 250 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 4-30-10 + 0,4% de Zn, calculada de acordo com as características químicas do solo e levando-se em consideração a produtividade esperada. O fornecimento de água, quando necessário, foi realizado por meio de um sistema fixo de irrigação convencional por aspersão, com precipitação média de 3,3 mm por hora nos aspersores.

Ao final do ciclo da cultura, a produtividade de grãos de arroz foi determinada por meio da pesagem dos grãos em casca, provenientes da área útil das subparcelas, corrigindo-se a umidade para 13% e convertendo em kg ha<sup>-1</sup>.

Na época da colheita, o solo e as raízes foram amostrados na camada de 0-0,15 m, sendo coletados ao acaso quatro amostras simples de solo e de raiz por subparcela. O solo foi seco ao ar, peneirado (2 mm), homogeneizado e armazenado para a quantificação dos esporos de FMA. Amostras de 100 gramas por parcela foram separadas e processadas segundo uma associação dos métodos de decantação e peneiramento úmido (Gerdemann e Nicolson,

1963) e de centrifugação e flutuação com sacarose (Jenkins, 1964).

Para a verificação da colonização micorrízica, as raízes foram lavadas em água corrente para retirar o excesso de solo, sendo as raízes mais finas selecionadas e armazenadas temporariamente em álcool 50%. Posteriormente, amostras de 1 grama de raízes por subparcela foram clarificadas em KOH 10%, acidificadas com HCl 1%, coradas com azul de tripiano a 0,05% (Phillips e Hayman, 1970) e preservadas em lactoglicerol. Devido ao fato das raízes estarem grossas, mesmo tendo sido selecionadas previamente, a avaliação foi realizada sob microscópio óptico (40x). Foram preparadas duas lâminas contendo cada uma dez segmentos de raízes com aproximadamente um centímetro de comprimento, perfazendo um total de 20 segmentos, por subparcela; com o objetivo de se verificar presença de estruturas de FMA.

## Resultados e discussão

Para a produtividade de grãos, verificou-se diferença significativa entre os restos vegetais, mas não entre doses de N ou para a interação (Tabela 1), mas não houve correlação com as variáveis estudadas. Os tratamentos com as leguminosas crotalária e guandu, apresentaram as maiores produtividades (4.050 e 4.010 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente), mas diferiram somente do sorgo (gramínea), o qual apresentou menor produtividade (2.711 kg ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 1.** Produtividade de grãos de arroz de terras altas e do número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares autóctones, cultivado sobre restos vegetais de diferentes culturas, com e sem aplicação de nitrogênio em cobertura, em plantio direto. Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul, 2002/03.

Causas de Variação		Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Número de esporos (100 g solo seco)
Restos Vegetais	Crotalária	4.050a	231
	Guandu	4.010a	222
	Pousio	3.645ab	324
	Mucuna-Preta	3.483ab	289
	Milheto	3.393ab	237
(R.V.)	Milho	3.390ab	233
	Sorgo	2.711b	291
CV (%)		22,09	12,87
Doses N (D.N.)	0 kg ha <sup>-1</sup>	3.438	296
	75 kg ha <sup>-1</sup>	3.614	226
Valor de F	R.V.	5,55**	11,82**
	D.N.	1,48 <sup>ns</sup>	62,69**
	RV x D.N.	1,38 <sup>ns</sup>	4,26**
DMS	R.V.	1.287	55,53
	D.N.	437	18,87
CV (%)		22,09	12,48

Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>não significativo. <sup>\*\*</sup>significativo a 1% de probabilidade.

Na escolha de espécies de cobertura de solo, a

relação C/N de seus resíduos que ficam no solo é um fator importante no controle da quantidade de N mineral disponível para as plantas (Victoria *et al.*, 1992). Resíduos com alta relação C/N induzem os microrganismos do solo a imobilizar a N da palhada e, parte do N do solo, reduzindo a disponibilidade para a cultura em sucessão (Da Ros e Aita, 1996), interferindo na produtividade, como pode ter acontecido no presente trabalho para o sorgo.

Isso pode ter ocorrido porque as leguminosas, além de fixarem o N<sub>2</sub> em associação com o rizóbio, deixam uma palhada de melhor qualidade (menor relação C:N e outros compostos orgânicos), estimulando a microbiota relacionada com o N no solo. Portanto, para o plantio direto, a rotação de culturas usando leguminosas pode ter importância na ciclagem de N durante o cultivo da próxima cultura no sistema (Colozzi-Filho *et al.*, 2001). Porém, o fato da produtividade do arroz, no tratamento com pousio, não ter apresentado diferenças significativas em relação aos outros tratamentos, pode estar associado ao potencial de reciclagem de nutrientes da vegetação espontânea, fator não avaliado neste trabalho.

A aplicação de N em cobertura não influenciou a produtividade de grãos. Da mesma forma que no presente trabalho, Arf *et al.* (1996), avaliando o comportamento de cultivares de arroz de terras altas irrigado por aspersão, com diferentes doses de nitrogênio, no sistema convencional, no cerrado, não observaram efeitos de doses sobre a produtividade de grãos.

O manejo orgânico no sistema plantio direto, diferente do sistema convencional, tem como um dos principais objetivos a manutenção ou aumento da reserva de nutrientes e de húmus no solo, o que pode ser obtido a médio ou longo prazo, dependendo da condução da área (Peixoto, 1997). Assim, com a atividade microbiana e o sistema em decomposição, começará a ocorrer a liberação de N para as plantas (Sá, 1999). Esse fato deve ter ocorrido no presente trabalho, justificando a não resposta da produtividade de grãos não ter respondido à adubação nitrogenada, uma vez que o experimento foi conduzido em área onde o plantio direto já vinha sendo utilizado há cinco anos, em sistema de rotação de culturas.

A baixa resposta da produtividade à adubação nitrogenada pode ter ocorrido, também, devido ao arroz de terras altas no cerrado apresentar elevada adaptação aos solos de baixa fertilidade e ácidos (Kluthcouski *et al.*, 1995). Entretanto, diferente do presente trabalho, Guimarães *et al.* (2003), avaliando a influência do uso (isolado ou conjunto) de adubos verdes e da adubação

nitrogenada na cultura do arroz de terras altas em sistema plantio direto, em Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, verificaram que o aumento das doses de N elevaram a produtividade de grãos.

No sistema estudado, a colonização micorrízica foi presente em 100% dos segmentos avaliados, não sendo detectadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, nem houve correlação com as variáveis estudadas. Para Moreira e Siqueira (2006), no entanto, a adição de N suficiente para otimizar o crescimento da planta reduziria a colonização, fato não observado no presente estudo. Segundo Hayman (1987), plantas eficientes na multiplicação de FMA, quando utilizadas como restos vegetais, poderiam aumentar a quantidade de inóculo, favorecendo a colonização da cultura subsequente. Este fato, porém, não foi observado neste trabalho para a colonização micorrízica, pois não foram detectadas diferenças entre os tratamentos com os restos vegetais e o pousio. O número de esporos de FMA, entretanto, mostrou diferenças significativas entre os restos vegetais, entre as doses de N e para a interação (Tabela 1), mas não houve correlação com as variáveis estudadas.

Para a interação, entre doses de N, todos os tratamentos sem aplicação de N apresentaram as maiores esporulações no solo, exceto para o sorgo e milho (Tabela 2). Assim, como verificado neste trabalho, Francis *et al.* (1986) e Moreira e Siqueira (2006) afirmam que os FMA são inibidos em condições de elevada fertilidade e favorecidos pela baixa fertilidade, onde a colonização e esporulação são, geralmente, máximas. É possível que a maior esporulação no solo seja uma alternativa do fungo para manter-se no sistema e selecionar espécies de FMA mais adaptadas à situação de estresse (Siqueira, 1994).

**Tabela 2.** Desdobramento das interações significativas da análise de variância referente ao número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares autóctones em arroz de terras altas cultivado sobre restos vegetais de diferentes culturas, com e sem aplicação de nitrogênio em cobertura, em plantio direto. Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul, 2002/03.

Restos vegetais	Número de esporos (100 g solo seco)	
	Doses de N	
	0 kg ha <sup>-1</sup>	75 kg ha <sup>-1</sup>
Crotalária	258bA	203abB
Guandu	265bA	178bB
Pousio	371bA	276aB
Mucuna-preta	265bA	213abB
Milheto	2237bA	237abA
Milho	264bA	203abB
Sorgo	311bA	271aA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Da mesma forma, Clark (1997) verificou que esporos de FMA ocorrem em maior número em plantas que receberam a menor quantidade de N, o que pode estar relacionado à nutrição das plantas. Entretanto, Moreira e Siqueira (2006) afirmam que, em agrossistemas de produção mais equilibrados, com o uso reduzido de agroquímicos, a população dos FMAs é alta.

O sorgo, além de apresentar a menor produtividade (2.711 kg ha<sup>-1</sup>), apresentou umas das maiores esporulações no solo. Miranda *et al.* (2001), no entanto, afirmam que o arroz apresenta baixa dependência micorrízica e sua introdução num sistema de manejo de culturas poderia causar a redução no potencial de inóculo do solo e na formação, desenvolvimento e eficiência da micorriza, afetando negativamente a produção das culturas subsequentes.

### Conclusão

Os resíduos vegetais influenciam na multiplicação de esporos e na produtividade de grãos do arroz de terras altas, sendo indicadas para cultivo em rotação com essa cultura.

O sorgo exerce efeito negativo sobre a produtividade, não devendo ser utilizado como cultura anterior ao cultivo do arroz de terras altas.

A adubação nitrogenada influencia a esporulação, mas não a colonização ou na produtividade de grãos do arroz de terras altas.

### Referências

- AMES, R.N. *et al.* Hyphal uptake and transport of nitrogen from two <sup>15</sup>N-labelled sources by *Glomus mosseae*, a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. *New Phytologist*, Oxford, v. 95, p. 381-396, 1983.
- ARF, O. *et al.* Comportamento dos cultivares de arroz para condição de sequeiro irrigado por aspersão em diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura. *Científica*, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 85-97, 1996.
- BENNIE, A.T.P. Growth and mechanical impedance. In: WAISEL, Y. *et al.* (Ed.). *Plants roots: the hidden half*. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 453-470.
- CASTRO, O.M. Compactação do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A.L. (Coord.). *Plantio direto no Estado de São Paulo*. Piracicaba: Fealq/Esalq, 1989. p. 129-139.
- CLARK, R.B. Arbuscular mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization, and host plant growth and mineral acquisition at low pH. *Plant and Soil*, The Netherlands, v. 192, p. 15-22, 1997.
- COLOZZI-FILHO, A. *et al.* Comunidade e atividade microbiana em agrossistemas. In: FERTIBIO: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E

- NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3. Londrina, 2000. *Anais...* Santa Maria: UFSM, 2000. (CD ROM).
- COLOZZI-FILHO, A. et al. Atividade microbiana em solos cultivados em sistema de plantio direto. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 84-91, 2001.
- DA ROS, A.O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverso na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 20, n. 1, p. 135-140, 1996.
- DEMATTE, J.L.I. *Levantamento detalhado dos solos do campus experimental de Ilha Solteira*. Piracicaba: Esalq/USP, 1980. (mimeografado).
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 1999.
- FERREIRA, C.M. et al. Importância da cultura e entaves ao desenvolvimento do arroz de terras altas. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7. Florianópolis, 2002. *Anais...* Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 92-95.
- FRANCIS, R. et al. Vesicular arbuscular mycorrhizas in natural vegetation systems. IV. Transfer of nutrients in inter and intra-specific combinations of host plants. *New Phytologist*, Cambridge, v. 102, p. 103-111, 1986.
- GERDEMANN, J.W. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and plant growth. *Ann. Rev. Phytopathol.*, Palo Alto, v. 6, p. 397-418, 1968.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, Cambridge, v. 46, p. 234-244, 1963.
- GUIMARÃES, G.L. et al. Adubação verde e nitrogenada na cultura do arroz de terras altas em sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. *Resumos...* Ribeirão Preto: Unesp/SBCS, 2003. (CD ROM).
- HAYMAN, D.S. VA Mycorrhizas in field crop systems. In: SAFIR, G.R. (Ed.). *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants*. Boca Raton: CRC Press, 1987. p. 171-192.
- HUNGRIA, M. et al. Ecologia microbiana em solos sob cultivo na região sul do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 3.; REUNIÃO DE LABORATÓRIOS PARA RECOMENDAÇÃO DE ESTIRPES DE *RHIZOBIUM* E *BRADYRHIZOBIUM*, 6. Londrina, 1994. *Anais...* Londrina: Iapar, 1994. p. 234-270.
- JENKINS, W.R.A. Rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Dis. Rep.*, Washington, D.C., v. 48, p. 692, 1964.
- JOHNSON, N.C.; PLEGER, F.L. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultural stresses. In: BETHLENFALVAY, G.J.; LINDERMAN, R.G. (Ed.). *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. Madison: American Society of Agronomy, 1992. p. 71-99. (ASA Special Publication, 54).
- KOCHANN, R.A.; DENARDIN, J.E. *Implantação e manejo do sistema plantio direto*. Passo Fundo: Embrapa/CNPT, 2000.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. O arroz nos sistemas de cultivo do cerrado. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9. Goiânia, 1994. *Anais... Arroz na América Latina: perspectiva para o incremento da produção e do potencial produtivo*. Goiânia: Embrapa/CNPAF, 1995. v. 1. p. 95-115. (Documentos, 60).
- MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N. Micorriza arbuscular. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina: Embrapa/CPAC, 1997. p. 69-123.
- MIRANDA, J.C.C. et al. *Manejo da micorriza arbuscular por meio da rotação de culturas nos sistemas agrícolas do cerrado*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. p. 1-3. (Documento Técnico, 42).
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006.
- PEIXOTO, R.T.G. Manejo orgânico da fertilidade do solo no sistema de plantio direto. In: PEIXOTO, R.T.G. et al. (Ed.). *Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável*. Ponta Grossa: Iapar, PRPPG, 1997. p. 186-205.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, Cambridge, v. 55, p. 158-161, 1970.
- RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A. *Métodos de análise de solos para fins de fertilidade*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. (Boletim Técnico, 81).
- SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O. et al. (Ed.). *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Viçosa: SBCS/Lavras/DCS, 1999. p. 291-309.
- SEGUY, L. et al. *Perspectiva de fixação da agricultura na região Centro-Norte do Mato Grosso*. Mato Grosso: EMPA-MT/Embrapa, CNPAF/CIRAD-IRAT, 1989.
- SIEVERDING, E.; SAIF, S.R. *VA mycorrhiza management: a new, low cost, biological technology for crop and pasture production on infertile soils*. Palmira, Valle del Cauca: CIAT, 1984. (CIAT Annual Review, Série Discussion paper).
- SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: Cardoso, E.J.B.N et al. (Coord.). *Microbiologia do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992.
- SILVEIRA, A.P.D. Ecologia dos fungos micorrízicos arbusculares. In: MELO, I.S. (Ed.). *Ecologia dos microrganismos*. Jaguariúna: Embrapa/CNPMA, 1998. p. 61-86.
- SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Ed.). *Microrganismos de importância agrícola*. Brasília: Embrapa, 1994. p. 151-194. (Documentos, 44).

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. *Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas*. Brasília: MEC/ABEAS; Lavras: ESAL/Faepe, 1988. p. 125-178.

SIQUEIRA, J.O.; OLIVEIRA, E. *Micorrizas na agricultura tropical*. Brasília: ABEAS, 1988.

VICTORIA, R.L. *et al.* O ciclo do nitrogênio. *In.*: CARDOSO, E.J.B.N. *et al.* (Coord.) *Microbiologia do solo*.

Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 105-119.

*Received on August 28, 2006.*

*Accepted on January 18, 2007.*