

Alterações microbiológicas, de fertilidade e de produtividade do arroz de terras altas em diferentes manejos de solo e água

Talles Eduardo Borges dos Santos¹, Fernando Takayuki Nakayama¹, Orivaldo Arf² e Ana Maria Rodrigues Cassiolato^{2*}

¹Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Socioeconomia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: anamaria@bio.feis.unesp.br

RESUMO. O sistema de cultivo de arroz predominante no Brasil, o de terras altas, fica na dependência da precipitação pluvial e de sua distribuição. Determinadas práticas ou distúrbios, que atuam sobre o solo, levam a alterações que os microrganismos, por ser sensíveis, podem detectar. O trabalho objetivou estudar as alterações microbiológicas (carbono da biomassa microbiana (CBM)) e do CO₂ (C-CO₂) liberado, do quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) e micorrização), fertilidade do solo e produtividade do arroz de terras altas, cultivado sob diferentes manejos de solo e água. A cultivar utilizada foi a BRS Talento, e o delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjados em fatorial de três manejos de solo: plantio direto (PD), grade pesada + grade niveladora (GG), escarificador + grade niveladora (EG) e três manejos de água: sem irrigação (L0); lâmina 1 (L1), que corresponde à irrigação nas fases reprodutiva e de maturação; e lâmina 2 (L2), que corresponde à irrigação durante todo ciclo. Os fungos micorrízicos arbusculares mostram-se sensíveis aos manejos de solo e água. O PD apresentou as maiores médias para MO, Ca, SB e V% e as menores de H + Al. Este manejo acrescido da irrigação, apenas nas fases reprodutiva e de maturação propiciaram resultados satisfatórios para a produtividade e características microbiológicas.

Palavras-chave: atividade microbiana, plantio direto, cultivo mínimo, fungos micorrízicos arbusculares, irrigação.

ABSTRACT. Microbiological, fertility and productivity alterations in upland rice under different soil and water managements. In Brazil, the upland rice culture system is predominant, but its water supply depends of precipitation and its distribution. Some practices or disturbances on soil conditions may cause alterations that can be detected by microorganisms, which are quite sensitive. This experiment was developed to study microbiological alterations (microbial biomass carbon (MBC), released CO₂ (C-CO₂), metabolic quotient ($q\text{CO}_2$) and mycorrhization), as well as alterations in soil fertility and productivity of upland rice, cultivated under different soil and water managements. Cultivar BRS Talento was used in the experiment. The experimental design was a completely randomized block design, with four replications, using three soil managements: no-tillage (NT), heavy disk + leveling disk harrowing (HL), and chisel plowing + leveling disk harrowing (CL), plus three water managements: no irrigation (WD0); water depth 1 (WD1), with irrigation at the reproductive and maturation periods; and water depth 2 (WD2), with irrigation throughout the rice cycle. Autochthonous arbuscular mycorrhizal fungi proved to be sensitive to soil and water management. The NT presented the highest values for MO, Ca, SB and V% and the lowest for H+Al. This management, together with irrigation at the reproductive and maturation periods of BRS Talento cultivar, promoted goods results for crop yield and microbiology characteristics.

Key words: microbial activity, no-tillage, minimum tillage, arbuscular mycorrhizal fungi, irrigation.

Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo, constituindo a base da alimentação de mais da metade da população. No

Brasil, é o cereal mais consumido e apreciado por pessoas de todas as camadas sociais (Castro *et al.*, 1999), sendo importante fonte de calorias e de proteínas na dieta alimentar do brasileiro (Arf *et al.*, 2001). Atualmente, o maior produtor de arroz em

casca é a China, seguida pela Índia. O Brasil ocupa a décima posição, sendo o primeiro entre os países não-asiáticos. A previsão de produção brasileira para safra 2005/06 era um volume de 11,5 milhões de toneladas, sendo o Centro-Sul responsável por 9,05 milhões (Conab, 2006).

O sistema de cultivo de arroz predominante, no Brasil, é o de terras altas, cujo fornecimento hídrico fica na dependência da precipitação pluvial e de sua distribuição (Souza, 2003). Na ocorrência de veranicos, quando a deficiência hídrica reduz a absorção de nutrientes, ocorre diminuição na produtividade, ocasionando prejuízos aos rizicultores e oscilação na produção de ano para ano. Uma das alternativas para o aumento da produtividade da cultura pode ser a utilização da irrigação por aspersão, o que acarreta estabilidade de produção (Arf *et al.*, 2001). Outra solução seria o emprego do sistema plantio direto, que proporciona uma cobertura morta, formada pelo acúmulo de resíduos vegetais nas camadas superficiais, diminuindo as oscilações da temperatura e da umidade na superfície do solo e contribuindo para a manutenção de temperaturas mais amenas e para maior retenção de água em períodos quentes e de estiagem prolongada (Colozzi-Filho, 2000).

Determinadas práticas ou distúrbios que atuam sobre o solo levam a alterações quantitativas e qualitativas na diversidade microbiana (Kennedy e Smith, 1995). A biomassa microbiana é o principal componente do subsistema de decompositores, que regula a ciclagem de nutrientes, o fluxo de energia, a produtividade das plantas e dos ecossistemas e, portanto, a medição deste compartimento e sua atividade são relevantes para conservação dos solos (De-Polli e Guerra, 1999). Índices microbiológicos, baseados em mais de um parâmetro, podem ser capazes de discriminar o efeito de diferentes sistemas de manejo sobre qualidade do solo. Souza *et al.* (2006) apontam a biomassa microbiana e o quociente metabólico (qCO_2) para tais comparações. O quociente metabólico (qCO_2) pode ser apontado como um indicador de estresse microbiano, pois ele expressa a energia necessária à manutenção da atividade metabólica em relação à energia necessária para a síntese da própria biomassa (Bardgett e Sagar, 1994).

Além da biomassa microbiana, outros microrganismos podem servir como indicadores biológicos de qualidade e equilíbrio de um sistema, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), que são associações simbióticas mutualísticas, formadas entre determinados fungos do solo e raízes da maioria das plantas superiores (Moreira e Siqueira, 2002). A contribuição de FMA, em cultivos

sujeitos à deficiência hídrica, pode ser importante, pela capacidade de estimular o crescimento vegetal, quando a simbiose é estabelecida de forma eficiente. No entanto, estudos sobre o comportamento de plantas micorrizadas em ambientes com déficit hídrico têm apresentado resultados variados (Cavalcante *et al.*, 2001).

As práticas de manejo do solo menos conservacionistas contribuem para alterações nos ciclos energético e biogeoquímicos dos ecossistemas e na agregação do solo, em que os microrganismos têm papel preponderante (Siqueira *et al.*, 1991). O sistema plantio direto, de acordo com Balota (1997), proporciona valores médios e mais constantes de carbono na biomassa microbiana (CBM) em todas as camadas do solo, resultando em maior equilíbrio no solo. Mercante (2001) relata que a aração e a gradagem tendem a promover um decréscimo na adição de material orgânico em relação ao sistema plantio direto, interferindo na atividade da biomassa microbiana.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar as alterações microbiológicas e fertilidade do solo em arroz de terras altas cultivado em diferentes manejos de solo e água.

Material e métodos

O experimento foi conduzido, no ano agrícola de 2003/04, na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia, UNESP (Universidade Estadual Paulista), Campus de Ilha Solteira, no Município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, onde a temperatura média anual é de 23,5°C e a média anual pluviométrica é de 1.370 mm. O solo da área é um Latossolo Vermelho (Embrapa, 1999), onde, desde 1998, vêm sendo empregado três tipos de manejo de solo (plantio direto - PD; grade pesada + grade niveladora - GG e escarificador + grade niveladora - EG). A área tem sido utilizada no inverno, com a cultura do feijão e, no verão, com a cultura do milho, sendo que antes da instalação do experimento, a área foi cultivada com milho, num período de 45-60 dias.

A semeadura do arroz BRS Talento foi realizada em novembro de 2003. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com os tratamentos arranjos em esquema fatorial (3 x 3), constituído dos seguintes tratamentos: três manejos do solo (plantio direto - PD; grade pesada + grade niveladora - GG e escarificador + grade niveladora - EG) e três manejos de água (precipitação pluvial natural - L0, ou seja, nas condições de sequeiro; lâmina 1 - L1, onde houve irrigação nas fases reprodutiva e de maturação e lâmina 2 - L2, com

irrigação durante todo ciclo da planta), totalizando nove tratamentos com quatro repetições.

As parcelas foram constituídas por seis linhas de 6,0 m de comprimento, espaçadas 0,40 m. A área útil foi constituída pelas quatro linhas centrais, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades. A adubação de semeadura foi realizada nos sulcos e levou em consideração as recomendações de Cantarella e Furlani (1996). A irrigação, na área, foi por aspersão com uma precipitação média de 3,3 mm hora⁻¹. No manejo de água, foram utilizados, dependendo do tratamento, até três coeficientes de cultura (Kc), distribuídos em quatro períodos, compreendidos entre a emergência e a colheita. A disponibilidade de água proveniente da precipitação pluvial e irrigação por aspersão, durante o ciclo do arroz cv. BRS Talento, está apresentada na Tabela 1, enquanto que os dados de precipitação pluvial e médias térmicas, obtidas na área do experimento, durante o período de novembro/2003 a março/2004 estão indicados na Figura 1.

Tabela 1. Disponibilidade de água proveniente da precipitação pluvial e irrigação por aspersão, durante o ciclo do arroz cv. BRS Talento. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2003/04.

Lâminas de H ₂ O	Precipitação (mm)	Irrigação (mm)	Total (mm)
L0	694	-	694
L1	694	152	846
L2	694	216	910

Precipitação pluvial natural (L0), ou seja, nas condições de sequeiro; lâmina 1 (L1), onde houve irrigação nas fases reprodutiva e de maturação e lâmina 2 (L2), com irrigação durante todo ciclo da planta.

A coleta das amostras de solo foi feita em março de 2004, durante a fase de enchimento de grãos. De cada parcela, foi retirada uma amostra de solo composta de dez subamostras, na camada de 0 - 0,10 m, nas entrelinhas e próximo às plantas. Parte das amostras de solo foi enviada para análise das características químicas, de acordo com Raj e Quaggio (1983), e parte para as análises microbiológicas.

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi avaliado segundo Vance *et al.* (1987), método que envolve a eliminação da microflora do solo pelo clorofórmio. O carbono liberado pela morte dos microrganismos foi determinado por extração, seguido de digestão, comparando-se as amostras de solo não-fumigadas com as fumigadas. Na quantificação do C-CO₂ liberado, 100 g de solo foram colocados em frascos de vidro, com tampa de rosca, com a umidade do solo corrigida até 70% da capacidade de campo, sendo, no centro, depositado um frasco contendo 10 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹. Os jarros foram fechados hermeticamente e mantidos em câmara climatizada a 27°C, por 96 horas. A titulação da base livre foi realizada com HCl 0,1 mol L⁻¹ e permitiu calcular, por subtração, a

quantidade de CO₂ que combinou com o NaOH (Anderson e Domsch, 1982). A determinação do quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) foi estimada pela razão C-CO₂ liberado / CBM.

Na contagem dos esporos, de cada amostra de solo, 100 g foram processados segundo uma associação dos métodos de decantação e peneiramento úmido (Gerdemann e Nicolson, 1963) e de centrifugação e flutuação com sacarose (Jenkins, 1964) e efetuada a quantificação dos esporos em placas com anéis concêntricos, com auxílio do microscópio estereoscópico.

Para a avaliação da colonização micorrízica por fungos micorrízicos arbusculares (FMA) autóctones, foram coletadas cinco plantas por parcela. As raízes foram separadas, lavadas e preservadas temporariamente em álcool 50%. Posteriormente, as raízes foram lavadas, clareadas em KOH 10%, acidificadas com HCl 1%, coloridas com azul de tripano 0,05% e preservadas em lactoglicerol (Phillips e Hayman, 1970). A avaliação da colonização foi feita em 100 segmentos de 1 cm cada, por repetição, por tratamento, em microscópio ótico.

As plantas das quatro linhas centrais de cada parcela foram coletadas para a determinação da produtividade de grãos, por meio do peso da massa de grãos, a qual foi, posteriormente, calculada e transformada em produtividade de grãos por hectare (kg ha⁻¹). Todos os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Os resultados da análise das características químicas dos solos apresentam diferenças significativas entre manejos do solo e manejos da água, porém não para a interação (Tabela 2). Entre manejos do solo, apenas não foram verificadas diferenças para as variáveis P e Al, sendo as maiores médias para MO, Ca, SB e V% e as menores de H + Al, encontradas no sistema PD, enquanto as maiores médias para pH, Mg e CTC foram observadas nos sistemas PD e GG. Os resultados encontrados para P e Al diferiram dos relatados por Garcia *et al.* (2006), os quais verificaram os maiores valores de P, no CM, e os menores de Al, no PD. No entanto, de acordo com Souza e Alves (2003), o não-revolvimento do solo no sistema PD favorece o acúmulo de nutrientes na superfície, especialmente para o P, em razão da sua baixa mobilidade no solo.

Entre manejos da água diferenças significativas foram observadas apenas para P, MO e K, sendo as maiores médias verificadas para L0, as quais diferiram apenas de L2 (Tabela 2). Estes resultados

concordam com os registrados por Schaefer *et al.* (2002), os quais verificaram os maiores teores de MO e K nos tratamentos com ausência de irrigação e também observaram que as maiores perdas de MO ocorreram em áreas com alta precipitação pluvial simulada, em solo Argiloso Vermelho-Amarelo, em experimento no qual foi usado um simulador de chuvas. Teixeira *et al.* (2001), trabalhando com a cultura da bananeira, sugerem que a diminuição no teor de K trocável, encontrados em área irrigada, tenha sido em função da maior absorção pela planta,

consequência da maior disponibilidade de água, o que foi comprovado pela acumulação de K encontrada na mesma.

Não foram verificadas diferenças para CBM entre manejos do solo, entre manejos de água ou para a interação (Tabela 3). Contrário ao observado no presente trabalho, Alvarez *et al.* (1995), estudando solos argentinos após 12 anos de cultivo em sistema PD, afirmaram que, na profundidade 0 – 0,05 m, CBM apresentou aumento quase três vezes maior em relação ao solo com cultivo convencional.

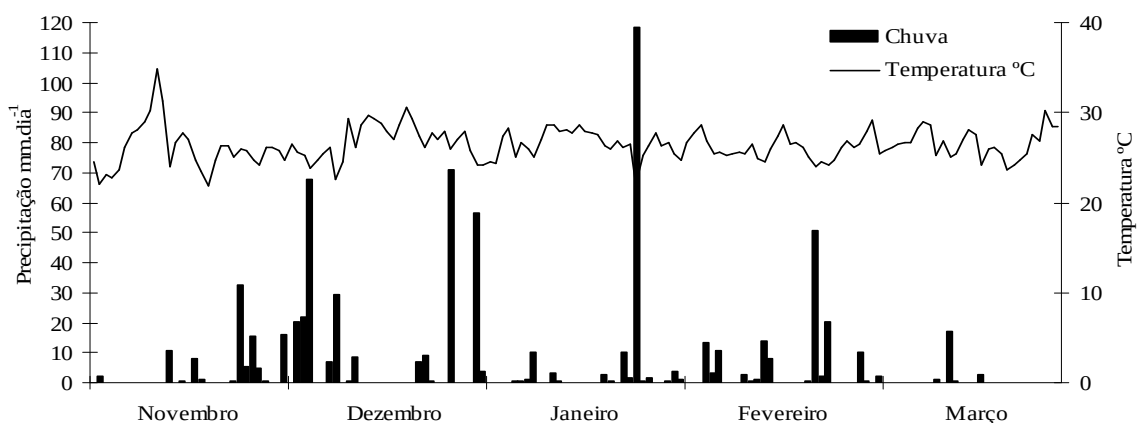


Figura 1. Precipitação pluvial e médias térmicas, obtidas na área do experimento, durante o período de novembro a março. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2003/04.

Tabela 2. Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%), determinadas nas análises das características químicas do solo, coletado na camada de 0 – 0,10 m, para diferentes manejos do solo (MS) e manejos de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. BRS Talento. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2003/04.

Causa de variação	P mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al mmol dm ⁻³	Al	SB	CTC	V %
MS	EG 26,00 GG 26,25 PD 31,91	21,25b 22,75b 24,33a	5,72b 5,92a 5,95a	3,40a 2,87b 3,22a	27,50b 34,91ab 42,00a	19,17b 21,58a 23,25a	18,50a 16,50ab 15,91b	0,00 0,00 0,00	50,88b 60,63ab 68,45a	73,08b 77,92a 81,00a	69,38b 75,80ab 84,37a
MA	L0 31,58a L1 27,66ab L2 24,91b	23,67a 22,75ab 21,92b	5,85 5,92 5,81	3,17a 3,06ab 2,72b	35,17 37,00 32,25	21,92 21,50 20,58	17,08 17,08 16,75	0,00 0,00 0,00	61,36 63,00 55,60	77,66 78,33 76,00	78,64 78,42 72,68
MS	3,50 ^{ns}	20,99 ^{**}	7,18 ^{**}	3,40 [*]	15,30 ^{**}	29,29 ^{**}	9,48 ^{**}	0,00 ^{ns}	12,63 ^{**}	14,58 ^{**}	15,97 ^{**}
MA	3,50 [*]	6,76 ^{**}	1,25 ^{ns}	11,75 ^{**}	1,67 ^{ns}	3,23 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2,46 ^{ns}	1,32 ^{ns}	3,11 ^{ns}
MS x MA	0,47 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,38 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,55 ^{ns}	1,41 ^{ns}
CV(%)	22,08	5,12	2,88	16,10	18,14	6,16	16,97	0,00	14,30	4,68	8,35

Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (EG: escarificador + grade niveladora, GG: grade pesada + grade niveladora, PD: plantio direto, L0: sem irrigação, L1: irrigação na fase reprodutiva e de maturação e L2: irrigação durante todo). ^{*} significativo a 1%; ^{**} significativo a 5%; ^{ns} não-significativo

Tabela 3. Médias, coeficiente de variação e teste F para carbono da biomassa microbiana (CBM), do carbono do CO₂ (C-CO₂) liberado, colonização micorrízica e número de esporos e para produtividade de grãos, para diferentes manejos do solo (MS) e manejos de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. BRS Talento. Selvíria, Estado do Mato Sul, 2003/2004.

Causas de Variação	CBM (µg C g ⁻¹ solo seco)	C-CO ₂ (mg CO ₂ g solo seco dia ⁻¹)	qCO ₂ (µg C g ⁻¹ dia ⁻¹ / µg CO ₂ g solo seco dia ⁻¹)	Colonização micorrízica (%)	nº esporos (100g de solo seco ⁻¹)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
MS	EG 193,50 GG 192,90 PD 175,12	9,32 b 10,70ab 11,18a	0,049b 0,058ab 0,066a	56,91 53,67 60,00	89,17 b 108,08ab 110,08a	855ab 711 b 919a
MA	L0 180,63 L1 196,19 L2 184,68	10,17 10,54 10,49	0,059 0,056 0,059	53,08 b 56,16ab 61,33a	91,75 b 93,50 b 122,83a	239 b 1157a 1087a
MS	1,00 ^{ns}	9,34 ^{**}	4,76 [*]	2,35 ^{ns}	4,40 [*]	5,13 [*]
MA	0,60 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,28 ^{ns}	4,08 [*]	9,59 ^{**}	118,43 ^{**}
MS x MA	2,35 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,98 ^{ns}	1,22 ^{ns}	2,37 ^{ns}	2,79 ^{ns}
CV (%)	19,286	10,494	23,38	12,563	18,596	19,638

Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{**} significativo a 1%; ^{*} significativo a 5%; ^{ns} não-significativo. (CC: escarificador + grade niveladora, CM: grade pesada + grade niveladora, PD: plantio direto).

Para o teor de C-CO₂ liberado (Tabela 3), foram detectadas diferenças significativas entre manejos do solo, porém não entre os manejos de água ou para a interação. Entre manejos do solo, a maior média foi verificada no PD, a qual diferiu do EG. Assim como observado para os sistemas de manejo do solo estudado, Colozzi-Filho *et al.* (2001) relataram maior atividade microbiana para o PD, a qual foi superior aos manejos menos conservacionistas. A maior atividade microbiana foi encontrada na área de PD e EG (Tabela 3), provavelmente porque, nestes cultivos, não ocorreram inversões de solo, mas, sim, um aumento de matéria orgânica pela deposição de material vegetal nas camadas superficiais de solo e que, somado à calagem e adubações, criaram condições favoráveis à maior atividade e desenvolvimento da comunidade microbiana.

Para a variável $q\text{CO}_2$, o EG apresentou a menor média, não diferindo estatisticamente do GG, diferindo, entretanto, do PD que mostrou as maiores médias, indicando maiores perdas de C-CO₂ para atmosfera. Segundo Gama-Rodrigues *et al.* (1997), o $q\text{CO}_2$ é inversamente proporcional ao estado de equilíbrio de um sistema, portanto, quanto menor o $q\text{CO}_2$, maior o estado de equilíbrio de um sistema.

Com relação aos manejos de água, a precipitação pluvial durante a condução do experimento foi alta, porém com distribuição irregular (Tabela 1) (Figura 1), sendo necessária a suplementação com irrigação em períodos críticos. Apesar disso, não foram encontradas diferenças estatísticas para CBM, C-CO₂ liberado e $q\text{CO}_2$. Tal fato pode ser atribuído à capacidade de recuperação dos microrganismos a estresse de ordem abiótica, visto que a coleta de solo foi realizada no fim de fevereiro, mês que apresenta melhor distribuição pluvial e, conseqüentemente, menor estresse hídrico em relação aos demais meses.

Para colonização micorrízica, foram detectadas diferenças significativas entre os manejos de água, mas não entre os manejos de solo ou para interação (Tabela 3). Os resultados verificados, no presente trabalho, contradizem os obtidos por Oliveira e Sanders (1999), pois estes relatam redução significativa na infecção micorrízica no feijoeiro, em virtude da escarificação do solo em relação ao solo com cobertura morta e solo nu sem distúrbio no inverno. Colozzi-Filho *et al.* (2001) verificaram que a desestruturação do solo causada pela aração e gradagem promove a fragmentação da rede de hifas, expondo os propágulos na superfície do solo a altas temperaturas e a predadores, o que pode inviabilizá-los. A maior porcentagem de colonização micorrízica, no presente trabalho, foi observada

quando houve irrigação durante todo o ciclo da cultura (L2), diferindo do tratamento que ficou na dependência da precipitação pluvial natural (L0). Essa superioridade do tratamento com irrigação possivelmente se deve ao favorecimento no estabelecimento das micorrizas, fato confirmado por Paula e Siqueira (1987) para solo com teores médios de umidade (60% da Capacidade de Campo). Pozzebon *et al.* (1992) observaram que o grau de colonização das raízes variou de acordo com o sistema de cultivo e que, em áreas de arroz irrigado, a colonização radicular aumentou até o ponto de inundação, indicando a importância da umidade.

Os diferentes manejos de solo e de água interferiram no número de esporos micorrízicos formados, porém não houve diferenças significativas para interação, entre os sistemas de manejo (Tabela 3). Para manejo do solo, o PD propiciou maior esporulação, diferindo do EG, mas não do GG. A maior esporulação do PD deveu-se, possivelmente, ao fato de ser um sistema que permanece em equilíbrio, isto é, que oferece, ao FMA, condições favoráveis de menor estresse. Diferente do presente trabalho, Colozzi-Filho *et al.* (1999) observaram menor esporulação dos FMA no PD em relação ao cultivo mínimo. Entre manejos de água, o maior número de esporos foi verificado onde a irrigação permaneceu durante todo o ciclo da planta (L2), a qual diferiu estatisticamente dos outros manejos. Resultados contrários foram encontrados por Pozzebon *et al.* (1992) que obtiveram melhores resultados quanto à esporulação em arroz de sequeiro, quando o solo apresentou baixo grau de umidade.

Com relação à produtividade de grãos, os valores encontrados foram baixos, possivelmente em função de a semeadura ter sido realizada com semeadora equipada com haste escarificadora para abertura de sulco, para deposição do fertilizante. Como a operação foi realizada em solo úmido, a maioria das sementes foi depositada em maior profundidade, retardando a emergência e o desenvolvimento das plantas. Os melhores resultados foram verificados no PD, o qual foi 29,30% maior que o GG, entretanto não diferiu do EG, possivelmente porque o PD mantém a palhada da cultura anterior na superfície, diminuindo as perdas de água por evaporação, em relação à GG, que realiza preparo mais superficial do solo, enquanto o EG propiciou maior exploração do volume de solo pelo sistema radicular (Tabela 1).

Assim como os manejos de solo, os manejos de água também interferiram na produtividade de grãos, sendo que as lâminas L1 e L2 proporcionaram

resultados significativamente superiores ao tratamento L0 (Tabela 3). Esses resultados podem ter ocorrido em virtude de veranicos verificados no período estudado, especialmente nos dias que antecederam o florescimento (Figura 1), período crucial para a boa produtividade na cultura do arroz. Assim, a água fornecida pelas lâminas L1 e L2 foi suficiente para o desenvolvimento adequado das plantas durante os períodos com precipitação pluvial irregular. Confirmando os resultados obtidos no presente trabalho, Crusciol et al. (2003), estudando diferentes lâminas de água aplicadas por irrigação por aspersão em arroz de terras altas, relataram a superioridade na produtividade de grãos nos tratamentos irrigados, em relação ao de sequeiro.

Conclusão

Os fungos micorrízicos arbusculares autóctones mostram-se sensíveis aos manejos de solo e água. O manejo de solo plantio direto e a irrigação apenas nas fases reprodutiva e de maturação para a cultivar de arroz BRS-Talento propiciam resultados satisfatórios para a produtividade e características microbiológicas.

Referências

- ALVAREZ, R. et al. Soil organic carbon, microbial and CO₂-C production from three tillage systems. *Soil Till. Res.*, Amsterdam, v. 33, p. 17-28, 1995.
- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Ratio of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, v. 21, p. 471-479, 1982.
- ARF, O. et al. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 36, n. 6, p. 871-879, 2001.
- BALOTA, E.L. Alterações microbiológicas em solo cultivado sob o plantio direto. In: PEIXOTO, R.T.G. et al. (Ed.). *Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável*. Ponta Grossa: Iapar, 1997. p. 222-233.
- BARDGETT, R.D.; SAGGAR, S. Effect of heavy metal contamination on the short-term decomposition of labeled (¹⁴C) glucose in a pasture soil. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, v. 26, p. 727-733, 1994.
- CANTARELLA, H.; FURLANI, P.R. Arroz de sequeiro. In: RAIJ, B. van et al. (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 48-49. (Boletim técnico, 100).
- CASTRO, E.M. et al. *Qualidade de grãos em arroz*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999.
- CAVALCANTE, U.M.T. et al. Respostas fisiológicas em mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e submetidas a estresse hídrico. *Acta Bot. Bras.*, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 379-390, 2001.
- COLOZZI-FILHO, A. Plantio direto: microrganismos e processos. In: ASSOCIAÇÃO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO. *Atualização em fertilidade e biodinâmica no sistema plantio direto*. Brasília: APDC, 2000. p. 29-42. (Programa de treinamento).
- COLOZZI-FILHO, A. et al. Microrganismos e processos biológicos no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O. et al. (Ed.). *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p. 487-508.
- COLOZZI-FILHO, A. et al. Atividade microbiana em solos cultivados em sistema de plantio direto. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 22, p. 84-91, 2001.
- CONAB-Companhia Nacional do Abastecimento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/safra/ArrozSerieHist.xls>>. Acesso em: 29 mar. 2006.
- CRUSCIOL, C.A.C. et al. Influência de lâminas de água e adubação mineral na nutrição e produtividade de arroz de terras altas. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 27, p. 647-654, 2003.
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 349-411.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação do solo*. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPq, 1999.
- GAMA-RODRIGUES, E.F. et al. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 21, p. 361-365, 1997.
- GARCIA, M.R.L. et al. Microbial biomass-c, evolved CO₂-C, mycorrhizal colonization, soil fertility and corn yield under different soil management and liming. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 28, n. 1, p. 23-28, 2006.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of micorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, Cambridge, v. 46, p. 234-244, 1963.
- JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Soil*, The Hague, v. 73, p. 288-300, 1964.
- KENNEDY, A.C.; SMITH, K.L. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. *Plant Soil*, The Hague, v. 170, p. 75-86, 1995.
- MERCANTE, F.M. Biomassa e a atividade microbiana: indicadores da qualidade do solo. *Direto no Cerrado*, Brasília, p. 9-10, 2001.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2002. p. 473-578.
- OLIVEIRA, J.R.A.; SANDERS, F.E. Effect of management practices on mycorrhizal infection, growth and dry matter partitioning in field-grown bean. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 34, n. 7, p. 1247-1254, 1999.
- PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O. Efeito da adubação fosfatada, cultivos e densidade de esporos na infectividade e efetividade de fungos micorrízicos vesículos-arbusculares em solo sob cerrado. *Cienc. Prática*, Lavras, v.

11, p. 54-64, 1987.

PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, Cambridge, v. 55, p. 158-161, 1970.

POZZEBON, E. *et al.* Associação de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares com arroz irrigado por inundação e de sequeiro. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v. 45, n. 402, p. 5-9, 1992.

RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J.A. *Métodos de análises de solos para fins de fertilidade*. Campinas: IAC, 1983. (Boletim técnico, 81).

SCHAEFER, C.E.R. *et al.* Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 37, n. 5, p. 669-678, 2002.

SIQUEIRA, J.O. *et al.* Significance of phenolic compounds in plant-soil-microbial systems. *Crit. Rev. Plant Sci.*, Knoxville, v. 10, n. 1, p. 63-121, 1991.

SOUZA, E.D. *et al.* Alterações nas frações do carbono em um neossolo quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 28, n. 3, p. 305-311, 2006.

SOUZA, R.A.R. *Comportamento de cultivares de arroz de terras altas em função do preparo do solo e irrigação por aspersão, em Latossolo Vermelho de cerrado*. 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.

SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Propriedades químicas de Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 27, p. 133-139, 2003.

TEIXEIRA, L.A.J. *et al.* Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 684-689, 2001.

VANCE, E.D. *et al.* An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, v. 19, p. 773-777, 1987.

Received on November 16, 2006.

Accepted on August 13, 2007.