

MANEJO DO SOLO E A ATIVIDADE MICROBIANA EM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO DA REGIÃO DE SETE LAGOAS, MG¹

CARLOS ALBERTO VASCONCELLOS², ANA PAOLA HERMETO DIAS FIGUEIREDO³,
GONÇALO EVANGELISTA DE FRANÇA⁴, ANTONIO MARCOS COELHO⁵ e WELLINGTON BRESSAN⁴

RESUMO - O trabalho procurou avaliar a influência de diferentes manejos de solo na atividade microbiana de um LEd. Foram coletadas amostras de solo dos seguintes sistemas de manejo: 1. área com preparo de solo convencional e cultivado com adubação verde; 2. rotação milho feijão em área de plantio direto; 3. cultivo com sorgo granífero e preparo convencional; 4. milho para silagem e feijão e preparo convencional. O pH em água destas amostras variou de 5,5 a 6,6. As amostras de solo foram incubadas por 75 dias a 25°C, na presença e ausência de resíduo de colmo de milho (10 t/ha). Avaliaram-se o CO₂ liberado, o N mineral e o teor de N imobilizado pela biomassa microbiana (biomassa N) obtido pela diferença entre a extração do N com sulfato de potássio 0,5N, de amostras fumigadas com clorofórmio, daquelas sem fumigação. Os resultados permitiram concluir que, na dependência do manejo, a incorporação de fonte energética pode reduzir o biomassa N em até 50 mg de N/g de solo. O CO₂ apresentou correlação positiva com o pH na ausência de palha. O CO₂ liberado foi menor em plantio direto na presença de palha.

Termos para indexação: nitrogênio, mineralização, biomassa, liberação de CO₂.

SOIL MANAGEMENT AND SOIL MICROBIAL ACTIVITY IN DARK RED LATOSOL FROM SETE LAGOAS REGION, MG, BRAZIL

ABSTRACT - The aim of this work was to study the influence of soil management practices on the microbial activity in dystrophic dark red latosol. Soil samples were collected from the following: 1. areas cultivated with green manure; 2. areas cultivated with maize and bean rotation with no till; 3. grain sorghum; and 4. maize for silage and beans rotation with conventional soil management (plowing and harrowing). The water pH of those samples ranged from 5.5 to 6.6. The soil samples were incubated for up to 75 days at 25°C, with and without maize stalk residue applied at 10 t/ha rate. The CO₂ evolved, the mineral N and the biomass N were determined. The biomass was calculated from the difference between the N extracted by potassium sulfate 0.5N from chloroform fumigated and unfumigated samples. The results demonstrated that the incorporation of an energy source decreased the biomass N by 50 mg/g of soil. However this reduction was influenced by soil management. Without maize straw the CO₂ evolved showed a positive correlation with pH. With straw, CO₂ evolution was smaller in no-till system and the pH correlation was not observed.

Index terms: nitrogen, mineralization, biomass, CO₂ evolved.

INTRODUÇÃO

Vários fatores contribuem para que os diversos sistemas de produção comportem-se diferentemente nos ecossistemas. Sem dúvida, o mais importante é o fator solo, com suas características físicas, químicas e biológicas.

¹ Aceito para publicação em 22 de julho de 1998.

² Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisas de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG. Bolsista do CNPq. E-mail: carlos@cpnms.embrapa.br

³ Eng^a Agr^a, Estagiária da Embrapa-CNPMS.

⁴ Eng. Agr., Ph.D., Embrapa-CNPMS.

⁵ Eng. Agr., M.Sc., Embrapa-CNPMS.

Algumas práticas agronômicas – como adubação, correção da acidez e cultivos – afetam significativamente a atividade da fração orgânica. A intensidade do contato dos resíduos orgânicos com as partículas do solo deve contribuir para o acúmulo diferencial de matéria orgânica no perfil. O manejo do solo e da cultura, portanto, deve ter influência decisiva na qualidade e na quantidade da matéria orgânica. Chan et al. (1992), por exemplo, demonstraram a importância da aração na distribuição do carbono no perfil do solo. Follett & Schimel (1989) verificaram um decréscimo de 58% no teor de N-total quando compararam os teores do solo nativo e do solo com aração e gradagem.

Os microrganismos do solo, sua concentração e atividade representada pelo teor de CO₂ liberado e pela mineralização do N orgânico, são influenciados pela matéria orgânica do solo, pela quantidade e qualidade dos resíduos orgânicos adicionados, e pelo tipo de preparo do solo. Contudo, fatores inerentes à matéria-orgânica – tais como a relação C/N, agregação e composição qualitativa – são fatores que interferem na composição microbiana (Alexander, 1977). Schulten & Hempfling (1992) demonstraram que a microflora do solo é limitada quando sob intenso cultivo e baixa disponibilidade e qualidade de fonte energética. De acordo com Alexander (1977), a relação C:N, o estado de agregação do resíduo orgânico e sua composição qualitativa são os fatores inerentes à matéria orgânica que mais interferem na população microbiana.

A incorporação ao solo de materiais orgânicos de constituições diferentes – como gramíneas e leguminosas – afeta a biomassa microbiana, e, conseqüentemente, a disponibilidade de N. A maximização do aproveitamento do N presente nos materiais orgânicos, pela cultura, depende de suas respectivas velocidades de decomposição e do processo de mineralização dessa matéria orgânica. Esse processo é de grande importância na agricultura, pois é através dele que as plantas obtêm parte do N e de outros nutrientes necessários ao seu desenvolvimento.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes manejos de solo na atividade microbiana e na disponibilidade de N em LE distrófico, sob vegetação de cerrado da região de Sete Lagoas, Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Os tratamentos consistiram na incorporação, ou não, de resíduos de palha de colmo de milho, mofdos e separados em frações de 1 a 2 mm com amostras de solo coletadas de áreas com quatro manejos distintos. Cada tratamento foi incubado por períodos de 15, 30, 45, 60 e 75 dias, a 25°C. Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso, com três repetições. A palha de colmo de milho possuía 41% de C e 0,24% de N e foi incorporada numa quantidade equivalente a 10 g/kg de solo seco a 105°C.

As amostras de solo foram provenientes de experimentos instalados em diferentes áreas da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas (MG), em Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa relevo suave ondulado fase cerrado. As áreas amostradas foram anteriormente submetidas a diferentes culturas e manejos de solo: manejo 1. adubação verde - solo com preparo convencional e cultivado, por três anos, com feijão-guandu, lab-lab e mucuna-preta; 2. plantio direto - solo cultivado com sucessão de milho-feijão em plantio direto por quatro anos sucessivos; 3. cultivo de sorgo - solo com cultivo de sorgo granífero por cinco anos sucessivos e intenso preparo de solo com uma aração e duas a três gradagens por safra; 4. milho silagem-feijão - solo cultivado com sucessão de milho para silagem e feijão, sob intenso preparo como descrito no caso anterior.

As amostragens foram realizadas em agosto de 1992, nas camadas de solo de 0 a 20 cm, e as estruturas, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm de malha. Durante todo o processo, procurou-se manter o solo úmido com aproximadamente 20% da capacidade de retenção de água, para formar e preservar sua atividade biológica. Até a instalação do ensaio, o solo foi armazenado em geladeiras a 5°C, por um período de 15 dias, aproximadamente. Determinou-se o pH em água na relação de 1:2,5; o teor de amônio e nitrato conforme Bremner & Keeney (1966) e a umidade atual das amostras, tendo-se como referência o peso seco a 105°C (Tabela 1). A determinação de parâmetros indicadores de sua fertilidade (pH, P disponível Mehlich-1, CTC efetiva e matéria orgânica) foi efetuada seguindo-se métodos descritos por Vettori (1969).

Em cada tratamento, pesou-se o equivalente a 20 g de solo seco a 105°C. Duas amostras de 20 g de cada solo, uma para o tratamento fumigado com clorofórmio e outra para o tratamento não-fumigado, foram colocadas em copos de plástico e estes foram mantidos em frascos de vidro hermeticamente fechados. O fundo dos frascos de vidro foi coberto com uma lâmina de água de 1 mm para a manutenção da umidade do solo durante os períodos de incubação.

TABELA 1. Características químicas iniciais das amostras de Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, textura argilosa, da região de Sete Lagoas, MG.

Manejo	pH _{H₂O}	NH ₄	NO ₃	P	CTC ¹ (cmol/kg)	M.O. (dag/kg)	Umidade (%)
Adubação verde	6,6	1,7	11,8	9	5,76	3,20	24
Plantio direto	6,4	1,6	8,8	20	5,62	2,96	26
Cultivo de sorgo	5,0	2,5	10,2	20	3,15	3,61	21
Milho silagem e feijão	6,0	2,3	4,4	25	4,94	3,16	19

¹ CTC efetiva.

Os seguintes parâmetros foram determinados em cada período de incubação: N imobilizado na biomassa microbiana (biomassa N), N mineral, e CO₂ liberado.

O biomassa N foi determinado de acordo com o procedimento proposto por Brookes et al. (1985). A umidade do solo foi mantida em 40% da capacidade de retenção de água, calculada conforme descrito por Shaw (1958), através de pesagens periódicas de cada tratamento. Somente entre a terceira e a quarta amostragens houve necessidade de reposição de água aos tratamentos. A extração do N mineral foi feita com K₂SO₄ 0,5N, mediante agitação por 15 minutos, para, em seguida, serem filtradas. O N foi determinado por arraste a vapor, conforme Bremner & Mulvaney (1982). O biomassa N foi calculado pelo método proposto por Jenkinson & Powlson (1976).

O CO₂ liberado foi determinado da seguinte maneira: no interior de cada frasco de vidro foram colocados tubos de ensaios com solução de NaOH 1N, para retenção do CO₂ liberado, como especificado por Jenkinson & Powlson (1976). Escolheram-se os tratamentos para o tempo de incubação de 75 dias, para a coleta dos dados de CO₂, que foram sendo analisados a cada 15 dias após a colocação dos tubos. A determinação da quantidade C-CO₂ liberado foi efetuada tomando-se 20 mL de NaOH e titulando-se com HCl 0,05N, em peagâmetro de titulação automática, quantificando-se o volume de HCl gasto entre pH = 8,3 e 3,7. Por ocasião da coleta do CO₂, todos os frascos foram abertos para renovação do ar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CO₂ liberado

A variação nas quantidades de CO₂ liberado nos diferentes manejos está apresentada na Tabela 2.

Entre o modelo $C-CO_2 = Co.e^{-kt}$, o melhor ajuste obtido foi para $C-CO_2 = b\sqrt{t}$. Esta equação permitiu observar que o CO₂ produzido aumentou com a elevação dos valores de pH apenas na presença da palha de colmo de milho. É provável que a elevação do pH tenha favorecido uma maior atividade da biomassa microbiana do solo quando na presença de fonte energética. Tal aumento da atividade microbiana pode refletir em acúmulo ou decréscimo da matéria orgânica nativa do solo. No que se refere ao acúmulo, os resíduos da decomposição da matéria orgânica que ficaram no solo superaram a quantidade de CO₂ produzido no intervalo de tempo entre as incorporações dos resíduos. No que se refere ao decréscimo, pode-se avaliar o efeito "priming", que significa a perda de C nativo, como discutido por Jenkinson (1966). Hallan & Bartholomew (1953), por exemplo, salientaram que a adição de restos culturais pode estimular a decomposição do C nativo, acarretando um empobrecimento da fertilidade do solo.

Nas amostras dos solos sem palha, o pH não apresentou correlação com o CO₂ liberado. Apenas o solo com plantio direto, pH 6,4, apresentou significativamente menor liberação de CO₂, em comparação com os demais manejos. Portanto, quando na ausência de fonte energética, foi possível discriminar o efeito do plantio direto em promover menor perda relativa do C orgânico nativo ou incorporado.

A diferença entre as taxas de liberação com e sem adição de palha permitiu verificar que esta taxa de liberação de CO₂ na ausência de palha foi de: 72% (72,7*100/101,4), 71%, 54% e 34% da taxa de liberação dos tratamentos com palha, respectivamente para

TABELA 2. Coeficientes das equações matemáticas ajustadas ($C-CO_2 = b\sqrt{t}$) para explicar a liberação de CO_2 (mg de $C-CO_2/g$ de solo) em LED da região de Sete Lagoas, MG.

Manejo	Coeficiente da regressão				Relação b_1/b_2
	Sem palha		Com palha		
	b_1	R^2 %	b_2	R^2 %	
Adubação verde	70,0 ± 6,6	84	129,4 ± 8,3	89	0,54
Plantio direto	38,8 ± 3,7	84	112,5 ± 8,0	88	0,34
Cultivo de sorgo	66,1 ± 5,0	87	92,7 ± 6,0	89	0,71
Milho silagem e feijão	72,7 ± 5,3	88	101,4 ± 7,2	88	0,72

área cultivada com milho para silagem, cultivo com sorgo, adubação verde e plantio direto.

A adição de fonte energética nas áreas com adubação verde e plantio direto favoreceu, portanto, um rápido aumento na taxa de liberação do CO_2 . Nas demais áreas este aumento foi menor, provavelmente por causa de uma taxa já alta (valor de $b_1 > 65$ mg de $C-CO_2/g$ de solo) ou por provável seleção de flora microbiana com menor atividade (Tabela 2). Chan et al. (1992), por exemplo, demonstraram o efeito do preparo do solo na distribuição diferencial da biomassa.

O fato de a massa residual no plantio direto permanecer na superfície favorece o desenvolvimento de biomassa ativa, especificamente nas camadas superiores, como na camada de 0 a 5 cm. A amostragem, sendo efetuada na camada de 0 a 20 cm, poderia favorecer a diluição da atividade desta biomassa com a inclusão de terra com menor atividade. Todavia, com a adição do resíduo vegetal, a biomassa deveria desenvolver-se rapidamente, como proposto por Brookes et al. (1990). Follett & Schimel (1989), por outro lado, demonstraram haver a menor taxa de CO_2 produzido quando houve incorporação dos resíduos culturais, e maior taxa quando no plantio direto, e que a disponibilidade de C para o crescimento da microbiota decrescia à medida que se intensificava o preparo do solo. Estes autores, contudo, efetuaram a comparação dos sistemas de preparo de solo sem a incorporação de resíduos quando na presença de plantio direto.

No presente trabalho, as amostras de solo dos diferentes sistemas foram coletadas e incubadas com e sem a incorporação de resíduo vegetal, exatamente

para avaliar o comportamento da flora microbiana desenvolvida nesses manejos.

Nas áreas onde houve aração e gradagem, as taxas de liberação de CO_2 sem incorporação de palha de milho foram superiores à taxa obtida quando no plantio direto (Tabela 2). Conseqüentemente, houve menor retenção de C quando o solo foi revolvido através do preparo com arado e grade, como observado por Chan et al. (1992). Na área cultivada com adubação verde, os resíduos culturais com relação C:N mais estreita, além de permitir uma decomposição mais rápida dos resíduos, favorece condições para o desenvolvimento da microbiologia do solo, o que justifica as taxas mais elevadas para a evolução do CO_2 .

É conveniente ressaltar que McGill et al. (1986), em trabalhos de rotação de culturas com 50 anos de histórico, concluíram que a biomassa do solo é melhor correlacionada com as adições antigas de fonte energética do que com as adições mais recentes. Desta forma, a estabilidade da microbiota do solo deve estar associada aos constantes aportes de resíduos culturais.

Nitrogênio mineral

A análise de variância (CV 6,7%) do teor de N mineral extraído com sulfato de potássio, com e sem fumigação, revelou efeitos significativos em todas as fontes de variação em estudo: solo, tempo de incubação, presença e ausência de palha e suas interações.

Na Tabela 3, estão representados os dados obtidos nos diferentes sistemas de manejo, sem e com

TABELA 3. Dados médios de N mineral, na presença e ausência de fumigação com clorofórmio, em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, textura argilosa, de Sete Lagoas, MG, submetido a diferentes manejos em função do tempo de incubação.

Tempo de incubação (dias)	Adubação verde	Plantio direto	Cultivo de sorgo		Milho silagem e feijão
			(µg de N/g de solo seco a 105°C)		
Solos não-fumigados					
15	67c	63d	72b		68b
30	46d	43e	48c		43c
45	78b	82b	89a		69b
60	83ab	92a	92a		88a
75	87a	75c	73b		71b
Média	72B	71B	75A		68C
Solos fumigados					
15	93ab	90a	99a		80b
30	71c	68b	66b		67c
45	103a	94a	100a		93a
60	90b	94a	93a		88a
75	94ab	95a	97a		92a
Média	93B	92B	99A		80C
Biomassa N					
15	58a	60a	60a		27b
30	56a	56a	40bc		53a
45	56a	27bc	24c		53a
60	16b	13c	2d		2
75	16b	44ab	53ab		47a
Média	40A	40A	36A		36A

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula não apresentam diferenças significativas entre etapas, pelo teste de Duncan a 5%; letras maiúsculas, entre manejos.

² Não foi possível quantificar o biomassa N, na presença e ausência de clorofórmio, pois a amostra fumigada e a não-fumigada apresentaram o mesmo teor de N.

fumigação, de acordo com os períodos de incubação, referentes às médias dos tratamentos com e sem palha. Houve, como também observado por Jenkinson & Powlson (1976), um aumento do N quando do processo de fumigação. O aumento, conforme estes autores, refere-se ao teor de N liberado pela morte da microbiota com a fumigação. Em ambos os casos, presença e ausência de fumigação, o N extraído apresentou menores valores aos 30 dias de incubação, devido a sua imobilização pela adição de fonte energética, como será discutido adiante.

Ao se isolar o efeito da palha, verificou-se que o teor do N mineral, nos solos com o tratamento sem palha (Fig. 1) nos primeiros 30 dias foi praticamente estável, em todos os sistemas, exceto no tratamento com plantio direto, que aumentou, justificando a interação significativa para o manejo e o N extraído.

Portanto, com o plantio direto, houve tendência de se obter maior fornecimento de N do solo para as plantas, na fase inicial de incubação, o que demonstra a possibilidade de uma atividade biológica ou microbiana diferencial entre os sistemas de manejo de solo. É interessante destacar, contudo, os maiores valores de N para o solo com cultivo de sorgo, e menor pH em ambas as extrações, fumigadas e não fumigadas e menores valores quando no manejo de milho para silagem feijão (Tabela 3).

Após 30 dias de incubação, o N mineral na ausência de palha aumentou em todos os sistemas de manejo (Fig. 1). Nos manejos plantio direto, milho silagem feijão e plantio de sorgo, o teor do N mineral apresentou decréscimo a partir de 60 dias de incubação. Tal fato indica que, mesmo sem adição de uma fonte energética, há ciclos de atividade biológica, au-

mentando ou reduzindo o teor de N no solo. O manejo, portanto, altera estes ciclos. Com 75 dias de incubação, por exemplo, os solos com plantio direto, plantio de sorgo e sucessão milho para silagem e feijão diminuíram a quantidade de N mineral. Somente o solo com adubação verde se manteve estável, com maior teor de N mineral, o que indica a importância da leguminosa para maior disponibilidade de N.

Nos tratamentos com palha (Fig. 2), houve, nos primeiros 30 dias, uma imobilização do N, devido ao desenvolvimento de uma atividade microbiana competitiva do N mineral do solo. Contudo, este tempo é dependente tanto da relação C:N como da quantidade e qualidade da palha aplicada. Após 30 dias de incubação, os teores de N mineral aumentaram nos quatro sistemas de manejos, ou seja, a partir deste período a mineralização foi predominante sobre a imobilização.

O solo submetido à adubação verde, entre 45 dias e 75 dias de incubação, praticamente não apresentou aumento no N mineralizado. Nas demais condições de manejo, o N mineralizado aumentou até os 60 dias, decrescendo a partir desse período até os 75 dias de incubação, o que demonstra a instabilidade na decomposição dos resíduos orgânicos decor-

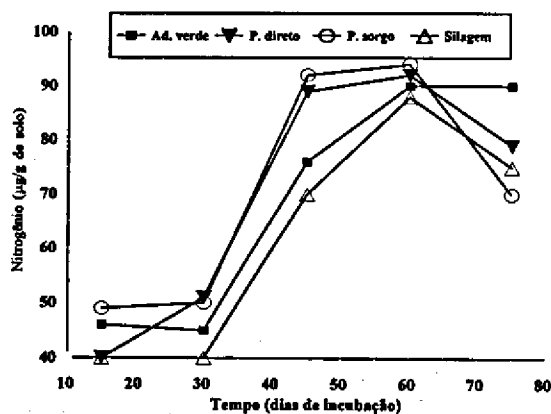


FIG. 1. Variação do teor de N em LEd da região de Sete Lagoas, submetido a diferentes manejos, em função do tempo de incubação e ausência de palha de colmo de milho. Sete Lagoas, MG, 1994. Dms, Duncan 5%, 8 mg de N/g de solo.

rente de substâncias com diferentes resistências à decomposição (Chew et al., 1976) e/ou atividade biológica diferencial com o tempo de incubação (Fig. 2).

Deve ser salientado o elevado teor inicial de N quando na presença da palha (aproximadamente 100 mg/g contra 50 mg/g na ausência de palha), o que indica haver disponibilidade de N, até os 15 dias iniciais de incubação, antes do processo de imobilização (Figs. 1 e 2).

Quando não houve fumigação (Tabela 4), o solo com os manejos adubação verde, plantio direto e plantio com sorgo não apresentaram diferenças significativas no teor de N extraído na ausência de palha. Apenas o solo cultivado com a sucessão de milho para silagem e feijão apresentou menor teor. Neste tratamento, em condições de campo, houve constante remoção da palhada residual, permitindo inferir-se que esta prática não foi benéfica ao desenvolvimento da flora microbiana do solo.

Nitrogênio imobilizado na biomassa microbiana (biomassa N)

O biomassa N, calculado segundo Jenkinson & Powlson (1976), é a diferença entre os teores de N extraídos das amostras de solo fumigado daqueles resultados obtidos com amostras não fumigadas multiplicadas por um fator específico. Nestes resultados, portanto, estariam embutidos os erros dos

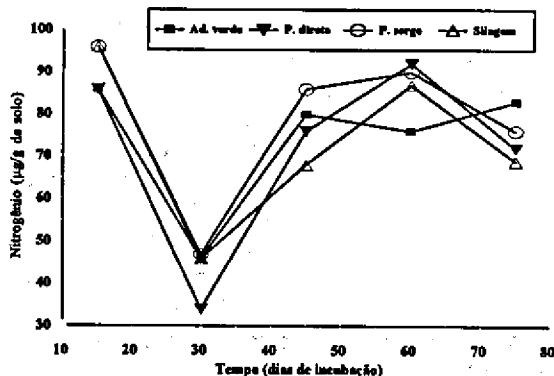


FIG. 2. Variação dos teores de N em LEd da região de Sete Lagoas, MG, em função do tempo de incubação e na presença de 10 t/ha de colmo de milho. Dms, Duncan a 5%, 8 mg de N/g de solo.

TABELA 4. Dados médios do N imobilizado na biomassa microbiana (biomassa N) e do N mineral, na presença e ausência de fumigação com clorofórmio, em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, textura argilosa, da região de Sete Lagoas, MG, submetido a diferentes manejos. Dados em mg de N/g de solo seco a 105°C¹.

Manejo	Biomassa N		N - solo não-fumigado		N - solo fumigado	
	Com palha	Sem palha	Com palha	Sem palha	Com palha	Sem palha
Adubação verde	31abB	49abA	74bA	70aB	88aA	92aA
Plantio direto	38aA	40bA	72bA	70aA	89aA	88abA
Cultivo de sorgo	22bcB	47abA	79aA	71aB	89aA	92aA
Milho silagem e feijão	18cB	56aA	73bA	62bB	81bB	87bA

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula não apresentam diferenças significativas entre manejos, pelo teste de Duncan a 5%; letras maiúsculas, entre palha.

processos de fumigação e extração. A análise estatística dos resultados desta biomassa (CV 38,5%) demonstrou efeitos significativos em nível de 1% na época de amostragem (tempo de incubação), para a interação época e manejo, para a presença e ausência de palha e as interações palha - época e palha - manejo. Entre manejos, contudo, não se observaram diferenças significativas.

O efeito significativo para época (período de incubação) é perfeitamente compreensível, dado o desenvolvimento do biomassa N quando há incorporação da fonte energética. Este desenvolvimento observado, apesar de não apresentar influências significativas entre os diferentes sistemas de manejos estudados, apresentou efeito significativo para o efeito interativo com a palha e a época, ou seja, o biomassa N desenvolveu-se de modo diferencial entre os tratamentos com palha e sem palha e com o tempo de incubação. Este comportamento provavelmente é causado pelas diferenças de atividades biológicas entre manejos, como o visualizado na liberação do CO₂ (Tabela 2).

Na análise da Tabela 3 verificou-se a variabilidade da biomassa nas diferentes etapas de extração do N. Exceto no sistema milho silagem e feijão, os maiores valores foram obtidos nos períodos iniciais da incubação. Tais valores, por um determinado período, decresceram ou permaneceram estáveis, de acordo com o sistema adotado. A coleta e o manuseio das amostras de terra para seu preparo nos diferentes tratamentos podem ter acarretado o desenvolvimento de uma microbiota sobre sua matéria morta, favorecendo os maiores valores iniciais, como ob-

servado por Grisi (1997). O período de repouso de 15 dias, adotado no início do experimento, não deve ter sido suficiente para o equilíbrio. É conveniente observar que neste período o biomassa N pode ter, ou não, atingido o ponto de maior expressão. Portanto, no caso do sistema milho silagem feijão, a máxima expressão do biomassa N foi obtida aos 30 - 45 dias de incubação.

Na média geral das etapas de amostragem, todos os manejos apresentaram valores semelhantes no tocante ao biomassa N. Entretanto, a atividade microbiana avaliada quanto aos teores de N no sistema é influenciada pelo manejo, como discutido anteriormente. Há, além disso, comportamento diferencial deste biomassa N com relação ao tempo de incubação, dentro de cada manejo. Segundo Brookes et al. (1990), em solos sem adição de uma fonte energética, a microbiota fica em estado de latência ou em repouso, com baixa taxa de respiração. Tais resultados refletem a importância de um tempo de equilíbrio do solo, imediatamente após seu manuseio, para o início da adição de fonte energética. Marumoto et al. (1982) sugeriram que aproximadamente 76% do N nativo do solo é derivado da morte da microbiota do solo e que ciclos de umedecimento e secagem aumentam a mineralização. Portanto, a secagem dos solos observada entre a terceira e quarta amostragem poderia indicar maior mineralização.

Exceto no plantio direto, a adição de palha de colmo de milho com alta relação C:N reduziu o biomassa N, o que reflete a possibilidade de desequilíbrios nutricionais na manutenção desta microbiota, ou efeito fitotóxico (Tabela 4).

Na maioria dos resultados apresentados na literatura, há aumento da biomassa quando da adição de fonte energética, com decréscimo nos primeiros dias de incubação, e aumento subsequente (Brookes et al., 1990; Joergensen et al., 1990). Este decréscimo da biomassa com a adição de resíduos de colmo de milho pode indicar causas para o benefício da rotação de culturas e a necessidade de estabelecer manejos mais eficientes em manter a estabilidade da biomassa microbiana em solos tropicais.

Tendo-se como referência as equações apresentadas nas Tabelas 2 e 3, calculou-se a quantidade de CO_2 liberado aos 75 dias de incubação. Estes valores permitiram verificar que a respiração da biomassa foi de 416, 371, 316 e 714 mg de C-CO_2 (g de biomassa $\text{N}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$), respectivamente em relação a adubação verde, plantio direto, milho silagem e feijão, e cultivo de sorgo, quando na presença de palha. Na ausência da palha, estes valores foram de 162, 112, 183 e 226 mg de CO_2 (g de biomassa $\text{N}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$). Portanto, tanto na ausência como na presença de palha, o solo com sorgo (menor pH) apresentou maior taxa de respiração, o que indica a possibilidade de toxicidade ou maior atividade biológica. Por outro lado, deve ser mencionado que a adição da palha aumentou esta taxa de respiração.

Santruckova & Straskraba (1991) especificaram quatro causas principais para as alterações da taxa de respiração da biomassa: 1) mudança na composição da biomassa; 2) efeito de estresse ambiental; 3) decréscimo de células ativas com o aumento da biomassa microbiana; 4) inibição, decorrente da concentração de CO_2 .

Broder & Wagner (1988) determinaram a variabilidade de fungos e bactérias na presença de resíduos de soja, milho e trigo. Neste caso, as populações de bactérias e de actinomicetos foram maiores em resíduos de soja. As populações de fungos foram maiores em resíduos de milho e menores em trigo.

O solo, quando submetido ao plantio direto (Tabela 4), por exemplo, apresentou biomassa N semelhante, tanto na presença como na ausência da palha de colmo incorporada. Desta forma, há viabilidade desta prática agrícola em promover a estabilidade da microbiota responsável pela biomassa N. Todavia, em face dos períodos de imobilização e mineralização do N, é necessário definir as condições para uma

atividade mais adequada ao fornecimento de N em maior período de tempo.

CONCLUSÕES

1. Em áreas cultivadas com adubação verde, milho para silagem e feijão e com cultivo de sorgo, a incorporação de palhada residual de colmo de milho reduz o N imobilizado na biomassa microbiana em LEd da região de Sete Lagoas, MG.

2. Na área cultivada com plantio direto não há influência da palhada sobre o N imobilizado na biomassa microbiana.

3. O teor de N mineral é maior na presença da palhada até os 15 dias de incubação, seguindo-se uma imobilização de N até os 30 dias de incubação.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, M. *Introduction to soil microbiology*. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1977. 467p.
- BREMNER, J.M.; KEENEY, D.R. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Analytica Chimica Acta*, v.32, p.482-485, 1966.
- BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. Nitrogen total. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.A.; KEENEY, D.S. (Eds.). *Methods of soil analysis*. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1982. Part. 2: Chemical and microbiological properties. p.595-624. (Agronomy, 9).
- BRODER, M.W.; WAGNER, G.H. Microbial colonization and decomposition of corn, wheat, and soybean residue. *Soil Science Society of America Journal*, v.52, p.112-117, 1988.
- BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, v.17, n.6, p.837-842, 1985.
- BROOKES, P.C.; OCIO, J.A.; WU, J. The soil microbial biomass: its measurement, properties and role in soil nitrogen and carbon dynamics following substrate incorporation. *Soil Microorganisms*, v.35, p.39-51, 1990.

- CHAN, K. Y.; ROBERTS, W.P.; HEENAN, D.P. Organic carbon and associated soil properties of a Red Earth after 10 years of Rotation under different stubble and tillage practices. *Australian Journal of Soil Research*, v.30, p.71-83, 1992.
- CHEW, W.Y.; WILLIAMS, C.N.; JOSEPH, K.T.; RAMLI, K. Studies on the availability to plants of soil nitrogen in Malasyan tropical oligotrophic peat. I-Effect of liming and pH. *Tropical Agriculture*, v.53, p.69-78, 1976.
- FOLLETT, R.F.; SCHIMEL, D.S. Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. *Soil Science Society of America. Journal*, v.53, n.4, p.1091-1096, 1989.
- GRISI, B.M. Temperature increase and its effect on microbial biomass and activity of tropical and temperate soils. *Revista de Microbiologia*, v.28, p.5-10, 1997.
- HALLAN, M.J.; BARTHOLOMEW, W.V. Influence of rate of plant residue addition in accelerating the decomposition of soil organic matter. *Soil Science Society of America. Proceedings*, v.2, p.365-368, 1953.
- JENKINSON, D.S. Studies on the decomposition of plant material in soil. II. Partial sterilization of soil and the soil biomass. *Journal of Soil Science*, v.17, p.280-302, 1966.
- JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, v.8, p.209-213, 1976.
- JOERGENSEN, R.G.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. Survival of the soil microbial biomass at elevated temperatures. *Soil Biology and Biochemistry*, v.22, n.8, p.1129-1136, 1990.
- MARUMOTO, T.; ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. Mineralization of nutrients from soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, v.14, p.469-475, 1982.
- MCGILL, W.B.; CANNON, K.R.; ROBERTSON, J.A.; COOK, F.D. Dynamics of soil microbial biomass and water-soluble organic C in Breton after 50 years of cropping to two rotations. *Canadian Journal of Soil Science*, v.66, n.1, p.1-19, 1986.
- SANTRUCKOVA, H.; STRASKRABA, M. On the relationship between specific respiration activity and microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v.23, n.6, p.525-532, 1991.
- SCHULTEN, H.; HEMPFLING, R. Influence of agricultural soil management on humus composition and dynamics: classical and modern analytical techniques. *Plant and Soil*, v.142, p.259-271, 1992.
- SHAW, K. *Studies on Nitrogen and carbon transformations in soil*. London: University of London, 1958. 96p. Ph.D. Thesis.
- VETTORI, L. *Métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: EPE, 1969. 24p. (Boletim técnico, 7).