

NITROGÊNIO DA BIOMASSA MICROBIANA, EM SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO, ESTIMADO POR MÉTODOS DE FUMIGAÇÃO⁽¹⁾

L. K. VARGAS⁽²⁾ & D. SCHOLLES⁽³⁾

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o nitrogênio da biomassa microbiana, por meio dos métodos de fumigação-incubação (FI) e fumigação-extração (FE), em sistemas de manejo do solo e de culturas. O nitrogênio da biomassa microbiana foi analisado em um Podzólico Vermelho-Escuro, em Eldorado do Sul, RS, conduzido por 12 anos sob os preparos de solo convencional, reduzido e plantio direto, com dois sistemas de sucessões de culturas: aveia-preta/milho e aveia-preta + vica/milho + caupi. As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-5 e 5-15 cm, em quatro épocas, durante doze meses. O método de FE foi utilizado apenas após o preparo de solo para as culturas de verão, nas duas últimas avaliações. Os maiores valores de N microbiano ocorreram no plantio direto e no sistema aveia-preta + vica/milho + caupi, na camada de 0-5 cm. Ambos os métodos correlacionaram-se, o FI, porém, apresentou os menores coeficientes de variação nas duas avaliações, demonstrando ser aplicável em avaliações de sistemas de manejo de solo.

Termos de indexação: fumigação-incubação, fumigação-extração, preparo de solo, sistemas de culturas.

SUMMARY: *MICROBIAL BIOMASS NITROGEN IN SOIL UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS, ESTIMATED BY FUMIGATION METHODS*

The aim of this experiment was to evaluate the nitrogen of the microbial biomass under different soil management systems by the fumigation-incubation (FI) and fumigation-extraction (FE) methods. Soil samples were collected in four seasons, during one year, from a Paleudult soil in the Central Depression of Rio Grande do Sul State, Brazil. Soil microbial

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, para a obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Recebido para publicação em janeiro e aprovado em maio de 1998.

⁽²⁾ Estudante de Pós-Graduação em Agronomia, Departamento de Solos, UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 90001-970 Porto Alegre (RS).

⁽³⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos, UFRGS.

*biomass N was analyzed in soil under three tillages systems (conventional, reduced and direct drilling) and two crop systems: oats (*Avena strigosa*) + vetch (*Vicia sativa*)/corn (*Zea mays*) + cowpea (*Vigna sinensis*) and oats/corn, at two depths (0-5 cm e 5-15 cm). The FE procedure was used in the last two evaluations, after soil tillage. The greatest values of microbial biomass N were found in soil from direct drilling and oats + vetch /corn + cowpea, in the upper 0-5 cm. The analyses by the fumigation-incubation method presented the lowest variation, showing that the method is useful in evaluations of soil management systems.*

Index terms: fumigation-incubation, fumigation-extraction, soil tillage, crop systems.

INTRODUÇÃO

A biomassa microbiana é considerada tanto um agente de transformação, por meio do qual passam todos os materiais orgânicos adicionados ao solo, quanto um reservatório de nutrientes (Jenkinson & Ladd, 1981), sendo o seu estudo de grande importância em sistemas de manejo do solo, uma vez que influi na dinâmica dos nutrientes e na fertilidade do solo. As quantidades de nutrientes imobilizadas na biomassa podem atingir valores bastante elevados, acima de 100 kg ha⁻¹ no caso do nitrogênio (Anderson & Domsch, 1980). O N retido na biomassa é liberado, na medida em que os microrganismos morrem e são mineralizados pela população restante, razão por que, em solos submetidos a estresses ambientais, a maior parte do N mineralizado pode ser de origem microbiana (Marumoto et al., 1982). Portanto, a biomassa microbiana atua como um tampão do nitrogênio do solo, uma vez que controla a disponibilidade desse nutriente por meio dos processos de mineralização e imobilização. Em diferentes sistemas de manejo do solo, a microbiota recebe estímulos diferenciados devidos à composição dos resíduos das espécies vegetais e aos métodos de preparo de solo. Isto resulta em diferenças na atividade microbiana, na relação imobilização-mineralização do nitrogênio e nas taxas de decomposição dos resíduos.

Os métodos mais utilizados para a análise de N da biomassa são o fumigação-incubação (FI) (Jenkinson & Powlson, 1976) e, mais recentemente, o fumigação-extração (FE) (Brookes et al., 1985). De acordo com Brookes et al. (1985) e Ocio & Brookes (1990), o método de FI não é aplicável para a análise de N da biomassa microbiana em solos com adição recente de resíduos orgânicos, especialmente resíduos com relação C:N alta. Nesse caso, o método de FE seria mais confiável, uma vez que problemas associados ao estágio de incubação, tais como a imobilização de N e a desnitrificação, não ocorreriam. Deve-se levar em conta, ainda, que qualquer método apresenta limitações, e a adoção de um único método pode levar a conclusões equivocadas (Jenkinson & Ladd, 1981).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o N da biomassa microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo. Para isto foram adotados o método de fumigação-incubação (FI) e, em solo com aporte recente de resíduos vegetais, o método de fumigação-extração (FE).

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem e tratamentos

As amostras de solo foram coletadas em um experimento de longa duração, conduzido, desde 1985, em um Podzólico Vermelho-Escuro, com um delineamento experimental em blocos ao acaso, dispostos em parcelas subdivididas com três repetições, localizado na Estação Experimental Agrônômica-UFRGS, em Eldorado do Sul, RS. Foram avaliados os preparos de solo convencional, reduzido e plantio direto, com dois sistemas de sucessões de culturas: aveia (*Avena strigosa*)/milho (*Zea mays*) e aveia + vicia (*Vicia sativa*)/milho + caupi (*Vigna sinensis*). O preparo convencional foi realizado com uma aração e duas gradagens. O preparo reduzido foi efetuado com uma escarificação, seguida por uma gradagem leve, enquanto, no plantio direto, realizou-se a semeadura sem o preparo do solo sobre os resíduos das culturas anteriores. As operações de preparo de solo foram efetuadas apenas antes da implementação das culturas de verão. As culturas de inverno foram semeadas diretamente sobre os resíduos das culturas de verão, sem preparo de solo.

A coleta das amostras ocorreu em quatro épocas: 07 de fevereiro de 1996, 06 de julho de 1996, 12 de novembro de 1996 e 22 de janeiro de 1997. Estas quatro épocas de amostragem corresponderam, respectivamente, ao final do ciclo das culturas de verão, ao final do ciclo das culturas de inverno, ao estabelecimento e à metade do ciclo das culturas de verão do ano seguinte. As amostras foram compostas de 5 subamostras de solo de cada parcela, coletadas com o auxílio de espátulas, em duas profundidades: 0-5 e 5-15 cm. As amostras foram acondicionadas em

sacos plásticos e transportadas em caixa de isopor com gelo, de modo a diminuir a atividade microbiana. No laboratório, foram mantidas em geladeira até, no máximo, 3 dias. Imediatamente antes de se proceder às análises, as amostras foram homogeneizadas com o uso de uma peneira de malha 4 mm. Após, retirou-se uma subamostra para a determinação de sua umidade gravimétrica. Todos os resultados foram calculados tendo como base a massa de solo seco.

Avaliação do nitrogênio da biomassa por fumigação-incubação

Para a avaliação de nitrogênio da biomassa por fumigação-incubação, utilizou-se o procedimento descrito por Jenkinson & Powlson (1976). De cada amostra, retiraram-se duas subamostras de 100 g de solo (base úmida). Uma das subamostras foi fumigada com clorofórmio (CHCl_3), por 24 horas. As subamostras fumigadas foram, então, reinoculadas com 1 g da amostra original e incubadas em frascos de vidro com capacidade para 1,5 L, com vedação hermética. As subamostras não fumigadas também foram incubadas em frascos do mesmo tipo. De cada uma das amostras incubadas, fumigadas e não fumigadas, retiraram-se 5 g de solo após 10 dias de incubação. Após o vigésimo dia de incubação, foram retirados mais 5 g de solo das amostras não fumigadas. Cada subamostra de 5 g foi analisada para N mineral (NH_4^+ e NO_3^-), conforme descrito em Tedesco et al. (1985). O N da biomassa microbiana foi calculado por meio da equação: $\text{NB} = \text{F} - \text{NF} / k_N$, em que:

- NB representa o nitrogênio da biomassa microbiana expresso em mg kg^{-1} ;
- F e NF representam o nitrogênio mineral das subamostras fumigada e não fumigada, respectivamente;
- k_N representa a fração do N microbiano mineralizado durante o período de incubação. O fator k_N 0,57 (Jenkinson, 1988) foi utilizado.

Avaliação de nitrogênio na biomassa por fumigação-extração

O método de fumigação-extração foi utilizado apenas na terceira e quarta avaliações (12 de novembro de 1996 e 22 de janeiro de 1997), quando o solo havia recebido aporte recente dos resíduos das culturas de inverno. Nessa avaliação, foi utilizada uma adaptação do método proposto por Brookes et al. (1985). De cada amostra, foram pesados 20 g de solo (base úmida), que foram colocados em frascos "snap-cap". Os compostos solúveis foram extraídos com 80 mL de K_2SO_4 0,5 mol L^{-1} . A seguir, os extratos foram agitados em agitador horizontal por 30 minutos e, após 2 horas, filtrados em papel filtro Whatman nº 1. Simultaneamente, outras subamostras de 20 g foram fumigadas com clorofórmio (CHCl_3). A fumigação foi feita com a adição de 3 mL de CHCl_3

diretamente ao solo. Após 24 horas, foram feitas a extração e a filtragem, do mesmo modo que para as subamostras não fumigadas. Uma alíquota de 30 mL de cada filtrado foi digerida, em bloco de digestão, e analisada para N total, como descrito em Tedesco et al. (1985).

O N da biomassa foi calculado por meio da fórmula $\text{NB} = \text{F} - \text{NF} / k_{EN}$, em que:

- NB representa o nitrogênio da biomassa microbiana expresso em mg kg^{-1} ;
- F e NF representam o nitrogênio extraído das amostras fumigada e não fumigada, respectivamente;
- k_{EN} representa a fração do N da biomassa extraído após a fumigação. Utilizou-se fator de conversão k_{EN} 0,54 sugerido por Brookes et al. (1985).

Análises estatísticas

Os dados foram analisados segundo um delineamento em blocos casualizados com parcelas subsubdivididas. Os métodos de preparo de solo foram considerados a parcela principal, as culturas, a subparcela, e como subsubparcela as profundidades.

As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5%. O grau de associação entre variáveis foi analisado por análises de correlação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nitrogênio da biomassa microbiana estimado pelo método de fumigação-incubação

O nitrogênio da biomassa microbiana, estimado pelo método de fumigação-incubação (Jenkinson & Powlson, 1976), foi influenciado pelos métodos de preparo do solo em todas as quatro avaliações (Quadro 1).

Na segunda avaliação, embora o solo não tenha sido revolvido para a semeadura das culturas de inverno, somente foram observadas diferenças no N da biomassa entre os métodos de preparo. O N microbiano foi menor no preparo convencional e não diferiu entre o plantio direto e o preparo reduzido, o que pode ser atribuído, de acordo com Angers et al. (1992, 1993) e Bayer (1996), a uma redução do C orgânico e do N total em solos sob preparo convencional por longos períodos. Follet & Schimel (1989) também verificaram que o N da biomassa microbiana, da mesma forma que o N total do solo, foi reduzido no preparo convencional. Porém, apenas nesta avaliação o N da biomassa microbiana não esteve correlacionado com o C orgânico e com o N total do solo, avaliados por Bayer (1996). É possível, no entanto, que a redução no N da biomassa microbiana no preparo convencional não esteja associada apenas a uma redução no conteúdo de N

Quadro 1. Nitrogênio da biomassa microbiana, estimado por fumigação-incubação, em diferentes métodos de preparo do solo e em duas profundidades, nas quatro avaliações. Média de três repetições e duas sucessões de culturas

Preparo do solo	Profundidade (cm)		
	0-5	5-15	Média
———— mg kg ⁻¹ ————			
1ª avaliação			
Plantio direto	51	40	45 a
Reduzido	39	32	35 b
Convencional	34	21	28 c
Média	41 A	31 B	
2ª avaliação			
Plantio direto	52	43	47 a
Reduzido	40	59	50 a
Convencional	35	24	29 b
Média	42	42	
3ª avaliação			
Plantio direto	59 aA	27 aB	43
Reduzido	51 aA	29 aB	40
Convencional	34 bA	24 aB	29
Média	48	27	
4ª avaliação			
Plantio direto	58 aA	33 aB	45
Reduzido	41 bA	31 aB	36
Convencional	39 bA	34 aA	36
Média	46	33	

Valores seguidos da mesma letra minúscula, nas colunas, e maiúscula, nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5%.

total do solo, mas também a uma modificação na sua qualidade. Segundo Mengel (1996), a maior parte do N presente no solo é resistente à mineralização, e a perda de N devida ao cultivo do solo leva a uma disponibilidade ainda menor do N mineralizável, uma vez que o N que permanece no solo está em formas estáveis. Por outro lado, o sistema plantio direto leva a um acúmulo de matéria orgânica biodegradável, sobretudo carboidratos, resíduos vegetais parcialmente degradados e a própria biomassa microbiana (Angers et al., 1993). Portanto, as diferenças no N microbiano entre os preparos do solo podem ser explicadas pelo efeito cumulativo dos vários anos de manejo sobre a quantidade e qualidade do N total do solo e pela sua disponibilidade para a microbiota.

Nas demais avaliações, realizadas durante o ciclo das culturas de verão (07/02/1996, 12/11/1996 e 22/01/1997), além dos métodos de preparo do solo, também a profundidade do solo afetou significativamente o N da biomassa microbiana. Na terceira e quarta avaliações, observou-se, ainda, uma interação

entre os efeitos desses dois fatores, de modo que o efeito dos preparos do solo no N da biomassa esteve na dependência da profundidade de amostragem, e vice-versa. Na primeira avaliação, o N da biomassa diferiu significativamente entre os três métodos de preparo do solo, tendo sido maior no plantio direto, seguido pelo preparo reduzido. Os menores valores de N na biomassa microbiana foram verificados no preparo convencional, independentemente dos sistemas de culturas e da profundidade. Nessa avaliação, o N microbiano também foi cerca de 33% superior na camada de 0-5 cm, em relação à camada de 5-15 cm. Na terceira e quarta avaliações o N da biomassa microbiana, nos preparos do solo, diferiu apenas na camada superficial (0-5 cm). Dentro de cada preparo do solo, a concentração de N microbiano foi maior na camada de 0-5 cm, com exceção dos tratamentos sob preparo convencional, na quarta avaliação, cujas médias não diferiram entre as duas profundidades estudadas. O N microbiano correlacionou-se com o N orgânico total do solo, avaliado por Bayer (1996), nas três avaliações realizadas durante os ciclos das culturas de verão. Segundo Salinas-Garcia et al. (1997), os baixos valores de N da biomassa microbiana são, freqüentemente, uma resposta à redução na disponibilidade de N.

A interação entre os métodos de preparo do solo e a profundidade de amostragem, verificada nas avaliações realizadas no verão, também pode estar associada a fatores ambientais. O preparo convencional apresentou os valores mais baixos de umidade, em todas as avaliações. Além de constituir uma fonte de C orgânico e nutrientes, os resíduos mantidos na superfície, segundo Salton & Mielniczuk (1995), resultam em menores variações de temperatura e umidade do solo.

Na terceira e quarta avaliações, também foram verificadas interações entre os sistemas de culturas e as profundidades de amostragem (Quadro 2). Na camada de 0-5 cm, o N da biomassa foi maior do que na de 5-15 cm, nos dois sistemas de culturas, nas duas avaliações. A presença de leguminosas aumentou significativamente o conteúdo de N na biomassa, na profundidade de 0-5 cm, na terceira avaliação. Nessa avaliação, realizada 20 dias após o preparo do solo, o N da biomassa microbiana no sistema aveia + vica/milho + caupi, na camada de 0-5 cm, foi 60% superior ao verificado no sistema aveia + vica, na mesma camada. Após 90 dias, na quarta avaliação, não houve diferenças na quantidade de N da biomassa entre os dois sistemas. A degradação dos resíduos das culturas de inverno e a sua conversão em N microbiano foram influenciadas pela qualidade dos resíduos. A taxa de decomposição dos resíduos depende da relação C:N e, principalmente, da composição bioquímica dos resíduos. Os resíduos de leguminosas, como a vica, são degradados mais rapidamente do que resíduos de cereais, como a aveia. Broder & Wagner (1988)

Quadro 2. Nitrogênio da biomassa microbiana, estimado por fumigação-incubação, em sucessões de culturas e em duas profundidades, na terceira e quarta épocas de amostragem. Média de três repetições e três métodos de preparo do solo

Cultura	Profundidade (cm)	
	0-5	5-15
———— mg kg ⁻¹ ————		
3ª avaliação		
Aveia/milho	37 bA	25 aB
Aveia + vica/milho + caupi	59 aA	28 aB
4ª avaliação		
Aveia/milho	41 aA	35 aB
Aveia + vica/milho + caupi	50 aA	31 aB

Valores seguidos pela mesma letra minúscula, nas colunas, e maiúscula, nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5%.

verificaram uma perda de 68% da massa de um resíduo de soja após 32 dias, enquanto, no mesmo período, o resíduo de trigo perdeu apenas 47% de sua massa. Na terceira avaliação, 20 dias após os preparos do solo, os resíduos de vica estavam, provavelmente, sendo rapidamente utilizados pela microbiota. Na quarta avaliação, a maior parte dos resíduos de vica já teria sido decomposta, restando, nos dois sistemas, os resíduos de aveia, mais ricos em lignina.

Nitrogênio da biomassa microbiana estimado pelo método de fumigação-extração

O N da biomassa microbiana foi avaliado por FE na terceira e quarta avaliações, após os preparos de solo para as culturas de verão. Nessa situação, com a presença de resíduos vegetais, o método de FI pode ser problemático, segundo Ocio & Brookes (1990). Nas duas avaliações, os métodos de FI e FE apresentaram correlações positivas, significativas a 1% ($r = 0,74$, na terceira avaliação, e $r = 0,79$, na quarta). O método de FE, porém, teve coeficientes de variação maiores. Enquanto o método de FI apresentou coeficientes de variação de 18,61%, na terceira avaliação, e de 13,86%, na quarta, o método de FE apresentou 21,65 e 23,84%, na terceira e quarta avaliações, respectivamente.

Assim como na avaliação pelo método de FI, foram encontradas interações significativas entre os métodos de preparo do solo e as profundidades de amostragem, nas duas avaliações (Quadro 3), e entre os sistemas de sucessões de culturas e as profundidades, na terceira avaliação (Quadro 4). Porém, ao contrário do verificado por meio da análise pelo método de FI, na quarta avaliação, houve efeito

dos sistemas de culturas sobre o N da biomassa, independentemente da profundidade. Nas duas épocas de avaliações, a concentração de N da biomassa foi maior na camada superficial no plantio direto, como na estimativa pelo método de FI. Na camada subsuperficial, não houve diferenças no N da biomassa entre os sistemas de preparos. Tais resultados refletem a condição mais favorável, em termos de disponibilidade de substratos e condições de umidade e temperatura, existentes nos primeiros centímetros do solo no plantio direto, como discutido anteriormente.

As maiores quantidades de N microbiano no plantio direto e no preparo reduzido podem indicar maior capacidade de imobilização de nitrogênio nesses sistemas. Para Doran (1980), a eficiência na utilização do N pelas plantas é menor no plantio direto, em parte decorrente da maior imobilização microbiana. Carter & Rennie (1982) também verificaram maior imobilização de N no plantio direto. Os sistemas com menor revolvimento do solo, com manutenção de resíduos vegetais na superfície, aumentam a disponibilidade de substratos nos primeiros centímetros do solo, possibilitando maior concentração de nutrientes na biomassa microbiana (Salinas-García et al., 1997). O plantio direto apresenta, ainda, maior potencial de desnitrificação, levando à maior necessidade de adubação nitrogenada (Doran, 1980). Por outro lado, o aumento da mobilização do solo resulta em decréscimo da capacidade de imobilizar e conservar o N (Follet & Schimel, 1989), levando a maiores perdas por lixiviação. Além disto, a imobilização de N pela biomassa é temporária. Na medida em que ocorre a morte dos microrganismos, estes são mineralizados

Quadro 3. Nitrogênio da biomassa microbiana, estimado por fumigação-extração, em diferentes preparos do solo e em duas profundidades, nas quatro avaliações. Média de três repetições e duas sucessões de culturas

Preparo	Profundidade (cm)	
	0-5	5-15
———— mg kg ⁻¹ ————		
3ª avaliação		
Plantio direto	49 aA	23 aB
Reduzido	32 bA	25 aA
Convencional	25 bA	32 aA
4ª avaliação		
Plantio direto	43 aA	25 aB
Reduzido	34 aA	22 aB
Convencional	20 bA	24 aA

Valores seguidos pela mesma letra minúscula, nas colunas, e maiúscula, nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5%.

Quadro 4. Nitrogênio da biomassa microbiana, estimado por fumigação-extração, em sucessões de culturas e em duas profundidades, nas quatro avaliações. Média de três repetições e três métodos de preparo do solo

Cultura	Profundidade (cm)		
	0-5	5-15	Média
———— mg kg ⁻¹ ————			
3ª avaliação			
Aveia/milho	28 bA	27 aA	27
Aveia + vica/milho + caupi	42 aA	27 aB	34
Média	35	27	
4ª avaliação			
Aveia/milho	26	20	23 b
Aveia + vica/milho + caupi	38	27	33 a
Média	33 A	23 B	

Valores seguidos pela mesma letra minúscula, nas colunas, e maiúscula, nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5%.

pelo restante da biomassa, liberando os nutrientes imobilizados. Bonde et al. (1988) afirmam que a biomassa microbiana é uma parte variável, mas importante, do N potencialmente mineralizável. Esses autores verificaram que 55-89% do N mineralizado durante 40 semanas de incubação era derivado da biomassa microbiana. Whitmore (1996), por sua vez, descreveu um modelo para a cinética da decomposição do N da biomassa microbiana, em que a taxa de decomposição é maior, na medida em que a biomassa microbiana e as interações entre os microrganismos aumentam. Assim, quanto maior o conteúdo de N na biomassa microbiana, mais rápida será a sua ciclagem.

Com relação aos efeitos dos sistemas de culturas sobre o N microbiano (Quadro 4), verificaram-se os maiores valores no sistema aveia + vica/milho + caupi, nas duas avaliações. Foi possível observar maior concentração de N microbiano no sistema com leguminosas e na camada de 0-5 cm, por meio dos dois métodos. Porém, na quarta avaliação, não houve interação entre os fatores profundidade e sistemas de culturas na avaliação por FE. Podem-se notar, nas duas avaliações, valores menores para o N da biomassa microbiana com o método de FE. Neste trabalho, utilizou-se o fator k_N 0,57, proposto por Jenkinson (1988), para o cálculo do N da biomassa por FI. Para o cálculo por FE, adotou-se o fator k_{EN} 0,54, proposto por Brookes et al. (1985). Esses fatores têm ampla aceitação, sendo os mais usados atualmente. Todavia, o fator k_{EN} 0,54 foi proposto

baseado no fator k_N 0,68 (Shen et al., 1984), o qual resulta em valores menores de N da biomassa, em comparação com o k_N 0,57. Para obter valores de N da biomassa microbiana mais próximos entre os dois métodos, poderia ter sido adotado o fator k_N 0,68, ou calculado novo valor para k_{EN} baseado no fator k_N 0,57, como adotado por Aoyama & Nozawa (1993). No entanto, optou-se pela adoção dos fatores de conversão mais aceitos atualmente.

Ao contrário do observado por Ocio & Brookes (1990), a disponibilidade de resíduos com relação C:N alta (palha de aveia) não afetou a estimativa do N por FI. Isto pode ser explicado pelo fato de os autores terem adicionado palha moída e peneirada ao solo antes da incubação. Naquele experimento, tanto nas amostras fumigadas como nas não fumigadas, houve grande imobilização de N, levando à menor extração de N mineral do solo. Os valores calculados de N da biomassa foram extremamente baixos ou mesmo negativos. No presente trabalho, o solo foi peneirado previamente, eliminando-se a maior parte dos resíduos vegetais. A eliminação completa é praticamente impossível, uma vez que as raízes mais finas e outros resíduos menores acabam passando através da malha. Mas, além de aumentar a eficiência da fumigação (Lynch & Panting, 1980), a uniformização das amostras parece ter contornado o problema de imobilização do N devido à presença de palha de aveia. Os menores coeficientes de variação do método de FI indicam a sua aplicabilidade para o estudo de sistemas de manejo, mesmo após os preparos do solo e a incorporação recente de materiais com ampla relação C:N. O método de FI apresenta, ainda, como vantagem, a possibilidade de avaliar, simultaneamente com o C e o N da biomassa, a atividade microbiana potencial. Porém, em estudos como o de Ocio & Brookes (1990), em que os resíduos são incubados junto com o solo, o método de FE seria o mais indicado.

CONCLUSÕES

1. O nitrogênio da biomassa microbiana apresentou uma distribuição diferenciada nas camadas de 0-5 e 5-15 cm em função dos manejos. As diferenças no N da biomassa microbiana, entre os sistemas de manejo, foram mais pronunciadas na camada de 0-5 cm. Nessa camada de solo, observaram-se os maiores valores de N microbiano no plantio direto e no sistema aveia + vica/ milho + caupi, com os dois métodos utilizados.

2. O método de fumigação-incubação (FI) apresentou os menores coeficientes de variação, tendo sido considerado aplicável para a análise de N da biomassa microbiana em sistemas de manejo do solo.

AGRADECIMENTO

Ao professor João Mielniczuk, pelas sugestões e pela possibilidade de uso da área experimental para a realização deste trabalho.

LITERATURA CITADA

- ANDERSON, J.P.E. & DOMSCH, K.H. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. *Soil Sci.*, 130:211-216, 1980.
- ANGERS, D.A.; PESANT, A. & VIGNEUX, J. Early cropping-induced changes in soil aggregation, organic matter, and microbial biomass. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56:115-119, 1992.
- ANGERS, D.A.; BISSONNETTE, N.; LÈGÈRE, A. & SAMSOM, N. Microbial and biochemical changes induced by rotation and tillage in a soil under barley production. *Can. J. Soil Sci.*, 73:39-50, 1993.
- AOYAMA, M. & NOZAWA, T. Microbial biomass nitrogen and mineralization-immobilization processes of nitrogen in soils incubated with various organic materials. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 39:23-32, 1993.
- BAYER, C. Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 240p. (Tese de Doutorado)
- BONDE, T.A.; SCHNÜRER, J. & ROSSWALL, T. Microbial biomass as a fraction of potentially mineralizable nitrogen in soils from long-term field experiments. *Soil Biol. Biochem.*, 20:447-452, 1988.
- BRODER, M.W. & WAGNER, G.H. Microbial colonization and decomposition of corn, wheat, and soybean residue. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:112-117, 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 soil microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biol. Biochem.*, 17:837-842, 1985.
- CARTER, M.R. & RENNIE, D.A. Changes in soil quality under zero tillage farming systems: distribution of microbial biomass and mineralizable C and N potentials. *Can. J. Soil Sci.*, 62:587-597, 1982.
- DORAN, J.W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:518-524, 1980.
- FOLLETT, R.F. & SCHIMMEL, D.S. Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53:1091-1096, 1989.
- JENKINSON, D.S. Determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: WILSON, J.R. ed. *Advances in nitrogen cycling in agricultural systems*. Wallingford: CAB International, 1988. p.368-386.
- JENKINSON, D.S. & LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A. & LADD, J.N. eds. *Soil biochemistry*. New York: Merceel Dekker, 1981. v.5. p.415-471.
- JENKINSON, D.S. & POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 8:209-213, 1976.
- LYNCH, J.M. & PANTING, L.M. Cultivation and the soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 12:29-33, 1980.
- MARUMOTO, T.; ANDERSON, J.P.E. & DOMSCH, K.H. Mineralization of nutrients from soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 14:469-475, 1982.
- MENGEL, K. Turnover of nitrogen in soil and its availability to crops. *Plant Soil*, 181:83-93, 1996.
- OCIO, J.A. & BROOKES, P.C. An evaluation of methods for measuring biomass in soils following recent additions of wheat straw and the characterization of the biomass that develops. *Soil Biol. Biochem.*, 22:685-694, 1990.
- SALINAS-GARCIA, J.R.; HONS, F.M. & MATOCHA, J.E. Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:152-159, 1997.
- SALTON, J.C. & MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). *R. Bras. Ci. Solo*, 19:313-319, 1995.
- SHEN, S.M.; PRUDEN, G. & JENKINSON, D.S. Mineralization and immobilization of nitrogen in fumigated soil and the measurement of microbial biomass nitrogen. *Soil Biol. Biochem.*, 16:437-444, 1984.
- TEDESCO, J.M.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188 p. (Boletim técnico, 5)
- WHITMORE, A.P. Alternative kinetic laws to describe the turnover of the microbial biomass. *Plant Soil*, 181:169-173, 1996.