

EFEITO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA SOBRE AS FRAÇÕES DE CARBONO DE SOLOS CULTIVADOS COM ALFACE AMERICANA

Organic fertilizer effects upon carbon fractions from soils cultivated with iceberg lettuce

Edilene Carvalho Santos Marchi¹, Marco Antônio Rezende Alvarenga²,
Giuliano Marchi³, Carlos Alberto Silva⁴, Jarso Luiz de Souza Filho⁵

RESUMO

Avaliou-se, neste estudo, o efeito da aplicação de adubos orgânicos, minerais e calagem, nas frações húmica, fúlvica e nos teores de carbono orgânico de um Latossolo Vermelho e de um Cambissolo, cultivados com alface (americana). O experimento, realizado no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, foi constituído de cinco doses de material húmico (0, 20, 40, 100 e 200 L ha⁻¹), três tipos de adubação (composto orgânico, esterco de aves e mineral) e calagem (com e sem uso de calcário), em cinco repetições. No Cambissolo, a calagem contribuiu para a diminuição do teor de C orgânico nas áreas adubadas com fertilizante mineral e composto, e aumentou o armazenamento de C no solo adubado com esterco de aves. Em relação à adubação mineral, o uso de adubo orgânico aumentou os teores de C-fração ácido húmico e a relação C-húmico/fúlvico. No Latossolo, independente do tipo de adubação, o uso da calagem propiciou o armazenamento no solo de mais C do que o observado na área sem correção da acidez. Os efeitos da calagem e das fontes de nutrientes variaram em função da fração orgânica analisada ou das relações entre seus teores de carbono.

Termos para indexação: Adubo orgânico, ácido húmico e ácido fúlvico.

ABSTRACT

This study evaluated the effects of organic and mineral fertilizers and liming, on humic, fulvic, and organic carbon fractions of an Inceptisol and an Oxisol grown with lettuce. The experiment was carried out at the Soil Science Department of Federal University of Lavras, Minas Gerais state, Brazil. It was performed with 5 levels of soil conditioner (0, 20, 40, 100, 200 L ha⁻¹), 3 fertilizers (organic compost, chicken manure and mineral), and liming (present or absent) using five replications. In the Inceptisol essay, the liming contributed to a decrease in the organic-C content in the mineral and compost fertilized plots, and increased C-accumulation in the treatments under chicken manure. The organic fertilizer increased the content of C-humic acid and the relation C-humic/fulvic. In the Oxisol essay, the liming contributed to C-accumulation when related to the treatments without liming. Liming effects and fertilizers varied as a function of the analyzed organic fractions and C content.

Index terms: Organic fertilizer, humic acid and fulvic acid.

(Recebido em 20 de novembro de 2006 e aprovado em 11 de fevereiro de 2008)

INTRODUÇÃO

O cultivo do solo resulta, na maior parte das vezes, em um marcante declínio dos níveis de sua matéria orgânica (WANDER, 2004). Com isso, a utilização de adubos orgânicos e minerais, juntamente com a adoção de práticas de cultivo que visem ao aumento do aporte de matéria orgânica, nos sistemas agrícolas, é de grande importância por melhorar a fertilidade dos solos.

A biomassa microbiana, os resíduos vegetais em diferentes estágios de decomposição, as raízes e a fração

mais estável denominada húmus são componentes da matéria orgânica (CAMARGO et al., 1999). A fração denominada húmus abrange as frações ácido húmico e fúlvico e a humina. Essas substâncias podem ser caracterizadas como um complexo de compostos orgânicos de cor marrom, parda ou amarela, variada massa molar e complexidade química, que se extraem do solo por soluções alcalinas, sais neutros e solventes orgânicos (KONONOVA, 1982). O grande interesse por essas substâncias deve-se aos benefícios a elas associados. Os compostos húmicos aumentam a

¹Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitotecnia – Embrapa Cerrados/CPAC – Br 020, Km 18 – Cx. P. 08223 – 73310-970 – Planaltina, DF – edilenemarchi@yahoo.com.br

²Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitotecnia – Departamento de Agricultura/DAG – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – alvarengamarco@terra.com.br

³Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas – Embrapa Cerrados/CPAC – Br 020, Km 18 – Cx. P. 08223 – 73310-970 – Planaltina, DF – giuliano.marchi@cpac.embrapa.br

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas – Departamento de Ciência do Solo/DCS – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – csilva@ufla.br

⁵Engenheiro Agrônomo – Departamento de Agricultura/DAG – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – souza_two@hotmail.com

capacidade de troca de cátions, estimulam a atividade microbiana e aumentam a capacidade do solo complexar e solubilizar íons (BIONDI et al., 1994).

Nos solos, a estrutura e a composição das substâncias húmicas parecem ser influenciadas, entre outros parâmetros, pelo material de origem, pela vegetação, pelo sistema de manejo e, sobretudo, pelo pH do solo. Portanto, o tipo de adubo e o uso da calagem exercem grande influência sobre os teores de carbono total e sobre os teores de carbono contido nas substâncias húmicas, uma vez que alteram o aporte de C ao solo, a síntese e ressíntese de substâncias orgânicas e a taxa de mineralização da matéria orgânica do solo.

Muitos produtos comerciais contendo substâncias húmicas estão, cada vez mais, sendo ofertados no mercado de insumos agrícolas. Em geral, esses produtos são derivados de minerais, como a lignita e carvão, turfas e resíduos orgânicos humificados. Poucos estudos de laboratório e de campo, com esses produtos comerciais, têm sido conduzidos. Dessa forma, há um requerimento por dados de pesquisa sobre essas substâncias orgânicas (CHEN et al., 2004), para nortear o uso de produtos comerciais e de esterco e outros resíduos orgânicos, e avaliar a influência desses materiais na dinâmica das diferentes frações orgânicas do solo.

Objetivou-se, no presente trabalho estudar o efeito da aplicação de adubos orgânicos e minerais, na presença e na ausência de calagem, em combinação com diferentes doses de um material húmico comercial, sobre os teores de carbono orgânico (CO) e C-frações húmicas (C-AH), fúlvicas (C-AF) e relação C-AH/AF, em dois solos cultivados com alface.

MATERIALE MÉTODOS

Dois experimentos conduzidos em casa de vegetação foram implantados simultaneamente, o primeiro em vasos contendo Cambissolo, sob campo nativo de cerrado e o segundo em vasos contendo Latossolo Vermelho, sob mata nativa (Tabela 1). Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x3x2, sendo cinco doses de MH (0, 20, 40, 100 e 200 L ha⁻¹), três tipos de adubação (AM, composto ou EA) e dois modos de manejo da calagem (com e sem uso de calcário), em cinco repetições, com um total de 150 vasos por experimento.

Os ensaios foram realizados em vasos plásticos, com 2,75 kg de solo, nos quais foram misturados calcário e adubos (orgânicos ou inorgânicos), incubados por 10 dias. A correção da acidez dos solos foi efetuada para elevar a

Tabela 1 – Atributos químicos e físicos dos solos utilizados nos ensaios.

| Atributos [§] | Cambissolo | Latossolo |
|---|------------|-----------|
| pH em água | 5,2 | 5,0 |
| P (mg dm ⁻³) | 0,6 | 0,6 |
| P remanescente (mg L ⁻¹) | 4,5 | 4,7 |
| K (mg dm ⁻³) | 12,0 | 33,0 |
| Ca (cmol _c dm ⁻³) | 0,8 | 0,4 |
| Mg (cmol _c dm ⁻³) | 0,2 | 0,2 |
| Al (cmol _c dm ⁻³) | 0,5 | 1,3 |
| H+Al (cmol _c dm ⁻³) | 3,2 | 9,8 |
| SB [#] (cmol _c dm ⁻³) | 1,0 | 0,7 |
| t* (cmol _c dm ⁻³) | 1,5 | 2,0 |
| T (cmol _c dm ⁻³) | 4,2 | 10,5 |
| V [¶] (%) | 24 | 7 |
| m [∇] (%) | 33 | 66 |
| Corg ^Δ (mg g ⁻¹) | 14,1 | 39,5 |
| Zn (mg dm ⁻³) | 0,3 | 0,6 |
| Fe (mg dm ⁻³) | 25 | 227 |
| Mn (mg dm ⁻³) | 8,1 | 7,6 |
| Cu (mg dm ⁻³) | 0,5 | 1,1 |
| B (mg dm ⁻³) | 0,5 | 0,5 |
| S-sulfato (mg dm ⁻³) | 4,9 | 8,0 |
| Areia (g kg ⁻¹) | 130 | 190 |
| Silte (g kg ⁻¹) | 280 | 120 |
| Argila (g kg ⁻¹) | 590 | 690 |

[§]Embrapa (1999); [#]SB = soma de bases; ^{*}t = capacidade de troca de cátions efetiva; [¶]T = capacidade de troca de cátions potencial; [¶]V = saturação por bases; [∇]m = saturação por alumínio; ^ΔCorg = carbono orgânico do solo.

saturação por bases a 60%. A esses solos foram adicionados dois tipos de adubos orgânicos, esterco de aves (EA), composto orgânico (CM) produzido a partir de restos culturais de diversas plantas e esterco de gado ou adubação mineral (AM) e cinco doses de material húmico (MH) (Tabela 2).

A quantidade de adubos orgânicos (54,83 g de CM kg⁻¹ de solo ou 24,19 g EA kg⁻¹ de solo) adicionada foi calculada visando suprir a dose de nitrogênio recomendada (300 mg N kg⁻¹), para ensaios de vaso (NOVAIS et al., 1991), considerando também o índice de conversão do N orgânico de 50% no solo (CFSEMG, 1999). Essas quantidades de adubos orgânicos adicionadas são equivalentes à adição de 7,02 mg C-CM g⁻¹ de solo e de 2,27 mg C-EA g⁻¹ solo.

Tabela 2 – Propriedades dos adubos orgânicos e do material húmico (MH) estudados.

| Propriedades [§] | CM | EA* | MH ^Δ |
|---------------------------------|-------|-------|-----------------|
| pH em água | 7,6 | 8,9 | 14,3 |
| N-total (g kg ⁻¹) | 12 | 25,8 | 4 |
| P (g kg ⁻¹) | 4,24 | 25,75 | 34,44 |
| K (g kg ⁻¹) | 6,81 | 22,28 | 37,12 |
| Ca (g kg ⁻¹) | 25,48 | 102,5 | 1,66 |
| Mg (g kg ⁻¹) | 3,02 | 6,12 | 0,26 |
| S-sulfato (g kg ⁻¹) | 5,23 | 5,23 | 7,5 |
| B (mg kg ⁻¹) | 106 | 35 | - |
| Cu (mg kg ⁻¹) | 43 | 68 | 0 |
| Fe (g kg ⁻¹) | 48,38 | 2,18 | 102,1 |
| Mn (mg kg ⁻¹) | 468 | 552 | 7,1 |
| Zn (mg kg ⁻¹) | 473 | 503 | 16,2 |
| Umidade (dag kg ⁻¹) | 6,16 | 16,58 | - |
| CO (mg g ⁻¹) | 128 | 94 | 59 |
| Densidade (g cm ⁻³) | - | - | 1,23 |

[§] Embrapa (1999); [#]CE = condutividade elétrica; ^{*}EA = esterco de aves; ^ΔMH = condicionador de solos.

A adubação mineral consistiu da adição de fósforo (superfosfato simples, 300 mg P kg⁻¹) previamente ao plantio. O nitrogênio (N-uréia, 300 mg N kg⁻¹) e o potássio (fosfato de potássio monobásico, 300 mg K kg⁻¹) foram fornecidos em quatro coberturas (a cada 7 dias a partir do transplantio). Os micronutrientes (0,5 mg de B kg⁻¹, 5,0 mg de Zn kg⁻¹, 1,5 mg de Cu kg⁻¹, 0,15 mg de Mo kg⁻¹) foram fornecidos de uma só vez, adicionados após o pegamento das mudas de alface.

O condicionador de solos, constituído por material húmico (MH) comercial composto de 229 g L⁻¹ de extrato húmico total, sendo 113 g L⁻¹ de ácidos húmicos e 116 g L⁻¹ de ácidos fúlvicos, na forma líquida, foi adicionado aos solos em cobertura, em solução preparada para fornecer as doses equivalentes a 20, 40, 100 e 200 L ha⁻¹. Dessa forma, foram fornecidas quantidades equivalentes a 0,9, 1,8, 4,5 e 9,1 mg de C g⁻¹ de solo.

A alface (americana cv. Raider) foi semeada em cinco de abril de 2005. As mudas foram transplantadas para vasos, 35 dias após a germinação, quando as mudas se encontravam com quatro folhas. Nesses vasos, permaneceram por 65 dias até a colheita. Após a colheita, foi retirada uma amostra composta de solo, num total de 3 repetições para cada tratamento, totalizando 450 amostras analisadas por experimento. Após a coleta, as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas (65 mesh). Nessas amostras, foram realizadas análises de CO (YEOMANS & BREEMNER, 1988), C-AH e C-AF (BENITES et al., 2003), em triplicata.

Os resultados obtidos nos dois ensaios foram submetidos à análise de variância, empregando-se o teste de F e os efeitos entre as interações adubo, calagem e doses de material húmico, quando significativos, foram comparados pelo teste de Scott Knott.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Cambissolo, houve interação significativa entre tipos de adubação e calagem somente para CO, enquanto que, no Latossolo, essa interação ocorreu para todas as características avaliadas.

As interações triplas, entre tipo de adubação, calagem e doses de MH não foram consideradas em virtude da pequena quantidade de C adicionada aos ensaios oriundos do MH. Isso se deve ao fato de que a maior dose (200 L ha⁻¹) forneceu apenas 9,1 mg C g⁻¹ solo, enquanto que o teor de C-orgânico contido nos solos 14,1 e 39,5 mg C g⁻¹ solo, para o Cambissolo e Latossolo, respectivamente (Tabela 1) e a quantidade de C adicionada junto aos adubos orgânicos (7,02 mg C-CM g⁻¹ solo e 2,27 mg C-EA g⁻¹ solo) são cerca de 1000 a 10.000 vezes maiores que os adicionados pelas doses de MH. Portanto, as doses de MH não influenciaram os resultados e a sua significância se deve, possivelmente, a outros fatores não controláveis, como, por exemplo, resíduos das raízes que se decompueram durante o cultivo da alface.

Ensaio conduzido no Cambissolo

Os dados de teor de CO no desdobramento tipo de adubação versus calagem, na ausência de calagem, demonstram que o CM foi o tratamento que resultou nas maiores médias de CO (Tabela 3). O composto orgânico apresenta maior relação C/N (128/12, g g⁻¹), em relação ao esterco de aves (94/25,8 g g⁻¹). Sua participação gerou maior teor de CO (7,02 mg C g⁻¹ solo) em relação ao esterco de aves (2,27 mg C g⁻¹ solo), porque foi necessária a adição de maior quantidade ao solo, para fornecer a mesma quantidade de nitrogênio para a cultura. No entanto, sob a influência da calagem, a adubação com EA resultou em teores de CO superior àquele encontrado no composto orgânico, enquanto os teores mais baixos foram encontrados nos tratamentos submetidos à adubação mineral (Tabela 3).

Com a calagem, os tratamentos CM e AM tiveram seus teores de C no solo reduzidos, provavelmente, por causa da dispersão causada pelo aumento de pH do solo e maior exposição da matéria orgânica à oxidação. Entretanto, o teor de C-orgânico do solo sob tratamento com EA aumentou, provavelmente, devido ao maior crescimento das plantas (média de 24,68 g de massa seca de parte aérea no EA e de 15,17 g no CM) e, conseqüentemente, ao sistema radicular muito mais vigoroso. De acordo com Farias et al. (2005), o teor de C do solo pode ter aumentado pela influência da liberação do C via exsudatos radiculares e decomposição de tecidos mortos de raízes.

A adubação com composto orgânico proporcionou as maiores médias para os teores de C-AH e para a relação C-AH/AF, seguido pela adubação com EA e adubação mineral, respectivamente (Tabela 4). Os teores de C-AF não diferiram entre si nas adubações com EA e na AM, sendo esses superiores aos apresentados no tratamento com composto orgânico.

O teor de C-AF no EA é mais elevado porque a relação C/N do CM (10,6 g g⁻¹) é maior do que no EA (3,6 g g⁻¹), portanto a velocidade de decomposição do CM foi mais lenta e gerou, provavelmente, menor teor de ácido fúlvico por unidade de carbono adicionado, sendo mais recalcitrante que o EA. A diferença na velocidade de decomposição desses fertilizantes orgânicos afeta a qualidade da matéria orgânica do solo.

A qualidade da matéria orgânica pode ser avaliada pela relação C-AH/AF (RIVERO et al., 1997). Segundo os autores, o aumento dessa relação é indicativo de um aumento no C, associado à fração húmica da matéria orgânica. A diferença na relação C-AH/AF, sob influência da calagem, deve-se, unicamente, aos teores de C-AH (Tabela 5). A calagem, apesar de aumentar a decomposição da matéria orgânica do solo, como nos estudos de Rangel-Castro et al. (2004), pode ter proporcionado maior crescimento de raízes, que se decomposaram e, provavelmente, causaram aumento nos teores de C-AH.

Tabela 3 – Valores médios de carbono orgânico (CO), sob efeito da interação tipo de adubação versus uso ou não da calagem, em ensaio conduzido no Cambissolo.

| | CM | EA [#] | AM* |
|-------------|----------------------------------|-----------------|--------|
| | C O (g kg ⁻¹ de solo) | | |
| Sem calagem | 17,5Aa [§] | 12,7Bb | 12,7Ab |
| Calagem | 14,7Bb | 16,5Aa | 10,2Bc |

[§]Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott; [#]EA-esterco de aves; *AM-adubação mineral.

Tabela 4 – Valores médios do carbono nas frações ácido húmico (C-AH), fúlvico (C-AF) e na relação carbono na fração ácido húmico/fúlvico (C-AH/AF), no estudo do tipo de adubação, no ensaio conduzido no Cambissolo.

| | C-AH | C-AF | C-AH/AF |
|-----------------|-----------------------------------|-------|---------|
| | (mg de C g ⁻¹ de solo) | | |
| CM | 1,22A [§] | 2,05B | 0,59A |
| EA [#] | 0,71B | 2,17A | 0,33B |
| AM* | 0,63C | 2,23A | 0,28C |

[§]Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada fração húmica avaliada, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott; [#]EA-esterco de aves; *AM-adubação mineral.

Ensaio conduzido no Latossolo

No desdobramento de tipo de adubação versus calagem (Tabela 6), na ausência de calagem, o teor de CO foi semelhante em todos os tipos de adubo utilizados. Isso demonstra que o teor inicial de C no Latossolo é importante em estudos de C, já que os teores de CO iniciais no solo eram elevados e não houve diferença entre os adubos aplicados. Com a calagem, os teores de C dos solos nos tratamentos EA e AM foram reduzidos, enquanto que sob CM não se alteraram. Isso sugere que o C, adicionado pela adubação com EA, foi mais rapidamente degradado com o uso da calagem, resultando em quantidade igual à da AM. Com o uso de um adubo orgânico mais recalcitrante que o EA, como o CM, o teor de CO se manteve constante, porém, o teor das frações (C-AH e C-AH) sob CM se modificou.

Enquanto os teores de CO foram semelhantes com e sem calagem no tratamento com CM, os teores de C-AH

reduziram com a calagem e, no sentido inverso, os teores C-AF aumentaram. Esse comportamento deve-se, possivelmente, à dispersão causada pela calagem e ao aumento da atividade microbiana no solo, fazendo com que parte do C-AH e do C-CM se degradasse contribuindo para aumentar a quantidade de C-AF.

O tratamento com EA indicou que os teores de C, em todas as formas (CO, C-AH e C-AF), foram mais elevados sem o uso da calagem. Isso sugere um efeito diferente do ocorrido com o CM. O teor elevado de nitrogênio nos ácidos fúlvicos e húmicos leva a uma mineralização acelerada dos resíduos vegetais (REINTAM et al., 2000). Como a relação C/N do EA foi menor (Tabela 2), sendo um material rico em N e a quantidade de C adicionada menor que no CM, a decomposição do adubo e a degradação das moléculas orgânicas e, talvez, até mesmo do C original do solo foram

Tabela 5 – Valores médios do carbono na fração ácido húmico (C-AH), e da relação entre as frações ácido húmico/fúlvico (C-AH/AF), no estudo da calagem, no ensaio conduzido no Cambissolo.

| | C-AH | C-AH/AF |
|-------------|-----------------------------------|---------|
| | (mg de C g ⁻¹ de solo) | |
| Sem calagem | 0,80B [§] | 0,37B |
| Calagem | 0,91A | 0,43A |

§Médias seguidas pela mesma letra na coluna para cada fração húmica não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knott.

Tabela 6 – Valores médios de carbono orgânico (CO), nas frações ácido húmico (C-AH) e fúlvico (C-AF) e na relação húmico/fúlvico (C-AH/AF), na interação tipo de adubação versus calagem, em função das adubações, calagem e doses de material húmico, no ensaio conduzido no Latossolo.

| | CM | EA [#] | AM [*] |
|-------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
| | (mg de C g ⁻¹ de solo) | | |
| | CO | | |
| Sem calagem | 38,5Aa [§] | 38,8Aa | 38,7Aa |
| Calagem | 38,8Aa | 36,6Bb | 36,6Bb |
| | C-AH | | |
| Sem calagem | 2,31Ab | 4,78Aa | 2,03Bc |
| Calagem | 2,08Bc | 3,30Bb | 4,25Aa |
| | C-AF | | |
| Sem calagem | 2,63Bc | 7,51Aa | 3,15Bb |
| Calagem | 2,96Ac | 5,13Bb | 6,81Aa |
| | C-AH/AF | | |
| Sem calagem | 0,71Ba | 0,64Ab | 0,64Ab |
| Calagem | 0,88Aa | 0,63Ab | 0,62Ab |

§Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha para cada fração húmica, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott. [#]EA-esterco de aves; ^{*}AM-adubação mineral.

mais rápidas resultando em teores menores de C no solo. Portanto, houve maior mineralização do C.

O aumento dos teores de ácidos fúlvicos pode estar relacionado com a quebra das frações ácido húmico e humina (MENDONÇA et al., 1991). O teor de CO da AM seguiu a mesma tendência do EA, entretanto suas frações (C-AH e C-AF) tiveram comportamento inverso ao EA, de forma que o tratamento com calagem resultou em teores mais elevados de C-AH e C-AF, que nos tratamentos com CM e EA. Isso sugere que a AM, por fornecer nutrientes mais prontamente disponíveis, como N-uréia, resultou em uma maior degradação da matéria orgânica, mas numa mineralização de C menor que no tratamento com EA.

A maior relação C-AH/AF foi observada na adubação com composto orgânico. Essa relação não foi significativamente diferente entre os tratamentos com EA e AM (Tabela 6). Segundo Rivero et al. (2004), ácidos fúlvicos são mais solúveis e reativos que os ácidos húmicos. Nesse ensaio, essa relação indica que a qualidade da matéria orgânica do EA e AM é melhor que a do CM, de forma que o C-AF predomina sobre o C-AH.

Apesar do CM apresentar uma relação C-AH/AF maior, o que seria indicativo de pior qualidade da matéria orgânica, na verdade, indica apenas que o CM apresenta decomposição mais lenta, de forma que, no manejo do solo ao longo do tempo, a adubação com CM pode significar em um maior aporte de C ao solo e uma melhoria em suas características, como retenção de água, aumento na CTC e melhora da estrutura, enquanto o EA e a AM fornecem nutrientes às plantas mais rapidamente e promovem uma maior degradação da matéria orgânica.

CONCLUSÕES

No Cambissolo, a calagem diminuiu o teor de C orgânico, nas parcelas adubadas com fertilizante mineral e CM e aumentou o armazenamento de C, no solo adubado com esterco de aves. Em relação à adubação mineral, o uso de adubo orgânico aumentou os teores de C-fração ácido húmico e a relação C-AH/AF.

No Latossolo, independente do tipo de adubação, a calagem contribuiu para armazenar no solo a mesma quantidade ou mais C do que a observada nas parcelas sem correção da acidez. Os efeitos da calagem e das fontes de nutrientes variaram em função da fração orgânica analisada ou das relações entre seus teores de carbono.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENITES, V. M.; MÁDARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado e de baixo custo.** Rio de Janeiro: Embrapa, 2003. 7 p. (Comunicado técnico, 16).

BIONDI, F. A.; FIGHOLIA, A.; INDIATI, R.; IZZA, C. Effects of fertilization with humic acids on soil and plant metabolism: a multidisciplinary approach: note III: phosphorus dynamics and behavior of some plant enzymatic activities. In: SENESI, N.; MIANO, T. M. **Humic substances in the global environment and implications on human health.** New York: Elsevier, 1994. p. 239-244.

CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; GUERRA, J. G. M. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, A. G.; CAMARGO, G. de A. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 27-37.

CHEN, Y.; NOBILI, M. de; AVIAD, T. Stimulatory effects of humic substances on plant growth. In: MAGDOFF, F.; WEIL, R. R. (Eds.). **Soil organic matter in sustainable agriculture.** London: [s.n.], 2004. p. 103-129.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa: UFV, 1999. 359 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de análises químicas de solos.** Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

FARIAS, E. P.; ZONTA, E.; CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. Aporte de carbono solúvel pelo sistema radicular de arroz e sua influência nos teores de substâncias húmicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 875-882, nov./dez. 2005.

KONONOVA, M. M. **Matéria orgánica del suelo: su naturaleza propiedades y metodos de investigación.** Barcelona: Oikos-Tau, 1982. 365 p.

MENDONÇA, E. S.; MOURA FILHO, W.; COSTA, L. M. Organic matter and chemical characteristics of aggregates from a Red-Yellow Latosol under natural forest, rubber plant, and grass in Brazil. In: WILSON, W. S. (Ed.). **Advances in soil organic matter research: the impact on agriculture and the environment**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1991. p. 185-195.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. E. L.; BARROS, N. F. Teores de nutrientes a serem adicionados ou atingidos em ensaios de vaso. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. [S.l.: s.n.], 1991. p. 195-195.

RANGEL-CASTRO, J. I.; PROSSER, J. I.; SCRIMGEOUR, C. M.; SMITH, P.; OSTLE, N.; INESON, P.; MEHARG, A.; KILLHAM, K. Carbon flow in an upland grassland: effect of liming on the flux of recently photosynthesized carbon to rhizosphere soil. **Global Change Biology**, Oxford, v. 10, n. 12, p. 2100-2108, Dec. 2004.

REINTAM, L.; KANN, J.; KAILAS, T.; KÄHRIK, R. Elemental composition of humic and fulvic acids in the

Epipedon of some Estonian soils. **Proceedings of the Estonian Academy of Scientific Chemistry**, Tartu, v. 49, p. 131-144, 2000.

RIVERO, C.; CHIRENJE, T.; MA, L. Q.; MARTINEZ, G. Influence of compost on soil organic matter quality under tropical conditions. **Geoderma**, Amsterdam, v. 123, n. 3/4, p. 355-361, Dec. 2004.

RIVERO, C.; PAOLINI, J.; SENESI, N.; D'ORAZIO, V. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos de crotalaria juncea sobre la calidad de la materia orgánica de un suelo. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Maracay, v. 23, n. 1, p. 77-93, jun. 1997.

WANDER, M. Soil organic matter fractions and their relevance to soil function. In: MAGDOFF, F.; WEIL, R. R. (Eds.). **Soil organic matter in sustainable agriculture**. London: [s.n.], 2004. p. 67-102.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science Plant Analysis**, New York, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.