



EFEITO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA SOBRE AS FRAÇÕES DE CARBONO DE SOLO CULTIVADO COM ALFACE AMERICANA

Giuliano Marchi¹; Edilene Carvalho Santos Marchi¹; Carlos Alberto Silva²; Jarso Luiz de Souza Filho²; Marco Antônio Rezende Alvarenga². ¹*Embrapa Cerrados, BR 020, Km 18, Caixa Postal 08223, 73010-970 Planaltina, DF. e-mail: giuliano.marchi@cpac.embrapa.br;* ²*Universidade Federal de Lavras, Campus universitário, 37200000, Lavras, MG.*

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

Introdução

São componentes da matéria orgânica do solo a biomassa microbiana, os resíduos vegetais em diferentes estágios de decomposição, as raízes e a fração mais estável denominada húmus (Camargo et al., 1999). O húmus é constituído pelas frações ácido húmico e fúlvico e a humina. O grande interesse por essas substâncias se deve aos benefícios como aumento na capacidade de troca de cátions, incremento da atividade microbiana e complexação e solubilização de íons (Biondi et al., 1994).

O material de origem do solo, a vegetação e o sistema de manejo condicionam a estrutura e a composição das substâncias húmicas. Logo, práticas de cultivo como a calagem e a fertilização mineral exercem grande influência sobre os teores de carbono total e sobre os teores de carbono contido nas substâncias húmicas, uma vez que alteram a adição de C ao solo, a ciclagem de substâncias orgânicas e a taxa de mineralização da matéria orgânica do solo.

Produtos comerciais considerados condicionadores de solo apresentam em sua composição substâncias húmicas, despertando grande interesse no setor agrícola. No entanto, existe uma carência de estudos sobre a eficiência desses produtos e de adubos orgânicos (estercos e compostos orgânicos) e seus efeitos nas frações orgânicas do solo para



que sejam criadas recomendações seguras para o uso agrícola dos produtos ofertados no mercado.

O presente trabalho teve por objetivo 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.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação em vasos contendo Latossolo Vermelho sob mata nativa de Cerrado. Utilizou-se o 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. Os atributos químicos do solo estudado apresentaram os seguintes valores: 5,2 pH (em água); P (0,6mg dm⁻³); P remanescente (4,5mg L⁻¹); K (12,0mg dm⁻³); Ca (0,8cmolc dm⁻³); Mg (0,2cmolc dm⁻³); Al (0,5cmolc dm⁻³); H+Al (3,2cmolc dm⁻³); SB (1,0cmolc dm⁻³); t (1,5cmolc dm⁻³); T (4,2cmolc dm⁻³); V (24%); m (33 %); Corg (14,1mg g⁻¹); Zn (0,3mg dm⁻³); Fe (25mg dm⁻³); Mn (8,1mg dm⁻³); Cu (0,5mg dm⁻³); B (0,5mg dm⁻³); S-sulfato (4,9mg dm⁻³); Areia (130g kg⁻¹); Silte (280g kg⁻¹); Argila (590g kg⁻¹) (Embrapa, 1999).

O ensaio foi realizado em vasos, 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 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 1).

Tabela 1 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 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.

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 transplante). 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 $9,1 \mu\text{g de C g}^{-1}$ 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 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 & Bremner, 1988), C-AH e C-AF (Benites et al., 2003), em triplicata.

Os resultados 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

Houve interação significativa entre tipos de adubação, doses de MH e calagem para todas as características avaliadas. No entanto, considerou-se apenas as interações duplas devido à 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 $9,1 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo, enquanto que o teor de C-orgânico contido no solo e $39,5 \text{ mg C g}^{-1}$ solo, e a quantidade de C adicionada via adubo orgânico foi muito maior. Portanto, as doses de MH não puderam influenciaram os resultados e a sua significância se deve, possivelmente, a outros fatores não controláveis, como, por exemplo, resíduos das raízes que se decompuseram durante o cultivo da alface.

No desdobramento de tipo de adubação versus calagem (Tabela 2), 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.

Tabela 2 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.

	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.



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. Este comportamento se deve, 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 mostrou 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 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 2). 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

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: Ed. SANTOS, A. G. e CAMARGO, G. de A. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 27-37.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Rio de Janeiro, R. J.). **Manual de análises químicas de solos.** Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia, 1999. 370 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**. 1991. p. 195-195.

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.