

## Qualidade biológica do solo de Cerrado cultivado com milho após adição de cama de frango, medida através da atividade de fosfatases ácida e alcalina

Márcia C. R. Oliveira<sup>1</sup>, Marco A. Noce<sup>2</sup>, José C. Cruz<sup>3</sup>, Gessilane Siqueira<sup>1</sup>, Giovanna Calazans<sup>1</sup> e Ivanildo E. Marriel<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Estudante Engenharia Ambiental, Centro Universitário Sete Lagoas, Estagiária na Embrapa Milho e Sorgo, Cx. Postal 151, 35.701-970, Sete Lagoas, MG; marciambiental@gmail.com, <sup>2</sup> Analista da Embrapa Milho e Sorgo; <sup>3</sup> Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

Palavras-chave: *Zea mays*, adubação orgânica, atividade enzimática.

### Introdução

O Brasil produziu em torno de 10,6 bilhões de frangos de corte durante o ano de 2009 (CONAB, 2010), o que resultou em aproximadamente 21,0 milhões de toneladas de dejetos (cama de frango). A quantidade de matéria orgânica e de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, presentes neste material pode torná-lo responsável por impactos ambientais negativos importantes, se não tratado ou usado adequadamente.

Atualmente, uma das formas indicadas para a reciclagem desse material, em razão de suas características químicas adequadas como fonte de nutrientes, é o seu uso na agricultura. E esta prática tem sido estimulada por entidades de pesquisa e de extensão rural, em particular, após a legislação em vigor, que impede seu uso como ingrediente de ração bovina.

O fósforo (P) em dejetos animais está presente nas formas orgânicas e inorgânicas. A proporção destas formas de fósforo e a natureza desta combinação dependem da espécie de animal e são consideradas fatores importantes para determinar a efetividade destes resíduos orgânicos como fontes de fósforo às culturas (TURNER, 2004).

O P na forma orgânica (Po) responde pela capacidade de suprimento deste nutriente para as plantas. Entretanto, a sua importância como fonte do nutriente para as plantas depende de uma série de reações no solo, mediadas por enzimas produzidas pelas plantas e, principalmente, pela microbiota do solo.

As enzimas fosfatases desempenham papel-chave na mineralização e ciclagem de P, catalisando a hidrólise de Po, tornando-o disponível para absorção pelas plantas (TABATABAI, 1994; ALEF et al., 1995; AMADOR et al., 1997). De acordo com os valores de pH para atividade ótima, as fosfatases são classificadas em fosfatase alcalina, pH 11 e fosfatase ácida, pH 6 (TABATABAI, 1994).

Os adubos orgânicos constituem excelentes recursos para sistemas de produção agrícola, como fontes de nutrientes e matéria orgânica, além de estimular os processos biológicos no solo, que contribuem para construção da fertilidade do solo. Entretanto, precauções são necessárias, quanto à qualidade do produto, à contaminação alimentar, ao desbalanceamento da fertilidade do solo e aos riscos de poluição, em particular por fósforo orgânico.

Como as enzimas catalisam as transformações bioquímicas no ambiente, em geral, medidas de atividades enzimáticas são úteis também como indicadoras de atividade



microbiológicas (DICK, 1984; BADIANE et al., 2001; DE LA PAZ JIMENES et al. 2002), bem como índice de qualidade do solo e de impactos ambientais.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a atividade das enzimas fosfatase ácida e alcalina em diferentes situações de adubação orgânica com cama de frango (CF), variando dosagem, modo de aplicação e associação com fósforo

## **Material e Métodos**

### **Coletas de amostras**

As amostras utilizadas foram coletadas em um experimento conduzido durante o verão 2009/2010, em Latossolo Vermelho Distrófico na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG. Utilizou-se a cultivar de milho BRS 1030, visando a produção de silagem. Foram testados 10 tratamentos em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições: (i) duas doses de cama de frango, 3 e 6,0 t/ha<sup>-1</sup> (ii) na presença e ausência de superfosfato simples (SSP), (iii) dois modos de aplicação, sulco e lanço. Além de dois tratamentos adicionais, sendo um constituído de adubação química (AQ), de acordo com análise química do solo (400 kg/ha<sup>-1</sup> 08:28:16 + Zn no plantio e 250 kg/ha<sup>-1</sup> de ureia + 100 kg/ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (KCl) em cobertura) e uma testemunha sem adubação e sem cama de frango duas doses de cama de frango.

As análises foram efetuadas em amostras de solo compostas peneiradas (malha de 2 mm), sendo cada amostra constituída de três subamostras das profundidades 0 a 10 e 10 a 20 cm. As profundidades foram consideradas subparcelas

### **Análises enzimáticas de fosfatase ácida e alcalina.**

A determinação da atividade da fosfatase foi efetuada de acordo com o método preconizado por Alef et al, (1995). Às amostras de 1 g de solo, foram adicionados tampão maleato 0,1M (pH 6,5) para análise da fosfatase ácida e tampão maleato 0,1M (pH 11,5) para análise da fosfatase alcalina, e 1 ml p-nitrofenil fosfato preparado nas mesmas soluções tampão. Após a incubação das amostras durante o período de 1 hora, a 37<sup>o</sup>C, adicionaram-se 4 ml de NaOH 0,5M e 1ml de CaCl<sub>2</sub> 0,5M. A partir da leitura das amostras, em espectrofotômetro a 400 nm, estimou-se a concentração de p-nitrofenol (PNP), com base em uma curva padrão com 0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 µg de PNP/ml. Os resultados da atividade das enzimas foram expressos em µg nitrofenol h<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> de solo.

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância utilizando-se o programa estatístico Sisvar. As médias foram comparadas pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

## **Resultados e Discussão**

Processos biológicos modulam e regulam a dinâmica e distribuição das formas de P no solo, e a reciclagem de P orgânico é importante para a disponibilidade de P para as plantas (STEWART; TIESSEN, 1987).

A Tabela 1 mostra os valores médios da atividade da enzima fosfatase alcalina do solo, em duas profundidades. Os resultados para a atividade da fosfatase alcalina mostraram



que houve diferença significativa ( $P>0,01$ ) para a atividade da enzima alcalina em função dos tratamentos e da camada do solo analisados. Entretanto, não foi significativa a interação entre os tratamentos e profundidade.

## Material e Métodos

Independentemente da profundidade, quando se aplicou apenas  $6\text{t/ha}^{-1}$  de cama de frango a lanço e sulco (T3 e 4, respectivamente), foi observada maior atividade da fosfatase alcalina, em relação a dosagem de apenas  $3\text{t/ha}^{-1}$  de cama de frango (T7 e 8). Na presença de adubo químico, a dosagem  $6\text{t/ha}^{-1}$  de cama de frango (T1 e 2) foi similar a dosagem de  $3\text{t/ha}^{-1}$  de cama na presença de fosfato (T5 e 6).

Não houve diferença da aplicação de cama de frango nas duas dosagens estudadas, quanto ao modo de aplicação: no sulco ou a lanço (T1 e 2, T3 e 4, T5 e 6 e T7 e 8).

A atividade da enzima fosfatase alcalina foi significativamente superior no tratamento que recebeu  $6\text{t/ha}^{-1}$  de cama de frango a lanço em relação aos tratamentos testemunha, adubação química, apenas a aplicação de cama de frango na dosagem de  $3\text{t/ha}^{-1}$  e a aplicação de  $6\text{t/ha}^{-1}$  de fosfato juntamente com o fosfato.

Na menor dosagem de cama de frango, a associação com a aplicação de fosfato mostrou uma tendência de maiores valores da fosfatase alcalina. Por outro lado, essa tendência foi inversa quando a maior dosagem de cama de frango foi associada ao fosfato.

Houve uma tendência de obter maiores valores na fosfatase alcalina nos tratamentos que receberam  $6\text{t/ha}^{-1}$  de cama de frango associados ou não ao fosfato e nos tratamentos que receberam  $3\text{t/ha}^{-1}$  de cama de frango mais fosfato. Uma exceção foi o tratamento que recebeu  $6\text{t/ha}^{-1}$  de cama de frango no sulco mais fosfato.

Tabela 1. Atividade da enzima fosfatase alcalina, em  $\mu\text{g pNNP h}^{-1} \text{g}^{-1}$  de solo, em função da quantidade e modo de aplicação de cama de frango (CF), associado ou não à aplicação de superfosfato simples (SSP), em duas profundidades do solo. Valores médios de três repetições.

Tratamentos	Profundidade		Média
	0 a 20 cm	20 a 40 cm	
	$\mu\text{g pNNP h}^{-1} \text{g}^{-1}$		$\mu\text{g pNNP h}^{-1} \text{g}^{-1}$
T1-CF Lanço $6,0\text{ t ha}^{-1}$ + SSP	1.662	1.469	1.565AB
T2-CF Sulco $6,0\text{ t ha}^{-1}$ + SSP	1.209	753	981B
T3- CFLanço $6,0\text{ t ha}^{-1}$	2.215	1.318	1.767A
T4- CF Sulco $6,0\text{ t ha}^{-1}$	1.586	761	1.174AB
T5- CF Lanço $3,0\text{ t ha}^{-1}$ + SSP	1.682	1.326	1.504AB
T6- CF Sulco $3,0\text{ t ha}^{-1}$ + SSP	1.357	1.540	1.449AB
T7- CFLanço $3,0\text{ t ha}^{-1}$	1.233	969	1.101B
T8- CF Sulco $3,0\text{ t ha}^{-1}$	1.142	1.052	1.097B
T9- Adubação Química	1.097	970	1.034B
T10- Milho Sem Adubação	1.145	884	1.019B
Média	1.434a	1.104b	



Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados da análise estatística para a atividade da fosfatase ácida mostraram que houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) para os tratamentos de adubação. Entretanto, não foi significativa para profundidade e para a interação entre os tratamentos e profundidade (Tabela 2).

Não houve diferença significativa da atividade da fosfatase ácida, quanto ao modo de aplicação da cama de frango, independentemente da quantidade e da presença ou não de superfosfato simples. Já comparando a dosagem aplicada (T 1 x 5; T 2 x 6; T 3 x 7 e T 4 x 8), verifica-se que, com adição de superfosfato simples, não houve diferença entre os tratamentos (1 x 5 e 2 x 6). Entretanto, na ausência do SSP, houve diferença entre as doses de cama de frango e essa resposta também variou com o modo de aplicação do SSP. Quando a aplicação foi a lanço, a maior dosagem de cama de frango ( $6 \text{ t/ha}^{-1}$ ) promoveu maior atividade da fosfatase ácida ( $P < 0,01$ ) (T 3 x 7). Embora essa mesma tendência tenha ocorrido quando a cama de frango foi aplicada no sulco de plantio (T 4 x 8); a diferença entre as doses do adubos orgânico sobre a atividade da fosfatase ácida não foi significativa ( $P < 0,05$ ). Esses resultados foram similares ao que ocorreu com a fosfatase alcalina e concordam com dados da literatura, em que a atividade destas enzimas em solo sob sistema de manejo com resíduo orgânico é esperada ser mais elevada por causa da maior disponibilidade de carbono nestes ambientes. A atividade de fosfatase ácida e alcalina correlaciona-se positivamente com matéria orgânica em estudos diversos (GUAN, 1989). Além disso, a adição ao solo de compostos orgânicos que contêm enzimas estabilizadas certamente contribui para melhoria da fertilidade do solo (GARCIA et al, 1994)

O tratamento com menor dosagem de cama de frango a lanço, associado à aplicação de SSP apresentou a maior atividade da fosfatase ácida, embora não tenha diferido significativamente ( $P < 0,05$ ) dos valores da fosfatase encontrados nos tratamentos que receberam  $6 \text{ t/ha}^{-1}$ , aplicadas à lanço, com ou sem adição de SSP, e dos tratamentos que receberam  $3 \text{ t/ha}^{-1}$  mais SSP, independentemente do modo de aplicação da cama de frango.

Não houve diferença entre as testemunhas com adubação química e sem adubação.

Tabela 2. Atividade da enzima fosfatase ácida, em  $\mu\text{g}$  nitrofenol  $\text{h}^{-1} \text{g}^{-1}$  de solo, em função da quantidade e modo de aplicação de cama de frango (CF), associada ou não à aplicação de superfosfato simples (SSP), em duas profundidades do solo. Valores médios de três repetições.

Tratamentos	Profundidade		Média
	0-20 cm	20-40 cm	
	$\mu\text{g pNNP h}^{-1} \text{g}^{-1}$		$\mu\text{g pNNP h}^{-1} \text{g}^{-1}$
T1- CF Lanço $6,0 \text{ t/ha}^{-1}$ + SSP	3.432	2.711	3.071 BC
T2- CF Lanço $6,0 \text{ t/ha}^{-1}$ + SSP	2.650	2.878	2.764 BC
T3- CF Lanço $6,0 \text{ t/ha}^{-1}$	3.448	3.712	3.580 AB
T4- CF Sulco $6,0 \text{ t/ha}^{-1}$	3.601	3.602	3.602 AB
T5- CF Lanço $3,0 \text{ t/ha}^{-1}$ + SSP	4.509	4.163	4.336 A
T6- CF Sulco $3,0 \text{ t/ha}^{-1}$ + SSP	2.866	3.497	3.182 ABC



T7- CF Lanço 3,0 t/ha <sup>-1</sup>	2.339	2.096	2.217 C
T8- CF Sulco 3,0 t/ha <sup>-1</sup>	2.444	2.504	2.474 BC
T9- Adubação Química	2.711	2.296	2.503 BC
10- Milho Sem Adubação	2.543	2.619	2.581 BC
Média	3.054 a	3.008 a	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade.

## Conclusão

As atividades das enzimas são estimuladas na camada superficial do solo pela adição de cama de frango, independentemente da dosagem e do modo de aplicação.

A incorporação de SSP à cama de frango tende a reduzir a atividade da enzima fosfatase alcalina, enquanto estimula a fosfatase ácida.

A incorporação de SSP associada a cama de frango altera a dinâmica de P no solo.

## Referencias

ALEF, K.; NANNIPIERI, P.; TRASAR-CEPEDA, C. Phosphatase activity. In: ALEF, K., NANNIPIERI, P. (Ed.). **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. p. 335-336.

AMADOR, J. A.; GLUCKSMAN, A. M.; LYONS, J. B.; GORRES, J. H. Spatial distribution of soil phosphatase activity within a riparian forest. **Soil Science**, Baltimore, v. 162, p. 808-825, 1997.

BADIANE, N. N. Y.; CHOTTE, J. L.; PATE, E.; MASSE, D.; ROULAND, C. Use of soil enzymes to monitor soil quality in natural and improved fallows in semi-arid tropical regions. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 18, p. 229-238, 2001.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: quarto levantamento, janeiro/2010**. Brasília, 2010. 8 p. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/8graos\\_6.5.10.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/8graos_6.5.10.pdf)>. Acesso em: 4 maio 2010.

DE LA PAZ JIMENES, M.; DE LA HORRA, A. M.; PRUZZO, L.; PALMA, R. M. Soil quality: a new index based on microbiological and biochemical parameters. **Biology and Fertility of Soil**, v. 35, p. 302-306, 2002.

DICK, R. P. Influence of long-term tillage and crop rotation combinations on soil enzyme activities. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 48, p. 569-574, 1984.



GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; COSTA, F. Microbial activity in soils under Mediterranean environmental conditions. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 26, p. 1185-1191, 1994.

GUAN, S. Y. Studies on the factors influencing soil enzyme activities: effect of organic manures on soil enzyme activities and N and P transformations. **Acta Pedologica Sinica**, Peking, v. 26, p. 72-78, 1989.

MALCOLM, R. E. Assessment of phosphatase activity in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 15, p. 403-408, 1983.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399 p.

STEWART, J. W. B.; TIESSEN, H. Dynamics of soil organic phosphorus. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 4, p. 41-60, 1987.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: CHAIR, R. W. W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, P.; BENZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A.; WOLLUM, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 775-834. (Soil Science Society of America Book Series, 5). Part 2.

TURNER, B. L. Optimizing phosphorus characterization in animal manures by solution phosphorus-31 nuclear magnetic resonance spectroscopy. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 33, p. 757-766, 2004.

