

Avaliação da atividade de fosfatases em cultivo de milho adubado com fertilizantes granulados à base de cama de frango, rochas fosfatadas e microrganismos solubilizadores de fosfato

Bianca Braz Mattos⁽¹⁾; Christiane Abreu de Oliveira⁽²⁾; Ivanildo Evódio Marriel⁽³⁾; Marcos Vinícius Silva Damasceno⁽⁴⁾; Carlos Thiago Costa Figueiredo⁽⁵⁾; Flávia Cristina dos Santos⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Analista; Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo; Sete Lagoas, Minas Gerais; bianca.mattos@embrapa.br; ^{(2),(6)} Pesquisadora; Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo; ⁽³⁾ Pesquisador; Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo; ^{(4),(5)} Bolsista de apoio técnico Fapemig; Escola Técnica Municipal de Sete Lagoas.

RESUMO: O uso indiscriminado de fertilizantes fosfatados totalmente acidulados reflete na sustentabilidade e ameaça a segurança ambiental das culturas brasileiras. Visando uma alternativa sustentável para a adubação fosfatada, esse trabalho avaliou o efeito de diferentes formulações de fertilizantes organominerais, para o cultivo de milho, sobre a atividade de enzimas do grupo das fosfatases como indicador do seu impacto na ciclagem de fósforo do solo. Para isso, foi conduzido um experimento em casa de vegetação em três cultivos sucessivos de milho, utilizando 27 formulações de fertilizantes granulados (organominerais, minerais e orgânicos). O solo foi coletado durante os três cultivos e utilizado para a determinação da atividade enzimática de fosfatases. Através dos resultados obtidos, foi possível observar que, durante o primeiro cultivo, os tratamentos contendo organominerais apresentaram alterações na taxa de mineralização de fósforo no solo, com aumento significativo da atividade de fosfatases ácidas. No primeiro cultivo, a atividade enzimática variou de acordo com o tipo de rocha e com os microrganismos inoculados, sendo a formulação contendo cama de frango, fosfato de Itafós e as estirpes B2 mais B1 a mais eficiente na indução da atividade enzimática de fosfatases ácidas. Entretanto, não foi possível detectar diferença significativa entre os tratamentos durante os cultivos seguintes. Tendo isso, sugere-se que a adubação com fertilizantes organominerais é capaz de, em determinadas condições, induzir um aumento na taxa de mineralização de P no solo, no entanto, a perda da atividade após o primeiro cultivo sugere a necessidade de uma nova adubação ou aumento da inoculação de microrganismos durante rebrota.

Termos de indexação: Fertilizantes organominerais, Fosfato de rocha, Mineralização de P.

INTRODUÇÃO

O baixo nível de fósforo (P) disponível no solo é um dos fatores limitantes para a produção de grãos em regiões tropicais (LAPIDO-LOUREIRO, 1996).

Para alcançar uma produtividade de grãos satisfatória nessas regiões, é necessário corrigir a carência de P através da utilização de fertilizantes. Dentre as opções de fonte de P disponíveis no mercado, os fertilizantes fosfatados totalmente acidulados ocupam posição de destaque, sendo frequentemente utilizados para a correção do solo (PROCHNOW et al., 2004). No entanto, o uso indiscriminado de adubos fosfatados solúveis reduz a sustentabilidade e ameaça a segurança ambiental das culturas brasileiras. Em virtude disso, a busca por produtos que proporcionem à agricultura brasileira uma maior autonomia no mercado mundial de insumos tem aumentado. Os microrganismos são reconhecidos por sua habilidade em promover transformações bioquímicas dos nutrientes, através da produção de enzimas, podendo disponibilizar elementos nutritivos de interesse às plantas, principalmente N, P e S (PAUL; CLARK, 1989). Com relação aos compostos fosfatados, os microrganismos apresentam dois mecanismos de liberação de P solúvel: (1) solubilização do fósforo inorgânico e (2) mineralização do fósforo orgânico pela ação das enzimas fosfatases (BERTON, 1997).

O uso de fertilizantes organominerais de liberação lenta suplementados com microrganismos solubilizadores de fosfatos (MSP) tem sido apontado como alternativa promissora na adubação, uma vez que além de aumentar a produtividade do solo e as taxas de solubilização e mineralização de P, reduz o impacto ambiental da atividade agropecuária, sendo uma destinação limpa para os resíduos orgânicos gerados pela criação de aves, como a cama de frango e rejeitos agrícolas. Estudos recentes apontam que o uso de fertilizantes organominerais pode reduzir em até 10% o uso de insumos químicos na agricultura.

Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes formulações de organominerais de liberação lenta nas enzimas envolvidas na ciclagem de P do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Embrapa Milho e Sorgo. Os tratamentos foram as 27 formulações de fertilizantes granulados fosfatados com ou sem microrganismos, acrescidos de dois tratamentos controle, sem fósforo e com adubação de Super fosfato triplo (ST), conforme descrito na **Tabela 1**. Para o plantio do milho, foram utilizados vasos contendo 4 kg de Latossolo Vermelho Distroférrico típico, dispostos em delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

Plantio, adubação e amostragens

O plantio do milho (CMS 01) ocorreu após calagem e adubação com solução nutritiva contendo macro e micro nutrientes, exceto fósforo. A dose de P aplicada foi de 200 mg dm⁻³, na forma granulada constituindo-se da formulação com as rochas fosfatadas inoculadas com ou sem microrganismos solubilizadores, com ou sem adição de cama de frango (**Tabela 1**).

Para a análise enzimática, as amostras de solo foram coletadas manualmente, 45 dias após a semeadura, durante os três cultivos sucessivos. Posteriormente à coleta, as amostras foram peneiradas e pesadas para análise. A atividade das fosfatases ácida e alcalina foi determinada 45 dias após semeadura, segundo a análise colorimétrica proposta por Alef et al. (1995).

Delineamento e análise estatística

Os dados de atividade da fosfatase foram submetidos à análise de variância e, quando ocorreram diferenças significativas ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade utilizando-se o programa Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os processos biológicos impactam na dinâmica da distribuição das formas de P no solo e consequentemente na ciclagem deste nutriente (STEWART; TIESSEN, 1987).

As enzimas do grupo fosfatase desempenham papel-chave na mineralização e ciclagem de P, catalisando a hidrólise de Po e, desta forma, tornando-o disponível para absorção pelas plantas (TABATABAI, 1994; ALEF et al., 1995). As fosfatases podem ser classificadas de acordo com o valor de pH em que atinge a sua atividade ótima em fosfatase ácida (pH 6,0) e fosfatase alcalina (pH 11,0).

Neste trabalho, foi analisado o impacto da utilização de organominerais fosfatados na ciclagem de P, pela avaliação da atividade enzimática. Através dos resultados obtidos, foi possível observar que, durante o primeiro cultivo, a

adubação com organominerais alterou significativamente a atividade das fosfatases ácidas (**Figura 1**), não havendo diferença significativa para as fosfatases alcalinas (**Figura 2**).

Analisando o tipo de formulação testada, os organominerais à base de cama de frango e o fosfato de rocha Itafós provocaram um aumento significativo ($p < 0,05$) na atividade das fosfatases ácidas em todas as combinações durante o primeiro cultivo. No entanto, a formulação de cama de frango com fosfato de rocha Bayovar só foi capaz de promover aumento na atividade enzimática nos granulados não suplementados com microrganismos. Sugerindo uma melhor resposta dos microrganismos solubilizadores de P (MSP) ao fosfato de Itafós (**Figura 1**).

Entre os organominerais contendo cama de frango e fosfato de Itafós, o suplementado com as estirpes B2 mais B1 foi mais eficiente na indução da atividade enzimática, chegando a atingir uma atividade superior a 8000 µg p-nitrofenol h⁻¹ g⁻¹ de solo. Esses dados sugerem que o aumento na atividade enzimática é dependente não só da fonte de P, mas também do microrganismo utilizado na formulação (**Figura 1**).

O solo do primeiro cultivo adubado com ST, fertilizante acidulado, apresentou uma menor taxa de mineralização de P quando comparado com o solo adubado com as formulações de organominerais. Esse dado reflete um dos principais problemas associados ao uso de fertilizantes químicos. Quando fontes de fósforo de elevada solubilidade são adicionadas aos solos tropicais ácidos e de alta capacidade de fixação de P, são rapidamente convertidas em formas indisponíveis às plantas, podendo ter sua eficiência diminuída ao longo do tempo (PROCHNOW et al., 2004). O uso desse tipo de fertilizantes não estimula a mineralização de P no solo, gerando um acúmulo de P no complexo coloidal (argilas). Já o uso de fontes naturais reativas, como as rochas utilizadas na formulação dos organominerais testados, promovem solubilização gradual do P, limitando a adsorção específica pelas argilas (NOVAIS; MELLO, 2007) e proporcionam maior eficiência do fertilizante (SOUSA et al., 2008).

Nos demais pontos de coleta utilizados para análise do experimento, não houve diferença significativa entre os tratamentos (**Figuras 3 – 6**). Este fato sugere que a adubação com fertilizantes organominerais foi capaz de induzir o aumento da taxa de mineralização de P no solo durante o primeiro cultivo, no entanto, a perda da atividade nos cultivos subsequentes sugere a necessidade de uma nova adubação durante rebrota, como reinoculação de microrganismos.

Figuras e Tabelas

Tabela 1: Composição dos fertilizantes granulados utilizados no cultivo de milho CMS 01 em casa de vegetação

Tratamentos	Cama de Frango	Fonte de P	Microrganismo
1	X	X I	B3
2	X	X I	B1
3	X	X I	B2
4	X	X I	B2 + B1
5	X	X I	-
6	X	X B	B3
7	X	X B	B1
8	X	X B	B2
9	X	X B	B2 + B1
10	X	X B	-
11	-	X I	B3
12	-	X I	B1
13	-	X I	B2
14	-	X I	B2 + B1
15	-	X I	-
16	-	X B	B3
17	-	X B	B1
18	-	X B	B2
19	-	X B	B2 + B1
20	-	X B	-
21	X	-	B3
22	X	-	B1
23	X	-	B2
24	X	-	B2 + B1
25	X	-	-
26	-	-	-
27	-	ST	-

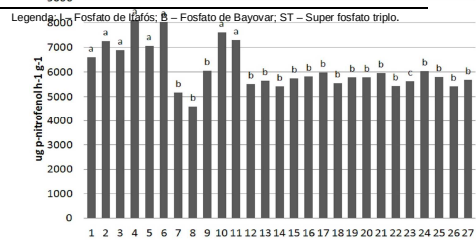


Figura 1. Atividade da fosfatase ácida no solo após primeiro cultivo de milho. Média de três repetições

seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, $p<0,05$.

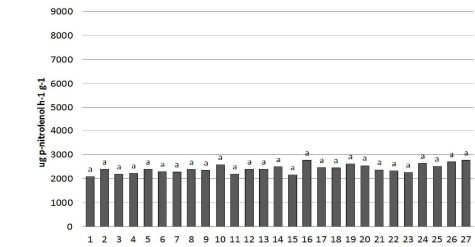


Figura 2. Atividade da fosfatase alcalina no solo após primeiro cultivo de milho. Média de três repetições seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, $p<0,05$.

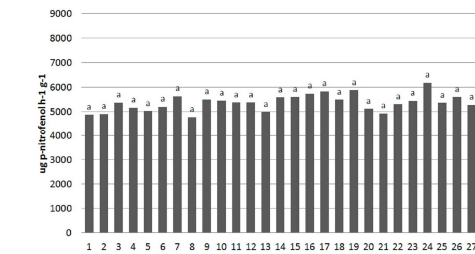


Figura 3. Atividade da fosfatase ácida no solo após segundo cultivo de milho. Média de três repetições seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, $p<0,05$.

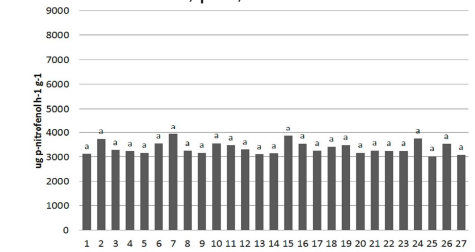


Figura 4. Atividade da fosfatase alcalina no solo após segundo cultivo de milho. Média de três repetições seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, $p < 0,05$.

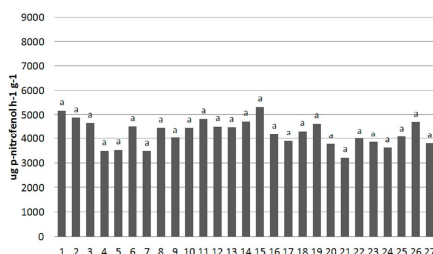


Figura 5. Atividade da fosfatase ácida no solo após terceiro cultivo de milho. Média de três repetições seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, $p < 0,05$.

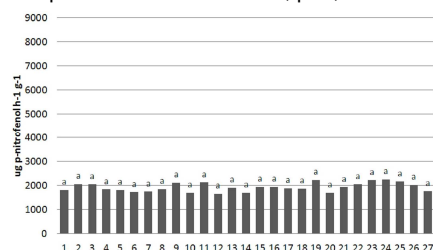


Figura 6. Atividade da fosfatase alcalina no solo após terceiro cultivo de milho. Média de três repetições seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, $p < 0,05$.

CONCLUSÕES

A utilização dos fertilizantes organominerais é capaz de aumentar a taxa de mineralização de P no solo, no entanto, a perda da atividade enzimática após o primeiro cultivo sugere a necessidade de reinoculação dos microrganismos durante a rebrota.

Estudos posteriores serão desenvolvidos para avaliar a eficiência desses organominerais no cultivo de milho em campo experimental.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Milho e Sorgo, ao CNPq e à Fapemig pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

ALEF, K.; NANNIPIERI, P.; TRAZAR-CEPEDA, C.; Phosphatase activity. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Ed.).

Methods in applied soil microbiology and biochemistry. London: Academic Press, 1995. p. 335-344.

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

BERTON, R. S. Adubação orgânica. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p. 30-35.

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 Soils**, Berlin, v. 35, p. 302-306, 2002.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: sistema de análise de variância: versão 5.3. Lavras: UFLA, 2010.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E. **A indústria de fosfatos no Brasil**: rumos alternativos para aproveitamento de subprodutos e redução de impactos ambientais. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, 1996.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta: propriedades físico-químicas do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.133-170.

PAUL, E. A.; CLARK F. E. **Soil microbiology and biochemistry**. Toronto: Academic Press, 1989.

PROCHNOW, L. I.; CHIEN, S. H.; CARMONA, G.; HENAO, J. Greenhouse evaluation of phosphorus sources produced from a low-reactive brazilian phosphate rock. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, n. 3, p. 761-768, 2004.

SOUSA, D. M. G. de; REIN, T. A.; ALBRECH, J. C. Resposta a gesso pela cultura do algodão cultivada em sistema de plantio direto em um latossolo de Cerrado. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, 9., 2008, Brasília, DF. **Anais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1 CD-ROM.

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

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: WEAVER, R. W. (Ed.). **Methods of soil analysis**: Part. 2. Microbial and biochemical properties. Madison: Soil Science Society of America, 1994.

