



Efeitos da Adubação Fosfatada e Resíduos Orgânicos na Atividade das Fosfatases em Neossolo Regolítico Cultivado com Milho⁽¹⁾

Uemeson José dos Santos⁽²⁾; Aline Oliveira Silva⁽³⁾; Gustavo Pereira Duda⁽⁴⁾; Arnaldo Joaquim de Souza Junior⁽⁵⁾ Erika Valente de Medeiros⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES.

⁽²⁾ Estudante de Mestrado em Produção Agrícola, Unidade Acadêmica de Garanhuns-UFRPE; Garanhuns, PE; uemeson.jose@hotmail.com ⁽³⁾ Estudante de Doutorado em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras-UFLA; Lavras, MG; alineoliveirasilva6@gmail.com. ⁽⁴⁾ Professor Associado da Unidade Acadêmica de Garanhuns-UFRPE; Garanhuns, PE; gpduda@gmail.com. ⁽⁵⁾ Estudante de Graduação em Agronomia, Unidade Acadêmica de Garanhuns-UFRPE; Garanhuns, PE; arnaldojoaquimsj@gmail.com. ⁽⁶⁾ Professora Adjunta da Unidade Acadêmica de Garanhuns-UFRPE; Garanhuns, PE; evmbio@gmail.com

RESUMO: A aplicação de fosfato natural com resíduos orgânicos é importante para a melhoria dos atributos microbiológicos do solo, por tornarem-se fontes de C estimulando a comunidade microbiana e sua atividade. Este trabalho teve como objetivo verificar o efeito de adubos fosfatados e amendoim forrageiro na atividade das fosfatases em neossolo regolítico cultivado com milho. O trabalho foi conduzido em Garanhuns-PE, em casa de vegetação. O tratamentos foram constituídos de Solo (controle - SOLO); Fosfato de Araxá (FA); Fosfobahia (FB); Fosfato de Gafsa (FG); Superfosfato Simples (SS); Termofosfato de Yorin (TF); Amendoim forrageiro (AF); Fosfato de Araxá + Amendoim forrageiro (FA+AF); Fosfobahia + Amendoim forrageiro (FB+AF); Fosfato de Gafsa + Amendoim forrageiro (FG+AF); Superfosfato Simples + Amendoim forrageiro (SS+AF); Termofosfato de Yorin + Amendoim forrageiro (TF+AF); Esterco bovino (EB); Fosfato de Araxá + Esterco bovino (FA+EB); Fosfobahia + Esterco bovino (FB+EB); Fosfato de Gafsa + Esterco bovino (FG+EB); Superfosfato Simples + Esterco bovino (SS+EB); Termofosfato de Yorin + Esterco bovino (TF+EB). Verificou-se maior atividade na fosfatase alcalina em relação à fosfatase ácida, para os dois sistemas de cultivos, com valores que chegaram a 34,65 e 37,75 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{h}^{-1}$ no primeiro e segundo cultivo respectivamente.

Termos de indexação: enzimas; fósforo.

INTRODUÇÃO

O fósforo apresenta um papel importante na condução da produtividade na agricultura. É um elemento estrutural de ácidos nucleicos e fosfolipídeos, sendo essencial na transferência de energia intracelular (Godin et al.; 2015). A dinâmica do fósforo no solo inicia-se com sua entrada na solução do solo na forma íons ortofosfato solúvel (PO_4^{3-}) com a lenta intemperização dos minerais primários (Filippelli, 2008). Esse íons por sua vez

são altamente reativos e tendem a precipitar com outros elementos como o Ca, Fe e Al ou ser adsorvido a superfície coloidal (Gyaneshwar et al., 2002). Com isso, a fração restante permanece em solução podendo ser incorporado a matéria orgânica e depois assimilado pelas plantas e microorganismos (Godin et al.; 2015).

Geralmente 30 a 50% de fósforo no solo é capturado de formas orgânicas (Kogel-Knaber, 2006; Richardson et al., 2009). Além disso, raízes de plantas e alguns microorganismos como bactérias e fungos originam uma série de fosfatases extracelulares que mineralizam o P orgânico, liberando íons ortofosfato no solo.

Os microrganismos desempenham um importante papel na transformação de P orgânico através da excreção de fosfatases, síntese e liberação de P_o e a solubilização de P em formas moderadamente solúveis (Oberson et al., 2001). Essas fosfatases podem ser ácidas ou alcalinas, de acordo com seu pH ótimo (Vincent et al., 1992). E tanto as raízes de plantas como fungos e bactérias possuem capacidade de produzir ambas enzimas (van Aarle e Plassard, 2010) Sendo a fosfatase alcalina produzida em menores quantidade por necessitarem de um substrato específico. (Eivazi e Tabatabai, 1977;

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de adubos fosfatados e amendoim forrageiro na atividade das fosfatases ácida e alcalina em um Neossolo regolítico cultivado com milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Garanhuns no Agreste do estado de Pernambuco, que possui um clima predominantemente tropical chuvoso com verão seco. O solo utilizado no experimento foi retirado de uma área sob cobertura natural de floresta xerófila, localizada no município de São João, na mesorregião do Agreste meridional do estado de Pernambuco, classificado como Neossolo Regolítico distrófico típico. Foi coletado a uma



profundidade de 0-0,20 m, posto para secar ao ar, peneirado em malha de 4 mm e distribuído em vasos de 7 kg.

A caracterização química foi realizada de acordo com a embrapa (2009), pH (4,85); Ca^{2+} (0,8); Mg^{2+} (0,45); Al^{3+} (0,3); K^{+} (0,14); Na^{+} (0,1) e $\text{H} + \text{Al}$ (1,88) todos em $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, enquanto P (1,55) mg Kg^{-1} .

Tratamentos e amostragens

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 18 tratamentos e quatro repetições, perfazendo um total de 72 unidades experimentais. A dose de fósforo utilizada foi a de 80 $\text{kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ conforme a recomendação do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA, 2008), para o tipo de solo e o teor de P apresentado no solo.

Os tratamentos foram: Solo (controle - SOLO); Fósforo de Araxá (FA); Fósforobahia (FB); Fósforo de Gafsa (FG); Superfósforo Simples (SS); Termofósforo de Yorin (TF); Amendoim forrageiro (AF); Fósforo de Araxá + Amendoim forrageiro (FA+AF); Fósforobahia + Amendoim forrageiro (FB+AF); Fósforo de Gafsa + Amendoim forrageiro (FG+AF); Superfósforo Simples + Amendoim forrageiro (SS+AF); Termofósforo de Yorin + Amendoim forrageiro (TF+AF); Esterco bovino (EB); Fósforo de Araxá + Esterco bovino (FA+EB); Fósforobahia + Esterco bovino (FB+EB); Fósforo de Gafsa + Esterco bovino (FG+EB); Superfósforo Simples + Esterco bovino (SS+EB); Termofósforo de Yorin + Esterco bovino (TF+EB).

As porcentagens de P_2O_5 em água de todas as fontes de fósforo utilizadas, que foram determinadas: FA 25,96 % de P_2O_5 ; FB 32,15 5 % de P_2O_5 ; FG 29,61 de P_2O_5 %; SS 18,02 de P_2O_5 %; TF 20,94 de P_2O_5 %. Nos resíduos foram determinados sua relação C:N, por meio da determinação dos teores de C e N, obtidos por combustão seca, em analisador elementar Perkin Elmer CNHS/O 2400, foram respectivamente 13,22:1 e 11,5:1 para amendoim forrageiro e esterco bovino. Os fósforos naturais e os resíduos orgânicos foram aplicados e misturados ao solo de forma uniforme, de maneira a permitir o máximo de contato com o solo.

O milho (variedade comercial 1058) foi semado em três sementes por vaso, sendo feito o desbaste aos 15 DAS (dias após a semeadura). A adubação com N e K foi realizada com base nos resultados da análise química do solo e na recomendação de adubação para a cultura, fracionada em duas etapas no início do primeiro cultivo, e no início do segundo cultivo (IPA, 2008), utilizando-se uréia e cloreto de potássio como fontes. As plantas foram irrigadas uma vez ao dia,

com água destilada, considerando a capacidade de pote do solo.

Aos 45 DAS às plantas de milho foram cortadas, sendo também retiradas amostras de solos, que foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas a 4 °C, para a realização das análises. Seguiu-se com o segundo cultivo, procedendo-se da mesma forma que o primeiro, onde as plantas de milho também permaneceram até os 45 DAS, após esse período outras amostras de solo também foram coletadas e armazenadas.

A determinação da atividade enzimática foi através das fosfatases ácida (Fos Ac) e alcalina (Fos Al) (EC 3.1.3), onde as amostras de solos foram incubadas com substrato específico para cada atividade, a atividade das enzimas fosfatase ácida e alcalina foram determinadas conforme a metodologia de Evazi e Tabatabai (1977), com p-nitrofenil fosfato como substrato; Os produtos liberados após a filtragem foi quantificada por colorimetria em comprimento específico para cada enzima, a absorvância dos produtos foi mensurada por espectrofotômetro (Libra S22, Biochrom, Cambridge, England).

Análise estatística

Os resultados das variáveis foram submetidos à análise da variância, as médias foram separadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa de estatística Sisvar (Ferreira, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os diferentes fósforos naturais, aplicados com o amendoim forrageiro e o esterco bovino, influenciaram na taxa das atividades das enzimas (fosfatases e uréase) do solo. Houve diferença significativa ($P > 0,05$) para os dois cultivos consecutivos (**Tabela 1**).

A atividade da fosfatase ácida variou de 10,55 a 17,18 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ no primeiro cultivo, já no segundo cultivo variou de 11,62 a 26,10 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$, tendo sido relativamente mais alta durante o 2º cultivo, com uma média geral de 18,15, enquanto no 1º foi de 13,46 (**Tabela 1**). No 1º cultivo foi maior para o tratamento TF com 17,17 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ sendo este valor superior aos demais; seguido desse os tratamentos TF+AF, FB+AF, FG+AF, FG+AF e FG foram os que apresentaram os melhores resultados, respectivamente. Para o 2º cultivo, as maiores atividades da fosfatase ácida foram os encontrados com FG e FA+AF, com respectivamente 26,10 e 25,56 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Nota-se que a aplicação de amendoim forrageiro associado as fontes de



fosfato elevou a atividade dessa enzima, indicando que está ocorrendo a decomposição da matéria orgânica no solo (Medeiros, et al. 2015) e, conseqüentemente, a mineralização do P no solo.

Quanto a fosfatase alcalina, no primeiro cultivo observou-se uma atividade de 12,86 a 34,65 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{h}^{-1}$ para (Tabela 1). O emprego de TF+EB e FG+EB levaram as maiores atividades dessa enzima com 34,65 e 34,43 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{h}^{-1}$ respectivamente, mostrando que a aplicação de esterco bovino elevou a atividade dessa enzima. No segundo cultivo a atividade da fosfatase alcalina foi de 12,38 a 37,75 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{h}^{-1}$ (Tabela 1), destacando SS+AF e FG+AF com 37,75 e 33,15 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{h}^{-1}$, indicando que a aplicação de amendoim forrageiro levou a um incremento no teor dessa enzima à medida que o processo de decomposição foi se intensificando.

Observou-se que a incorporação do amendoim forrageiro e do esterco ao solo junto com os fosfatos naturais promoveu aumento considerável na atividade da fosfatase ácida e alcalina do solo durante os dois cultivos (Tabela 1). Kotroczó et al. (2014) observaram que as atividades enzimáticas do solo são facilmente impulsionadas pelo carbono lábil, proveniente da rizosfera e de exudados das raízes, assim a manutenção dos resíduos da cultura sucessora ou a adição de material orgânico ao solo elevam as atividades.

CONCLUSÕES

A adição de amendoim forrageiro ou esterco bovino na aplicação de fosfatos promoveu alterações nas atividades e na estrutura da comunidade microbiana do solo.

As aplicações de amendoim forrageiro junto aos fosfatos naturais são um importante alternativa para melhoria da qualidade do solo cultivado com milho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e ao Programa de Pós Graduação em Produção Agrícola.

REFERÊNCIAS

CAVALCANTI, F. J. A. et al. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação. 3ª Ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, 2008. 212 p.

EIVAZI, F., TABATABAI, M.A. Phosphatases in soils. Soil Biology and Biochemistry 9:167-172. 1977.

EMBRAPA. Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2009. 627p.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Rev. Symp. (Lavras), 6: 36- 41. 2008.

FILIPPELLI, G.M. The global phosphorus cycle: past, present and future. Elements 4: 89-95. 2008.

GYANESHWAR, P., NARESH KUMAR, G., PAREKH, L.J., POOLE, P.S. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. Plant and Soil 245: 83-93. 2002.

KOGEL-KNABER, I. Chemical structure of organic N and organic P in soil. In: Nannipieri, P., Smalla, K. (Eds.), Nucleic Acids and Proteins in Soils. Springer Verlag, Berlin, p. 23-48. 2006.

KOTROCZÓ, Z., VERES, Z., FEKETE, I., KRÁKOMPERGER, Z., TÓTH, J.A., LAJTHA, K., TÓTHMÉRÉSZ, B. Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation. Soil Biology & Biochemistry, 70: 237-243, 2014

MEDEIROS, E. V.; NOTARO, K. A; BARROS, J. A.; MORAES, W. S.; SILVA, A. S.; MOREIRA, K. A. Absolute and specific enzymatic activities of sandy entisol from tropical dry forest, monoculture and intercropping areas. Soil & Tillage Research, 145: 208-215, 2015.

OBERSON, A., FRIESEN, D.K., RAO, I.M., BUECHLER, S., FROSSARD, E. Phosphorus transformations in an Oxisol under contrasting land-use systems: the role of the soil microbial biomass. Plant Soil 237: 197–210. 2001.

RICHARDSON, A.E., HOCKING, P.J., SIMPSON, R.J., GEORGE, T.S. Plant mechanisms to optimise access to soil phosphorus. Crop and Pasture Science 60: 124-143. 2009.

VAN AARLE, I.M., PLASSARD, C. Spatial distribution of phosphatase activity associated with ectomycorrhizal plants is related to soil type. Soil Biology and Biochemistry 42: 324-330. 2010

VICENT, J.B., CROWDER, M.W., AVERILL, B.A. Hydrolysis of phosphatase monoesters: a biological problem with multiple chemical solutions. Trends in Biochemical Science 17: 105-110. 1992.



Tabela 1: Atividades enzimáticas de Neossolo regolítico cultivado com milho com fontes de fosfatos associados a amendoim forrageiro e esterco bovino, em dois cultivos consecutivos.

TRAT	Fosfatase Ácida (mg p-nitrophenol g ⁻¹ h ⁻¹)		Fosfatase Alcalina (mg p-nitrophenol g ⁻¹ h ⁻¹)	
	1º Cultivo	2º Cultivo	1º Cultivo	2º Cultivo
Solo	13,52 c	13,00 c	31,98 b	27,01 b
FA	10,63 d	20,70 b	21,73 c	20,80 c
FB	10,78 d	18,48 b	12,86 d	20,13 b
FG	14,01 b	26,10 a	25,32 c	27,40 b
SS	10,55 d	15,66 b	23,85 c	17,99 c
TF	17,17 a	17,36 b	14,90 d	25,68 b
AF	12,43 c	17,50 b	26,32 c	12,76 d
FA+AF	13,10 c	25,10 a	13,41 d	23,70 b
FB+AF	15,21 b	16,85 b	28,29 b	13,28 d
FG+AF	14,70 b	18,31 b	24,44 c	33,14 a
SS+AF	14,64 b	11,61 c	25,37 c	37,75 a
TF+AF	15,75 b	16,16 b	29,32 b	13,37 d
EB	13,05 c	17,34 b	31,23 b	15,28 d
FA+EB	12,92 c	17,15 b	23,87 c	16,94 c
FB+EB	13,59 c	19,91 b	29,41 b	12,38 d
FG+EB	12,80 c	18,50 c	34,43 a	20,65 c
SS+EB	13,83 c	17,97 b	26,72 c	15,48 c
TF+EB	13,41 c	17,62 b	34,65 a	25,84 b
CV (%)	11,42	12,65	12,25	16,77

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre os tratamentos avaliadas pelo teste de Scott-Knott a 5%.

CV= coeficiente de variação. Solo= Controle; AF= Amendoim forrageiro; FA= Fosfato de Araxá; FB= Fosfobahia; FG= Fosfato de Gafsa; SS= Superfosfato Simples; TF= Termofosfato de Yorin; FA+AF= Fosfato de Araxá+Amendoim forrageiro; FB+AF= Fosfobahia+Amendoim forrageiro; FG+AF= Fosfato de Gafsa+Amendoim forrageiro; SS+AF= Superfosfato Simples+Amendoim forrageiro; TF+AF= Termofosfato de Yorin+Amendoim forrageiro; FA+EB= Fosfato de Araxá+Esterco bovino; FB+EB= Fosfobahia+Esterco bovino; FG+EB= Fosfato de Gafsa+Esterco bovino; SS+EB= Superfosfato Simples+Esterco bovino; TF+EB= Termofosfato de Yorin+ Esterco bovino; EB= Esterco bovino