



Fontes de fósforo com torta de filtro de cana-de-açúcar na atividade da fosfatase ácida em cana-planta

Alexson Filgueiras Dutra⁽¹⁾; Ricardo de Lima Vasconcelos⁽²⁾; Renato de Mello Prado⁽³⁾; Luiz Flávio José dos Santos⁽⁴⁾; João Martins Pizauro Júnior⁽⁵⁾; Hilário Júnior de Almeida⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n; CEP: 14884-900 - Jaboticabal, SP, email: alexsonbrejo@hotmail.com

⁽²⁾ Mestre em Agronomia (Ciência do Solo), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, ricardo-matao-sp@hotmail.com

⁽³⁾ Professor Doutor; Departamento de Solos e Adubos; Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; Jaboticabal, SP.

⁽⁴⁾ Doutorando em Biotecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; Instituto de Química; Araraquara, SP.

⁽⁵⁾ Professor Titular; Departamento de Tecnologia; Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; Jaboticabal, SP.

⁽⁶⁾ Doutor em Agronomia (Ciência do Solo) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; Jaboticabal, SP.

RESUMO: O fósforo é um nutriente que limita a produtividade da cana-de-açúcar por ter alta capacidade de adsorção nos solos, sendo necessária aplicação de elevadas doses de P. Assim, objetivou-se avaliar o efeito de fontes de P com torta de filtro de cana-de-açúcar na atividade da fosfatase ácida em cana-planta. O experimento foi realizado na Fazenda Santo Antônio, em Itajobi-SP, utilizando em delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 4 x 2, com três repetições. Os fatores foram compostos por três fontes de P: superfosfato triplo (41% de P₂O₅ em ácido cítrico), fosfato natural reativo Bayóvar (14% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico) e fosfato natural de Araxá (4% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico); quatro doses de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico (0, 90, 180 e 360 kg ha⁻¹) e ausência ou presença da torta de filtro (7,5 t ha⁻¹ em base seca). O uso da maior dose de P na forma de superfosfato triplo ou o uso desta fonte com a torta de filtro diminuiu a atividade da fosfatase ácida, indicando que esses tratamentos resultam em um suprimento adequado de P durante o metabolismo celular.

Termos de indexação: Saccharum officinarum L., superfosfato triplo, fosfato natural.

INTRODUÇÃO

A alta produtividade da cultura de cana-de-açúcar em regiões tropicais está relacionada à maior disponibilidade de fósforo, sendo a alta capacidade do solo na adsorção de P requer aplicação de altas doses de fertilizantes fosfatados, fato comum em diversos trabalhos empregando fonte do nutriente

com diferentes solubilidades (Caione et al., 2011; Simões Neto et al., 2012),

A torta de filtro além de ser fonte de P pode melhorar a eficiência da adubação fosfatada com aplicação de fertilizantes fosfatados minerais. A importância do P na planta decorre pelo seu papel na transferência de energia para sínteses orgânicas influenciando muitos processos bioquímicos, entre eles a atividade da fosfatase ácida (Besford, 1979; Kuwahara e Souza, 2009), a qual é uma enzima que apresenta sua atividade aumentada quando a planta está deficiente em P (Silva e Basso, 1993; Bovi et al., 1998), Portanto, dados da atividade da fosfatase ácida pode ser utilizada como método alternativo de diagnose foliar da cana-de-açúcar.

Os trabalhos que tratam da associação de fontes e doses de P com a torta de filtro na cana-planta são incipientes, especialmente aqueles específicos envolvendo aspectos bioquímicos, o que é motivo de preocupação quando se pretende atender as necessidades da cultura com eficiência nutricional. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito de fontes de P com torta de filtro de cana-de-açúcar na atividade da fosfatase ácida em cana-planta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no período de junho de 2011 a maio de 2012 na Fazenda Santo Antônio, município de Itajobi-SP. A região possui verão chuvoso e inverno seco, com temperatura média anual de 23,2 °C e precipitação pluvial média anual de 1.328 mm (Cepagri, 2012). A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB86 7515, caracterizada por ter alta velocidade de crescimento, porte alto,

hábito de crescimento ereto, alta densidade de colmo, teor de sacarose e produtividade agrícola elevados.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, textura média (Embrapa, 2006). Realizou-se análise química e granulométrica do solo conforme método de Raij et al. (2001) e Camargo et al. (2009), respectivamente (Tabela 1).

Tratamentos e amostragens

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 4 x 2, com três repetições. Os fatores foram compostos por três fontes de P: superfosfato triplo (41% de P₂O₅ em ácido cítrico), fosfato natural reativo Bayóvar (14% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico) e fosfato natural de Araxá (4% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico); quatro doses de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico (0, 90, 180 e 360 kg ha⁻¹) e ausência ou presença da torta de filtro (7,5 t ha⁻¹ em base seca).

A adubação de plantio e cobertura utilizada foi à recomendada por Spironello et al. (1997). A parcela experimental foi de 112,5 m², composta por cinco linhas de 15 m de comprimento e 1,5 m espaçadas entre si, utilizando-se apenas as três linhas centrais (área útil de 67,5 m²).

A caracterização química da torta de filtro foi realizada conforme Alcarde (2009), obtendo-se: N (total) = 3,4 g kg⁻¹; P₂O₅ (total) = 8,2 g kg⁻¹; P₂O₅ (solúvel ácido cítrico 2%) = 7,8 g kg⁻¹; K₂O = 2,2 g kg⁻¹; e CaO = 12,2 g kg⁻¹. Analisou-se o teor de matéria orgânica, utilizando-se metodologia de Walkley e Black (1934), obtendo-se: 304,7 g kg⁻¹. Foi adicionado o aditivo BioPack^{sc} que contém ácidos orgânicos e microrganismos solubilizadores de P na concentração de 800 mL do produto para compostagem de oito toneladas de torta de filtro.

Aos sete meses após o plantio, foram coletadas 12 folhas completamente desenvolvidas e saudáveis, para avaliação da atividade da fosfatase ácida na folha +1 de cana-de-açúcar, empregando a metodologia de Pizauro et al. (1988).

Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, com médias comparadas entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05), e análise de regressão para as doses de fósforo, utilizando-se o programa estatístico AgroEstat (Barbosa e Maldonado Júnior, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fosfatase ácida nas folhas de cana-de-açúcar foi afetada pela interação de torta de filtro com

fontes de fósforo e de fontes e doses do nutriente (Tabela 2). Visto que a atividade dessa enzima é considerada um indicador do estado nutricional das plantas, pois sua atividade aumenta à medida que se eleva a deficiência desse nutriente (McLachlan et al., 1987; Silva e Basso, 1993; Rossi e Monteiro, 1999; Yun e Kaeppler, 2001). A aplicação de fósforo na forma de superfosfato triplo e fosfato Bayóvar apresentaram as maiores reduções na atividade da fosfatase ácida em relação ao fosfato de Araxá (média de doses de P), especialmente quando associado à torta de filtro (Figura 1).

O superfosfato triplo associado à torta de filtro, ou as doses desta fonte promoveram a menor atividade da fosfatase ácida (Figura 1a e 1b). A maior redução na atividade desta enzima relaciona-se ao melhor suprimento de fósforo da cana-de-açúcar na folha, obtido com esta fonte, associada à torta de filtro, com 166,9 nmol min⁻¹mg⁻¹ (Figura 1a) e na maior dose, com 163,3 nmol min⁻¹mg⁻¹ (p ≤ 0,01) (Figura 1b).

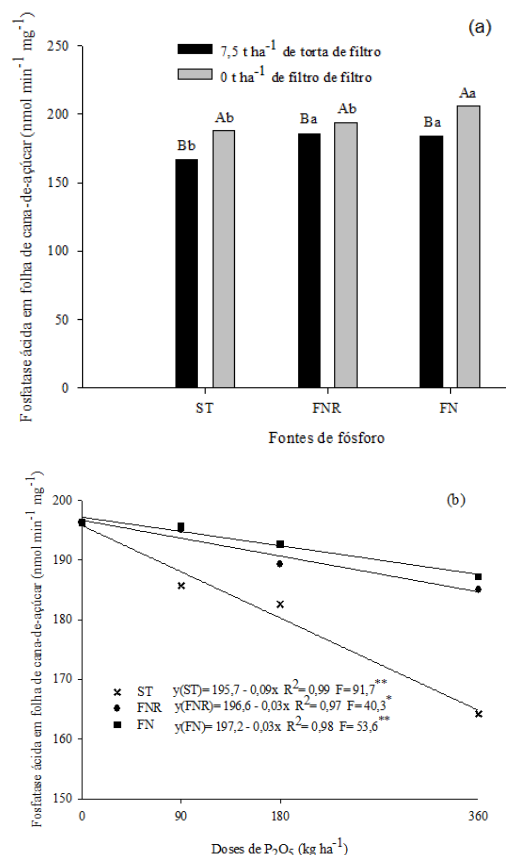


Figura 1. Atividade da fosfatase ácida na folha da cana-de-açúcar em função de fontes de P na ausência e presença da torta de filtro (a) e de doses de P na forma de Superfosfato Triplo - ST, Fosfato Natural Reativo Bayóvar – FNR e Fosfato Natural de Araxá - FN (b). Letras maiúsculas referem-se à



ausência e presença da torta de filtro e letras minúsculas referem-se às fontes de fósforo, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e DMS para torta de filtro (6,30) e para fontes de P (7,59).

CONCLUSÕES

O uso da maior dose de P na forma de superfosfato triplo ou o uso desta fonte com a torta de filtro diminuiu a atividade da fosfatase ácida, indicando que esses tratamentos resultam em um suprimento adequado de P durante o metabolismo celular.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. Manual de análise de fertilizantes. FEALQ. 2009, 279 p.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. AgroEstat: Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agrônomicos. Jaboticabal, FCAV/UNESP, 2012.
- BESFORD, R. T. Nutrients imbalances in tomato plants and acid phosphatase activity in the leaves. *J Sci Food Agricult.* 30: 275-280, 1979.
- BOVI, M. L. A.; BASSO, L. C.; TUCCI, M. L. S. Avaliação da atividade "in vivo" da fosfatase ácida e do crescimento de progênies de pupunheira cultivadas em duas doses de nitrogênio e fósforo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo.* 22: 427-434, 1998.
- CAIONE, G.; LANGE, A.; BENETT, C. G. S.; FERNANDES, F. M. Fontes de fósforo para adubação de cana-de-açúcar forrageira no cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical.* 41: 66-73, 2011.
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. IAC, Campinas. 2009, 77p.
- CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. Clima dos municípios paulistas. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_253.html>. Acesso em: 10 fev. 2011.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa, Rio de Janeiro, 2006, 412p.
- KUWAHARA, F. A.; SOUZA, G. M. Fósforo como possível mitigador dos efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento e as trocas gasosas de *Brachiaria brizanthacv.* MG-5 Vitória. *Acta Scient Agron.* 31: 261-267, 2009.
- MCLACHLAN, K. D.; ELLIOTT, D. E.; DE MARCO, D. G.; GARRAN, J. H. Leaf acid phosphatase isozymes in the diagnosis of phosphorus status in field-grown wheat. *Aust J Agricult Res.* 38: 1-13, 1987.
- PIZAURO, J. M.; CURTI, C.; CIANCAGLINI, P.; LEONE, F. A. Kinetic properties of triton X-100 solubilized bonematrix-induced alkaline phosphatase. *Cell Mol Biol.* 34: 921-926, 1988.
- RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. IAC, Campinas. 2001, 285 p.
- ROSSI, C.; MONTEIRO, F. A. Doses de fósforo, épocas de coleta e o crescimento e diagnose nutricional nos capins braquiária e colônia. *Scient Agríc.* 56: 1101-1110, 1999.
- SILVA, F. C.; BASSO, L. C. Avaliação da atividade in vivo da fosfatase ácida da folha na diagnose da nutrição fosfórica em cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo.* 17: 371-375, 1993.
- SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, A. C. D.; ROCHA, A. T. D.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. D. S.; NASCIMENTO, C. W. D. Industrial characteristics of sugar cane under phosphate fertilization in soils of Pernambuco Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.* 16: 347-354, 2012.
- SPIRONELLO, A.; RAIJ, B.; PENATTI, C. P.; CANTARELLA, H.; MORELLI, J. L.; ORLANDO FILHO, J.; LANDELL, M. G. A.; ROSSETTO, R. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.* 2. ed. IAC, Campinas. 1997, p. 233-243.
- YUN, S. J.; KAEPLER, S. M. Induction of maize acid phosphatase activities under phosphorus starvation. *Plant and Soil.* 237: 109-115, 2001.
- WALKLEY, A.; BLACK, I. A. Na examination of Degtj areff method for determining soil organic matter and aproposed modification of the chromic acidtitration method. *Soil Sci.* 37:29-37, 1934.

Tabela 1. Análise química e granulométrica do solo da área experimental, Fazenda Santo Antonio, Itajobi, SP, Brasil.

Profundidade (m)	pH CaCl ₂	O. M. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	SB	T	V%
0,00-0,20	6,1	10,0	5,0	1,1	29,0	13,0	10,0	42,3	52,3	81
0,20-0,40	5,6	10,0	4,0	0,9	25,0	9,0	12,0	34,8	46,8	74
Profundidade (m)	Granulometria									
0,00-0,20	Argila		Silte		Areia fina			Areia grossa		
	----- g kg ⁻¹ -----									
	209		40		464			287		

Tabela 2. Média dos valores da atividade de fosfatase ácida na folha +1 em função de fontes e doses de P na ausência e presença de torta de filtro.

Tratamentos	Fosfatase Ácida nmol min ⁻¹ mg ⁻¹
Torta de filtro (T)	
Presença	178,8 ^b
Ausência	196,1 ^a
Teste F	91,77 ^{**}
Fontes (F)	
Superfosfato triplo(TS)	177,5 ^c
Fosfato Bayóvar (BP)	189,7 ^b
Fosfato Araxá (AP)	195,2 ^a
Teste F	33,76 ^{**}
Doses (D)	
0 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	196,3
90 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	195,5
180 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	188,2
360 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	178,8
Teste F	28,64 ^{**}
Teste F	
(T) x (S)	5,56 ^{**}
(T) x (D)	1,82 ^{NS}
(F) x (D)	2,81 [*]
(T) x (F) x (D)	2,86 [*]
C.V. (%)	4,0

^{**}, ^{*} e ^{NS} – Significativo 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, de acordo com teste F.