



## Efeito da fosfatagem em resposta do sistema antioxidativo na cana-de-açúcar

**Ariane Márcia de Sousa Silva<sup>(2)</sup>; Emídio Cantídio de Almeida Oliveira<sup>(3)</sup>; Suzany Nascimento Alves<sup>(4)</sup>; Luciana Maria Herculano da Silva<sup>(5)</sup>.**

(1) Trabalho executado com recursos da Capes

(2) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Ciência do solo - Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife-PE, CEP 52171-900, marcia11sousa@gmail.com; (3) Professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife-PE, CEP 52171-900, emidio@depa.ufrpe.br; (4) Graduanda de Agronomia - Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife-PE, CEP 52171-900, suzany.allves@hotmail.com; (5) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Produção Agrícola - Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Unidade Acadêmica de Garanhuns, Garanhuns - PE, CEP 55292-270, luherculano@hotmail.com.

**RESUMO:** O fósforo (P) é um dos elementos mais importantes para o desenvolvimento das plantas e sua baixa disponibilidade nos solos cultivados é um fator de estresse abiótico. O objetivo do trabalho foi avaliar a atividade das enzimas do sistema antioxidativo e os teores de fósforo na folha índice da cana-de-açúcar, após a prática da fosfatagem com fertilizantes de solubilidade variada. O experimento foi implantado na Zona da Mata do Estado de Pernambuco. Os tratamentos consistiram da aplicação de 50, 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de Superfosfato Triplo (ST); Fosfato Natural Reativo (FNR) e Torta de Filtro (TF), em adição um tratamento sem aplicação da fosfatagem. Aos 120 e 210 dias após o plantio (DAP) foram determinados o teor de fósforo na folha e a atividade das enzimas catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD) e ascorbato peroxidase (APX). Observou-se que a maior atividade da CAT ocorreu aos 210 DAP, enquanto para a SOD e APX as maiores atividades foram observadas aos 120 DAP. A atividade das enzimas do sistema de defesa antioxidativo apresentou diferentes comportamentos entre as fontes nos tempos avaliados. Os teores de fósforo na folha +1 não foram influenciadas com o manejo da fosfatagem, no entanto as diferentes fontes de P aplicada influenciaram no comportamento das enzimas do complexo oxidativo.

**Termos de indexação:** sistema antioxidante, fósforo na folha.

### INTRODUÇÃO

Em Pernambuco o cultivo da cana-de-açúcar abrange toda Zona da Mata do Estado, no qual predominam solos distróficos, intemperizados com características químicas, físicas e mineralógicas que favorecem a baixa disponibilidade de P. Sendo este, considerado o fator nutricional de maior limitação para o aumento da produtividade dos canaviais pernambucanos.

A cana-de-açúcar quando conduzida sob condições naturais apresenta modo de vida sésstil, ficando vulneráveis a vários fatores ambientais os quais podem levar a uma situação de estresse oxidativo, como por exemplo: grande incidência de luz, ação de insetos, seca, alagamento, aplicação de herbicidas, excesso ou falta de nutrientes, entre outros, podendo aumentar drasticamente a produção de EROs (espécies reativas de oxigênio) que são extremamente tóxicas aos vegetais, e acaba levando a morte da planta. (Semmler, 2012).

O possível estresse oxidativo acarretado pela baixa ou alta disponibilidade de P nas plantas não é objeto de estudo de muitos trabalhos havendo assim uma lacuna quanto a essa questão. Diante do contexto, a pesquisa teve como objetivo avaliar a atividade das enzimas do sistema antioxidativo e os teores de fósforo na folha índice da cana-de-açúcar, após a prática da fosfatagem com fertilizantes de solubilidade variada.

### MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em condições de campo na Zona da Mata do Estado de Pernambuco durante a safra agrícola de 2013/2014 (cana planta de ano e meio). O experimento foi implantado na área agrícola da Usina Cucaú, situado no município de Ribeirão, PE, na latitude de 08° 30' 24" S e longitude de 35° 22' 52" W. De acordo com o sistema Köppen, o clima dominante na região é o Tropical As', tropical chuvoso com verão seco. Durante a condução do experimento a precipitação acumulada foi de 2.667,0 mm (Figura 1). O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO AMARELO distrófico, com textura franco-argilosa.

Após a aplicação e incorporação dos corretivos de solo, foram aplicados os tratamentos os quais consistiram de: Superfosfato Triplo (ST); Fosfato Natural Reativo (FNR - 'Gafsa: 30 % do P total solúvel em ácido cítrico) e Torta de Filtro *inatura* (TF: 42 % de umidade), calculados para atender as doses 50, 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, aplicadas em área total e incorporadas com grade leve a 0,10



m de profundidade, bem como um tratamento controle sem a realização da fosfatagem. A torta de filtro foi caracterizada sendo determinados os valores de 12,5; 36,9; 2,40; 186,0 g kg<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O e Matéria Orgânica, respectivamente.

Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso, utilizando o esquema fatorial de (3 x 4) + 1, com quatro repetições. As parcelas experimentais foram constituídas de 6 linhas de cana-de-açúcar com 20 m de comprimento (120 m<sup>2</sup>), espaçadas a 1,0 m entre si. Para a área útil das parcelas, foi considerada as 4 linhas centrais com 18 m de comprimento. A variedade utilizada foi a RB867515.

Após o plantio foi realizada a adubação de plantio, sendo aplicados 25 kg ha<sup>-1</sup> de N e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de fosfato monoamônio (MAP). Aos 90 DAP realizou-se a adubação de cobertura, no qual foram aplicados 35 kg ha<sup>-1</sup> de N e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente.

O teor de fósforo na folha foi realizada aos 120 e 210 dias após o plantio (DAP) na folha +1, no qual foi coletado aleatoriamente na área útil de cada parcela, 10 amostras de folhas completamente desenvolvidas. Cada amostra de folha teve a nervura central, as bases e as pontas descartadas, utilizando somente a parte mediana do limbo foliar com aproximadamente 20 a 25 cm, sendo posteriormente acondicionadas em sacos de papel e transportadas ao laboratório (Raij; Cantarella, 1997). No laboratório as amostras foram lavadas com água destilada, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada a 65 °C até peso constante. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley para posterior análise da concentração de P, que foi extraído por digestão nitroperclórica (Malavolta; Vitti; Oliveira, 1997) e determinado por colorimetria com comprimento de onda de 725 nm, por meio de reação com ácido ascórbico (Defelipo; Ribeiro 1996).

No mesmo período em que foram coletadas as folhas para avaliação nutricional de P, também coletou-se 3 amostras da folha +1 para avaliação da atividade das enzimas do complexo oxidativo. Essas folhas foram identificadas, enroladas em papel alumínio e acondicionadas em nitrogênio líquido ainda no campo. No laboratório a determinação enzimática foi feita em triplicata, utilizando 0,1 g de material vegetal que foi homogeneizado a frio em tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,5) e polivinilpirrolidona, centrifugado a 10.000g durante 15 min a 4° C. O sobrenadante foi utilizado para o preparo do extrato e determinação da atividade das enzimas antioxidativas; catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD) e ascorbato peroxidase (APX).

A atividade da CAT foi determinada conforme metodologia de Havir e Mchale, 1987; a SOD foi determinada segundo a metodologia de Giannopolitis e Ries, 1977 e a APX segundo Nakano e Asada, 1981.

### Análise estatística

A atividade das enzimas e a concentração de P na folha +1 foram submetida a análise de variância (ANAVA), utilizando o delineamento de blocos ao acaso em arranjo fatorial (3x4) + 1, para cada tempo separadamente, ao nível de 5 % de significância pelo teste F. Os dados qualitativos (fontes) significativos tiveram as médias comparadas pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05). Para as análises estatísticas utilizou-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de P na folha +1 em função das fontes e doses não apresentaram diferença, nos dois períodos de avaliação (Tabela 1). Não havendo influência da fosfatagem na nutrição de P durante o ciclo de cana planta, o que pode ser em função da aplicação de 52 kg ha<sup>-1</sup> de P realizada no plantio, atendendo a exigência nutricional de P dessa variedade, estimados em 19 kg ha<sup>-1</sup> de P para o ciclo de cana planta para produtividade superior a 100 ton ha<sup>-1</sup> de colmos (Oliveira et al., 2010).

**Tabela 1.** Teores de fósforo na folha + 1 da cana-de-açúcar aos 120 e 210 DAP, em função da fosfatagem com fontes de solubilidade variada. FNR: Fosfato natural reativo, ST: Superfosfato triplo e TF: Torta de filtro.

Fonte de P	Teor de Fósforo	
	120	210
	----- g kg <sup>-1</sup> -----	
FNR	3,85	3,57
ST	4,00	3,29
TF	3,87	3,44
Média	3,90	3,44
F <sub>Fonte</sub>	0,423 <sup>NS</sup>	2,149 <sup>NS</sup>
F <sub>Dose</sub>	1,539 <sup>NS</sup>	1,344 <sup>NS</sup>
F <sub>Dose x Fonte</sub>	0,490 <sup>NS</sup>	1,125 <sup>NS</sup>
CV (%)	14,40	12,45

DAP – dias após o plantio; FNR – fosfato natural reativo; ST – superfosfato triplo; Torta- torta de filtro; <sup>NS</sup> não significativo.

Segundo Lima (2011), em avaliações feitas em cana planta, tratamentos com torta de filtro podem apresentar maior teor foliar de fósforo que tratamentos com fertilizantes minerais, o que não ocorreu nesse trabalho, quando comparamos as fontes.



Os teores foliares de P observados estão dentro dos valores obtidos por Santos et al. (2009) em diferentes fontes de fósforo os quais verificaram teores que variavam de 2,5 a 4,0 g kg<sup>-1</sup>, se encontrando superiores aos 2,0 g kg<sup>-1</sup>, considerados adequados por Marinho & Albuquerque (1980) para cana-de-açúcar em áreas sob cultivo comercial em Alagoas.

A atividade das enzimas apresentaram diferença ( $p < 0.05$ ) na interação entre fonte e o tempo, sendo observado que a maior atividade da CAT ocorreu aos 210 DAP, enquanto para a SOD e APX as maiores atividades foram observadas aos 120 DAP (Tabela 3). A maior atividade da SOD e da APX aos 120 DAP coincidiu ao período em que houve menor precipitação pluvial (Figura 1) o que evidencia maior produção das EROs devido ao estresse hídrico (Tabela 2). O aumento na atividade da SOD associada ao déficit hídrico também foi observado por Azevedo (2013) na cultura da cana-de-açúcar.

A atividade das enzimas do sistema de defesa antioxidativo apresentou diferentes comportamentos entre as fontes nos tempos avaliados (Tabela 2). Aos 120 DAP, apenas a enzima APX demonstrou diferença entre as fontes, no qual o uso do FNR promoveu a maior atividade entre as fontes de P.

Aos 210 DAP houve diferença significativa na atividade da SOD e da CAT, não sendo verificado efeito das fontes de P para APX (Tabela 2). Tanto na SOD quanto na CAT as maiores atividade das enzimas foram observadas com uso do ST e da TF.

## CONCLUSÕES

Os teores de fósforo na folha +1 não foram influenciadas com o manejo da fosfatagem, no entanto as diferentes fontes de P aplicada influenciaram no comportamento das enzimas do complexo oxidativo.

## AGRADECIMENTOS

Ao LCTV por ceder espaço para realização das análises enzimática.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, V. M. de. Ação combinada de fatores abióticos de estresses em cana-de-açúcar: variáveis fisiológica e bioquímicas. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife-PE. 2013.

DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. Análise química do solo. Voçosa: UFV, 17p. (Boletim de Extensão, 29). 1996.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GIANNOPOLITIS CN, RIES SK. Superoxide Dismutases: I. Occurrence in Higher Plants. *Plant Physiology* 59: 309-314. 1977.

HAVIR, E.A., MCHALE, N.A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. *Plant Physiol* v. 84, p. 450-455, 1987.

LIMA, G. S. A.; ARISTIDES, E. V. S. Acúmulo de nutrientes e produção de sacarose de duas variedades de cana-de-açúcar na primeira rebrota, em função de doses de fósforo. *STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba*, v. 29, n. 1, p. 26-29, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 3. ed. Piracicaba: POTAFOS, 319 p. 1997.

MARINHO, M. L.; ALBUQUERQUE, G. A. C. Resposta da cana-de-açúcar a níveis de P e correlação com análise foliar. In: Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1, 1979, Maceió. Anais. Maceió: STAB, v.2, p.328-333. 1980.

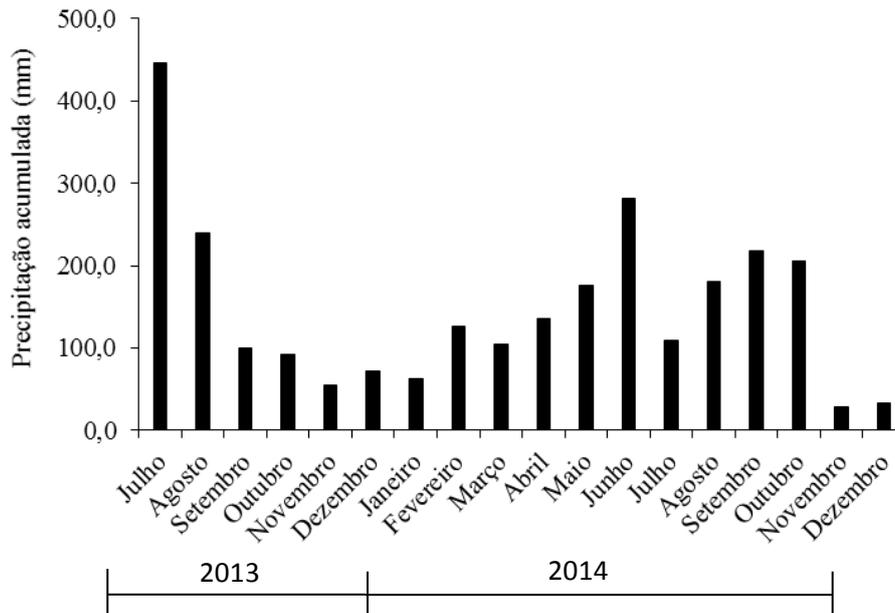
NAKANO Y, ASADA K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiology* 22:1068-1072. 1981.

OLIVEIRA, E. C. A. et al. Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p. 1343-1352, 2010.

RAIJ, B. van: CANTARELA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELA, H.; GUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (ed.). *Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: Fundação IAC, p. 233-243. (IAC. Boletim, 100). 1997.

SANTOS, V. R et al. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB. V. 13, n. 4, p. 389-396, 2009.

SEMMLER, V. R. 10ª Amostra Acadêmica UNIMEP, - Qualificação e expansão da Educação Superior, no contexto do plano Nacional de Educação. Mecanismo Antioxidante em Plantas, 2012.



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica durante a condução do experimento, em Ribeirão – Pernambuco.

**Tabela 2.** Atividade das enzimas do complexo oxidativo: superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) em função das fontes de fósforo aplicado no solo. FNR: Fosfato natural reativo, ST: Superfosfato triplo e TF: Torta de filtro.

FONTE	SOD			APX			CAT		
	120	210	Media	120	210	Media	120	210	Media
	----U SOD mg <sup>-1</sup> de M.F----			----- μmol min <sup>-1</sup> mg <sup>-1</sup> de M.F-----					
FNR	8,17 a A	4,83 b B	6,50	173,00 a A	77,74 b A	125,37	41,69 b A	56,33 a B	49,01
ST	8,08 a A	6,10 b A	7,09	153,27 a B	79,14 b A	116,21	42,78 b A	60,33 a A	51,5
TORTA	8,05 a A	6,45 b A	7,25	154,80 a B	79,53 b A	117,17	39,25 b A	61,75 a A	51,56
Média	8,10	5,80		160,36	78,81		41,24	59,47	
F <sub>Fonte</sub>		27,916**			5,051**			2,681 <sup>NS</sup>	
F <sub>Tempo</sub>		225,778**			992,150**			409,871**	
F <sub>dose</sub>		270,144**			34,458**			64,239**	
F <sub>Fonte x Tempo</sub>		4,500*			7,021**			6,491**	
F <sub>Fonte x Dose</sub>		1,362 <sup>NS</sup>			2,603*			0,592 <sup>NS</sup>	
CV (%)		10,78			11,86			9,79	

CAT – catalase; APX – ascorbato peroxidase; FNR – fosfato natural reativo; ST – superfosfato triplo; Torta- tora de filtro. Letras minúsculas iguais na linha e maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey, <sup>NS</sup> não significativo; \*,\*\* significativos, respectivamente, aos níveis de 5 e 1%.