



Adução fosfatada e sua influência no P lábil e na atividade de fosfatases ácidas na rizosfera de cana-de-açúcar

Bruna Arruda⁽²⁾; Paulo Sergio Pavinato⁽³⁾; Marcos Rodrigues⁽²⁾; Aline de Camargo Santos⁽²⁾; Gabriel Novoletti⁽²⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPESP

⁽²⁾ Estudante; Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"; Piracicaba, São Paulo; bru_agro@hotmail.com;

⁽³⁾ Professor; Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"; Piracicaba, São Paulo;

RESUMO: Em solos tropicais o fósforo é adsorvido nas superfícies dos óxidos reduzindo a disponibilidade às plantas. O objetivo deste estudo foi avaliar a atividade de fosfatases ácidas de diferentes genótipos de cana-de-açúcar em função da presença ou ausência de adução fosfatada. O experimento foi conduzido em casa de vegetação com um Latossolo Vermelho amarelo arenoso em delineamento em blocos ao acaso com 4 repetições. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 5x2, com 4 genótipos e ausência de plantas, submetidos a presença e ausência de adução fosfatada. No momento da colheita, 45 dias após o transplante das mudas, foi realizada a coleta de solo aderido à raiz, sendo este considerado como solo rizosférico. Foi analisada a atividade da fosfatase ácida e determinadas as frações lábeis de P do solo. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. O genótipo RB96-6928 foi o que apresentou a menor atividade da enzima fosfatase na presença de adução fosfatada. A presença de adução fosfatada aumentou a atividade da enzima fosfatase, reduzindo o fósforo orgânico lábil.

Termos de indexação: enzima; solo rizosférico.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, seguido da Índia e da China (FAO, 2013), continuando em expansão, principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do País.

Um dos fatores limitante para o crescimento e produtividade da cana-de-açúcar é a deficiência de fósforo, principalmente em solos tropicais, mais intemperizados e argilosos, onde o P é removido da solução do solo e é adsorvido nas superfícies dos óxidos de Fe e Al, formando compostos de baixa disponibilidade para as plantas.

Em situações que a disponibilidade de fósforo inorgânico (Pi) no solo é baixa, as plantas podem utilizar o fósforo orgânico (Po). Para isto, precisam primeiro mineralizá-lo através de enzimas fosfatases. Foi demonstrado que as

raízes podem induzir a alta atividade de fosfatases ácidas na rizosfera (P_{ASE}), e aumentar a disponibilidade de P às plantas (Kandeler, et al. 2002); (Gahoonia & Nielsen 2004).

Pelo exposto acima, os objetivos deste trabalho é avaliar a atividade de fosfatases ácidas em genótipos de cana-de-açúcar com ou sem adução fosfatada.

MATERIAL E MÉTODOS

Tratamentos e amostragens

O delineamento do experimento foi em blocos ao acaso com 4 repetições em grupo de experimentos. Foram utilizados dois ambientes: i) ambiente 1: presença de P_2O_5 , na dose de 180 mg kg^{-1} (~ 360 kg ha^{-1}), na forma de superfosfato triplo.; ii) ambiente 2: ausência de P_2O_5 . Cada ambiente continha quatro genótipos de cana-de-açúcar mais utilizados na região centro-sul do Brasil, além de um tratamento sem cultivo. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho amarelo da região de Piracicaba – SP, coletado na camada de 0-20 cm (**Tabela 1**).

Tabela 1- Caracterização do solo na camada 0-20 cm obtida antes da implantação do experimento em casa-de-vegetação. Piracicaba – SP.

P mg dm^{-3}	MO g kg^{-1}	Argila -----g kg^{-1} -----	Silte	Areia
4,0	31,7	200,8	11,3	787,9

As mudas de cana-de-açúcar foram obtidas no Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE). Os genótipos avaliados foram: i) RB92-579; ii) RB85-5156; iii) RB86-7515 e iv) RB96-6928. Estas mudas foram germinadas em vermiculita estéril até os 22 dias. Após isso, as mudas foram transplantadas em vasos contendo o solo e realizadas as fertilizações descritas nos dois ambientes mencionados anteriormente.

Os vasos para o cultivo das mudas foram compostos de tubos de PVC com 0,45 m de altura e 0,15 m de diâmetro.

Aos 45 dias após o transplante, no momento da colheita, foi realizada a remoção da planta e solo do tubo de PVC conjuntamente, para posterior separação da parte aérea, raízes e solo aderido à



raiz, sendo este considerado como solo rizosférico. Parte do solo rizosférico foi acondicionada em gelo logo após a coleta e posteriormente armazenado em câmara fria a 4°C até as análises de fosfatase, segundo a metodologia proposta por (Tabatabai 1994). Outra parte do solo foi seca ao ar para as análises das frações lábeis de P do solo, realizado de acordo com metodologia proposta por (Hedley, et al. 1982), seguida de modificações por (Condrón, et al. 1985). Nos vasos sem cultivo (controle) foi realizada a coleta de solo no terço médio do tubo de PVC.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade de erro pelo teste F. Havendo efeito significativo dos efeitos principais, as médias foram comparadas pelo teste t (LSD) a 5%. Havendo efeito da interação foi realizado o desdobramento. Foi realizada análise de correlação de Pearson entre as variáveis a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para atividade da enzima fosfatase houve efeito ($p < 0,05$) da interação entre os fatores adubação fosfatada e genótipo. Na ausência de adubação fosfatada não houve diferença entre sem planta e entre os genótipos avaliados para a atividade desta enzima, com valor médio de $195 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Nas unidades sem cultivo houve atividade das enzimas fosfatase, indicando que esta enzima é ativa mesmo na ausência de plantas, podendo microrganismos presentes no solo serem os responsáveis pela exsudação e ativação dessa enzima. Microrganismos são partes importantes do ciclo do P, e por isso atuam na mediação da disponibilidade de P para as plantas (Richardson & Simpson 2011). É possível observar que na ausência de planta não houve diferença na atividade fosfatase, independente de haver ou não adubação fosfatada, mostrando que a presença do sistema radicular influencia a atividade da enzima e não a adubação fosfatada. Por outro lado, na presença de plantas e de adubação fosfatada a média da atividade da enzima passou para $271 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, o que mostra o importante efeito da presença do sistema radicular na atuação dessas enzimas, pois quando sem planta foi semelhante ao não fertilizado, como comentado anteriormente (**Tabela 2**). Entre os genótipos, o RB96-6928 na presença de adubação fosfatada foi o que apresentou o menor valor de atividade ($245 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$). Este genótipo apresentou um elevado sistema radicular (Dados não apresentados), o que pode ter reduzido a atividade desta enzima, uma vez que o mecanismo de interceptação

radicular permitiu a este genótipo uma maior exploração do solo e aquisição de P. Mudanças na arquitetura das raízes podem caracterizar uma medida adaptativa para aumentar a superfície de absorção do sistema radicular (López-Bucio, et al. 2003). Os demais genótipos não apresentaram diferença entre si.

Tabela 2 - Atividade da Fosfatase ácida no solo em função de genótipos e adubação fosfatada.

Genótipo	$P_{ASE} \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$		
	Sem P	Com P	Média
Sem cultivo	220 Aa	218 Ba	217
RB92-579	170 Ab	281 Aa	227
RB85-5156	217 Ab	284 Aa	250
RB86-7515	179 Ab	274 Aa	227
RB96-6928	188 Ab	245 Aa	221
Média	195	260	

Letras maiúsculas diferentes dentro da mesma coluna mostram diferença significativa entre os genótipos pelo teste t (LSD) ($p < 0,05$).

Letras minúsculas diferentes dentro da mesma linha mostram diferença significativa entre presença ou ausência de P pelo teste t (LSD) ($p < 0,05$).

Para as frações lábeis (P_{RTA} , P_{iBIC} e P_{oBIC}) de fósforo no solo houve efeito significativo ($p < 0,05$) pelo teste F somente para a adubação fosfatada, sem efeito de genótipos. Para o P_{RTA} , foi observado um teor de $2,1 \text{ mg kg}^{-1}$ na ausência de adubação fosfatada e de $16,6 \text{ mg kg}^{-1}$ com a presença da mesma (**Tabela 3**). Para o P_{iBIC} o valor passou de $4,8$ para $22,8 \text{ mg kg}^{-1}$ quando aplicado fosfato. Já para a fração orgânica (P_{oBIC}) a presença de adubação fosfatada mostrou uma média de $2,4 \text{ mg kg}^{-1}$ e na ausência de adubação fosfatada a média de P_o foi maior, com $7,1 \text{ mg kg}^{-1}$, o que pode estar indicando o efeito da atividade da fosfatase na mineralização deste P_o .

Na ausência de adubação fosfatada, pode-se observar uma correlação positiva e significativa ($p < 0,05$) entre a atividade da enzima fosfatase e P_{RTA} (**Tabela 4**). Assim, a menor atividade da fosfatase reduziu o P_{RTA} , como observado na média.

Na presença de adubação fosfatada pode-se observar uma correlação negativa e significativa ($p < 0,05$) entre a atividade da fosfatase e o P inorgânico lábil, tanto P_{RTA} quanto P_{iBIC} . Isso indica que a baixa atividade desta enzima aumentou o P inorgânico lábil, como observado no tratamento sem cultivo, que apresentou baixa atividade da fosfatase, mas maiores valores de P inorgânico ($p \geq 0,05$). Isso indica que, quando na ausência de plantas, a atividade da fosfatase é devida a atuação de microrganismos do solo, e por não haver absorção de P do solo pelo sistema radicular, há um excedente de P_{RTA} . Já a fração lábil orgânica (P_{oBIC}) mostrou correlação positiva



e significativa ($p < 0,05$), indicando que a alta atividade da fosfatase quando fertilizado reduziu os teores de $P_{O_{BIC}}$ em geral (Tabela 5). Na ausência de planta, observam-se menores valores de P_o indicando uma baixa imobilização do P disponível, o que pode ter reduzido a atividade de enzima fosfatase. Já na presença de planta, a maior presença de P_o imobilizado aumentou a atividade da enzima fosfatase.

Tabela 3- Frações lábeis de P no solo em função de genótipos e adubação fosfatada.

Genótipo	Sem P	Com P	Média
P_{RTA} ----- mg kg ⁻¹ -----			
Sem cultivo	2,2 ^{ns}	17,6 ^{ns}	9,9 ^{ns}
RB92-579	1,9	16,6	9,2
RB85-5156	2,3	16,5	9,4
RB86-7515	1,7	15,5	8,6
RB96-6928	2,2	16,7	9,5
Média	2,1 b	16,6 a	
$P_{i_{BIC}}$ ----- mg kg ⁻¹ -----			
Sem cultivo	4,9 ^{ns}	26,8 ^{ns}	15,9 ^{ns}
RB92-579	5,1	23,2	14,1
RB85-5156	4,8	20,0	12,4
RB86-7515	4,7	21,0	12,9
RB96-6928	4,7	22,9	13,8
Média	4,8 b	22,8 a	
$P_{O_{BIC}}$ ----- mg kg ⁻¹ -----			
Sem cultivo	7,1 ^{ns}	0,6 ^{ns}	3,8 ^{ns}
RB92-579	7,1	3,1	5,1
RB85-5156	6,5	2,9	4,7
RB86-7515	8,1	3,6	5,8
RB96-6928	6,9	1,9	4,4
Média	7,1 a	2,4 b	

Letras minúsculas diferentes dentro da mesma linha mostram diferença significativa entre presença ou ausência de P pelo teste t (LSD) ($p < 0,05$)

^{ns}Não significativo pelo teste t (LSD) ($p \geq 0,05$).

Tabela 4 - Correlação de Pearson na ausência de adubação fosfatada

	P_{ASE}	P_{RTA}	$P_{i_{BIC}}$	$P_{O_{BIC}}$
P_{ASE}	-	-	-	-
P_{RTA}	0,6152*	-	-	-
$P_{i_{BIC}}$	0,1430 ^{ns}	0,2977 ^{ns}	-	-
$P_{O_{BIC}}$	-0,2799 ^{ns}	-0,3894 ^{ns}	-0,7673*	-

*Significativo a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade de erro ($p \geq 0,05$).

Tabela 5 - Correlação de Pearson na presença de adubação fosfatada

	P_{ASE}	P_{RTA}	$P_{i_{BIC}}$	$P_{O_{BIC}}$
P_{ASE}	-	-	-	-
P_{RTA}	-0,4502*	-	-	-
$P_{i_{BIC}}$	-0,4795*	0,8531*	-	-
$P_{O_{BIC}}$	0,4807*	-0,6567*	-0,5774*	-

*Significativo a 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).

^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade de erro ($p \geq 0,05$).

CONCLUSÕES

O genótipo RB96-6928 foi o que apresentou a menor atividade da enzima fosfatase na presença de adubação fosfatada.

A presença de adubação fosfatada aumentou a atividade da enzima fosfatase, reduzindo o fósforo orgânico lábil.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pela concessão de bolsa e apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

CONDON L.M., GOH K.M. & NEWMAN R.H. Nature and distribution of soil-phosphorus as revealed by a sequential extraction method followed by p-31 nuclear magnetic-resonance analysis. *Journal of Soil Science*, 36:199-207, 1985.

FAO. Food and Agricultural commodities production. Country rank in the world, by commodity. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em 07 jun. 2015.

GAHOONIA T.S. & NIELSEN N.E. Root traits as tools for creating phosphorus efficient crop varieties. *Plant and Soil*, 260:47-57, 2004.

HEDLEY M.J., STEWART J.W.B. & CHAUHAN B.S. Changes in inorganic and organic soil-phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Science Society of America Journal*, 46:970-976, 1982.

KANDELER E., MARSCHNER P., TSCHERKO D., GAHOONIA T.S. & NIELSEN N.E. Microbial community composition and functional diversity in the rhizosphere of maize. *Plant and Soil*, 238:301-312, 2002

LÓPEZ-BUCIO J., CRUZ-RAMÍREZ A. & HERRERA-ESTRELLA L. The role of nutrient availability in regulating root architecture. *Current opinion in plant biology*, 6:280-287, 2003.

RICHARDSON A.E. & SIMPSON R.J. Soil microorganisms mediating phosphorus availability update on microbial phosphorus. *Plant physiology*, 156:989-996, 2011.