

# INFLUÊNCIA DO pH DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NA FITOTOXIDEX CAUSADA POR ÁCIDOS ORGÂNICOS EM ARROZ

Maurício Marini Köpp<sup>1</sup>, Viviane Köpp da Luz<sup>2</sup>, Rogério Oliveira de Sousa<sup>3</sup>, Luciano Carlos da Maia<sup>2</sup>, Antonio Costa Oliveira<sup>2</sup>

Palavras-chave: *Oryza sativa*, estresse abiótico, níveis pH

## INTRODUÇÃO

A cultura do arroz irrigado tem como característica principal a manutenção de uma lâmina de água sobre o solo durante a maior parte do seu desenvolvimento, estabelecendo um ambiente anaeróbio que favorece a fermentação da matéria orgânica presente no solo. Durante a fermentação anaeróbia, se formam produtos intermediários fitotóxicos, entre os quais se destacam os ácidos orgânicos de baixo peso molecular, como o ácido acético, o propiônico e o butírico, que geralmente ocorrem em concentração de 0,1 a 14 mM e relação de 6:3:1 respectivamente (Bohnen et al., 2005).

Os sistemas de semeadura direta e cultivo mínimo de arroz irrigado prevêm a manutenção de resíduos vegetais sob a superfície do solo, ocorrendo maior produção destes ácidos (Johnson et al. 2006). A toxidez por ácidos orgânicos se manifesta, nas fases iniciais de desenvolvimento, por uma menor germinação, um menor crescimento radicular, menor peso e altura de plântulas (Köpp et al., 2008). Em casos de toxidez mais severa, os prejuízos ao crescimento se refletem em outras fases, ocorrendo menor afilhamento, menor absorção de nutrientes e menor rendimento de grãos (Camargo et al., 2001).

Devido o nível de toxidez depender do ambiente e também do genótipo, a identificação e caracterização da variabilidade genética é o passo inicial e de fundamental importância para o melhoramento genético vegetal visando materiais mais resistentes. Isso envolve ensaios volumosos e trabalhosos, e técnicas de avaliações de genótipos em ambientes controlados com o uso de soluções nutritivas tem sido amplamente utilizados para caracterização de genótipos a diversos estresses, pois correlações significativas entre variáveis coletadas em ambientes artificiais e em campo são relatadas em diversas gramíneas (Carvalho et al., 2004).

Waisel et al. (2002) relatam que níveis baixos de pH da solução nutritiva aumentam a fitotoxidez dos ácidos orgânicos. O principal efeito dos ácidos orgânicos se refere ao seu poder de lipossolubilidade das membranas celulares, que é aumentado quando estes ácidos se encontram na forma não dissociada. A forma não dissociada destes ácidos está intimamente relacionada com o pH do meio onde se encontram, sendo que cerca de 63 a 70% destes ácidos encontra-se nesta forma a um pH de 4,5 (Armstrong & Armstrong, 2001; Waisel et al., 2002), conseqüentemente aumentando sua fitotoxidez.

O objetivo do trabalho foi determinar, a influência do pH utilizado na solução hidropônica sobre a fitotoxidade causada pelos ácidos acético, propiônico e butírico em arroz, bem como o desempenho das variáveis comprimento de raiz, comprimento de parte aérea, número de raízes, matéria seca de raízes e matéria seca de parte aérea para avaliação deste estresse.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para constituição do experimento, 8400 sementes da cultivar BRS 7 Taim foram desinfetadas com hipoclorito de sódio 10 % e postas para germinação a  $25 \pm 1$  °C por 72 horas em papel filtro embebido em água, das quais foram selecionadas 3840 com comprimento de raiz de 5 mm e uniformes para constituir o experimento. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições, em um esquema fatorial 3 (ácidos) x 4 (níveis de pH), sendo que a unidade experimental consistiu de 80 sementes para cada repetição de cada ácido testado.

<sup>1</sup> Pesquisador da Embrapa Gado de Leite – CNPGL, Rua Eugênio do Nascimento, 610, cep: 36038-330, Juiz de Fora, MG. e-mail: [kopp@cnpgl.embrapa.br](mailto:kopp@cnpgl.embrapa.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Centro de Genômica e Fitomelhoramento.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Solos.

O sistema hidropônico utilizado foi composto de potes com capacidade de 5,5 L com solução nutritiva de "Clark" que permaneceram em tanque tipo "banho-maria" com temperatura de  $25 \pm 1$  °C, iluminação artificial controlada e aeração da solução nutritiva para suprimento de oxigênio, permitindo o desenvolvimento do sistema radicular.

Foram utilizadas concentrações dos ácidos acético, propiônico e butírico de 4,2 mM; 2,2 mM e 1,7 mM, respectivamente que causam aproximadamente 50% de redução no crescimento do sistema radicular de arroz, em pH 4,7 (Armstrong & Armstrong, 2001; Waisel et al., 2002). Os tratamentos foram constituídos de 4 níveis de pH: 4, 5, 6 e 7, para cada um dos ácidos testados, na suas respectivas doses. Os níveis de pH foram monitorados diariamente e corrigidos quando necessário com HCl 1N ou NaOH 1N.

As plântulas foram submetidas aos tratamentos por 14 dias. Após esse período elas foram coletadas e avaliadas quanto ao comprimento da raiz principal (CR) e da parte aérea (CPA), em cm; número de raízes (NR); matéria seca de raízes (MSR) e de parte aérea (MSPA), em mg, pesadas após secagem até peso constante em estufa. Os dados foram submetidos à análise de variância em um esquema fatorial considerando ácidos e níveis de pH como fatores e ajuste de regressão para cada variável analisada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

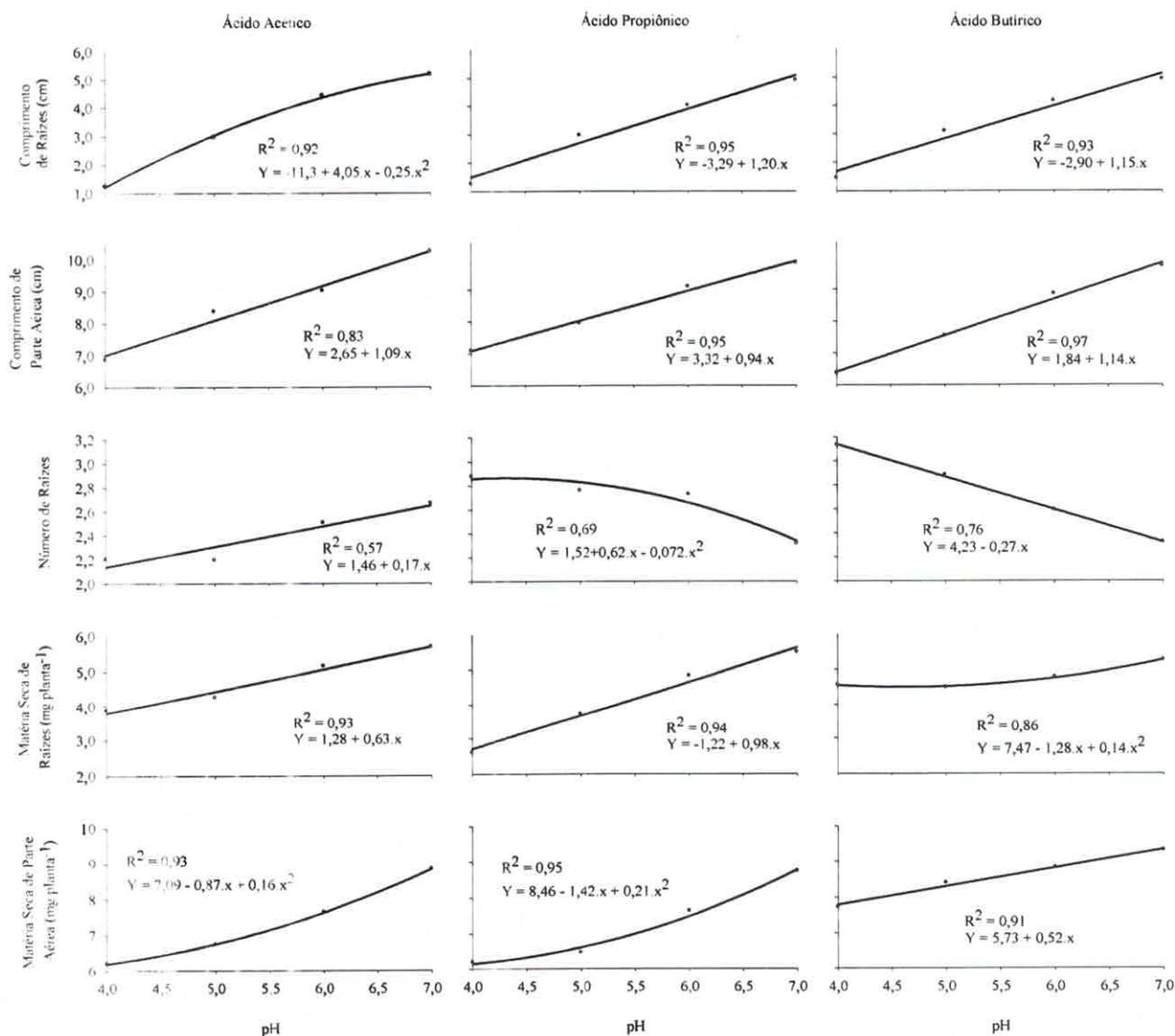
Os resultados da análise de variância (dados não apresentados) demonstraram efeito significativo em todas as variáveis analisadas exceto para número de raízes (NR). Estes resultados indicam que as variáveis comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), matéria seca de raízes (MSR) e matéria seca de parte aérea (MSPA) são influenciadas pelo nível do pH da solução nutritiva para uma dose fixa de ácido utilizado. No entanto, o efeito significativo da interação nível de pH x ácido para as variáveis número de raízes, matéria seca de raízes e matéria seca de parte aérea indicam, da mesma forma, variação significativa para estas variáveis, porém esta variação é dependente do ácido utilizado (acético, propiônico ou butírico), assim, estas variáveis tem comportamento (variação) diferencial quando submetidas aos tratamentos em cada um dos ácidos testados. Já as variáveis comprimento de raiz e comprimento de parte aérea tem comportamento semelhante frente a variação de pH independentemente do ácido utilizado.

Observando a Figura 1 pode ser constatado que todas as variáveis apresentaram acréscimos de valor com o aumento do nível de pH para todos os ácidos, com exceção da variável número de raízes para os ácidos propiônico e butírico que sofreram redução em função do aumento do nível de pH. Para a variável comprimento de raiz foi verificado que a melhor equação ajustada é quadrática e linear, respectivamente para o ácido acético e para os demais ácidos (Figura 1). Nestes três casos, a variação é muito similar com coeficientes de regressão semelhantes como já constatado na análise de variância pela não significância do efeito de interação. Esta variável também apresentou médias muito similares para cada ácido, ocasionando a não significância da variação do fator "ácido". Pode ser verificado que o comprimento de raiz foi a variável mais afetada pelo efeito dos tratamentos, e que níveis elevados de pH reduzem drasticamente a fitotoxidez para os ácidos orgânicos avaliados.

Analisando as regressões ajustadas para a variável comprimento de parte aérea percebe-se um comportamento uniforme na variação, ou seja, regressões lineares para todos os ácidos testados. Mesmo havendo menor amplitude relativa da variação para esta variável, pode ser visualizado o efeito significativo da causa de variação "nível de pH" (Figura 1). Esta variável também tem comportamento similar para os três ácidos avaliados, apresentando acréscimos significativos de valor com o aumento do nível de pH da solução hidropônica, evidenciando que níveis ácidos de pH aumentam a fitotoxicidade causada pelos ácidos. No entanto, pode ser verificado que as médias dos valores de cada ácido avaliado foi diferente, sendo que o ácido butírico foi o que apresentou os menores valores de CPA em relação aos demais ácidos avaliados.

A variável número de raízes foi entre todas, a que apresentou maiores diferenças nas respostas entre cada ácido avaliado (efeito de interação "ácido x nível de pH"). O ácido acético promoveu acréscimos significativos de número de raízes com o aumento do pH da solução nutritiva, enquanto que, os ácidos propiônico e butírico, ocasionaram reduções do número de raízes com o aumento do nível de

pH da solução nutritiva (Figura 1). Pelo fato de outros estudos terem utilizado os ácidos adicionados em conjunto (Armstrong & Armstrong, 2001), algumas diferenças podem ser observadas nos resultados obtidos, pois estes ácidos apresentam efeito interativo quando presentes simultaneamente na solução nutritiva. Entretanto, no presente estudo foi determinado o efeito de cada ácido isoladamente, sendo verificado que o aumento da toxidez causada por ácidos orgânicos em função do menor pH da solução nutritiva, somente os ácidos propiônico e butírico proporcionaram aumento no número de raízes, e o ácido acético ocasionou uma redução no número de raízes das plântulas avaliadas. Por isso, a vantagem do presente estudo está no fato de se poder verificar o efeito de cada ácido isoladamente.



**Figura 1.** Parâmetros das equações de regressão e respectivas representações gráficas das variáveis comprimento de raiz (CR) e parte aérea (CPA), número de raízes (NR), e matéria seca de raízes (MSR) e parte aérea (MSPA) avaliadas em 4 níveis de pH da solução nutritiva contendo os ácidos acético, propiônico e butírico.

A variável matéria seca de raízes aumentou com aumento do pH da solução nutritiva (Figura 1). No entanto, tal variação pode ser considerada de baixa amplitude, uma vez que as regressões revelaram baixos coeficientes de regressão (b), porém ainda significativos para pelo menos um dos ácidos conforme constatado na análise de variância. Para o ácido propiônico foi verificado o maior acréscimo de valor na matéria seca de raízes (MSR) em relação aos demais ácidos testados, como relatado por

Waisel et al. (2002), consequência da perda de conteúdo intracelular para o meio em função da degradação das membranas celulares e estruturas da parede celular.

O mesmo comportamento pode ser visualizado para a variável matéria seca de parte aérea (MSPA), onde para todos os ácidos testados houve acréscimos de valor com aumento do nível de pH da solução nutritiva (Figura 1). Assim como para a variável matéria seca de raízes (MSR), o ácido que sofreu maior influência do pH da solução foi o propiônico. Possivelmente, este ácido tem seu efeito mais acentuado no sistema de membranas celulares, o que causa extravasamento do conteúdo celular e menor acúmulo de matéria seca. A seleção de genótipos sob estresse por ácidos orgânicos para utilização nos programas de melhoramento genético que visem genótipos com elevada capacidade germinativa sob condições de estresse por ácidos orgânicos oriundos da fermentação da matéria orgânica em solos encharcados em sistemas hidrônicos é dependente do pH da solução nutritiva utilizada. Como o pH da solução nutritiva em experimentos com ácidos orgânicos é extremamente variável, o monitoramento e ajuste deste fator deve ser realizado sempre que necessário, para evitar erros nas conclusões dos experimentos advindos de variações estranhas não controladas.

## CONCLUSÕES

Níveis baixos de pH reduzem drasticamente o comprimento de raiz e em menor intensidade o comprimento de parte aérea, matéria seca de raízes e matéria seca de parte aérea, o número de raízes diminuiu na presença de ácido acético e aumentou na presença dos demais ácidos estudados.

As variáveis comprimento de raiz e comprimento de parte aérea apresentam mesma variação independente do ácido utilizado, e as variáveis matéria seca de raízes, matéria seca de parte aérea e número de raízes apresentam comportamento dependente do ácido utilizado frente a variações de pH.

As variáveis matéria seca de raízes e de parte aérea são menos suscetíveis ao ácido butírico sob níveis baixos de pH do que para os ácidos acético e propiônico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMSTRONG, J.; ARMSTRONG, W. Rice and *Phragmites*: effects of organic acids on growth, root permeability, and radial oxygen loss to the rhizosphere. **American Journal of Botany**, v.88, n.8, p.1359-1370, 2001.
- BOHNEN, H.; SILVA, L.S.; MACEDO, V.R.M.; MARCOLIN, E. Ácidos orgânicos na solução de um gleissolo sob diferentes sistemas de cultivo com arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.475-480, 2005.
- CAMARGO, F.A.; ZONTA, E.; SANTOS, G.A.; ROSSIELLO, R.O.P. Aspectos fisiológicos e caracterização de toxidez a ácidos orgânicos voláteis em plantas. **Ciência Rural**, v.31, p.523-529, 2001.
- CARVALHO, F.L.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e Implicações da Correlação no Melhoramento Vegetal**. Pelotas-RS: Editora e Gráfica Universitária, 2004. 142p.
- JOHNSON, S.E.; ANGELES, O.R.; BRAR, D.S.; BURESH, R.J. Faster anaerobic decomposition of a brittle straw rice mutant: implications for residue management. **Soil Biology & Biochemistry**, v.38, p.1880-1892, 2006.
- KÖPP, M. M.; LUZ, V.K.; COIMBRA, J.L.M.; MAIA, L.C.; SOUSA, R.O.; CARVALHO, F.L.F.; OLIVEIRA, A.C. Evaluation of rice genotypes under propionate stress. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.39, p.1375-1384, 2008.
- WASEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. **Plant Roots: The Hidden Half**, New York: Marcel Dekker. 2002. 1120p.

VI CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO

Porto alegre, RS – Brasil  
11 a 14 de agosto de 2009-07-20

*Estresses e sustentabilidade: desafios para a lavoura arrozeira*

ANAIS



Porto Alegre, RS  
2009

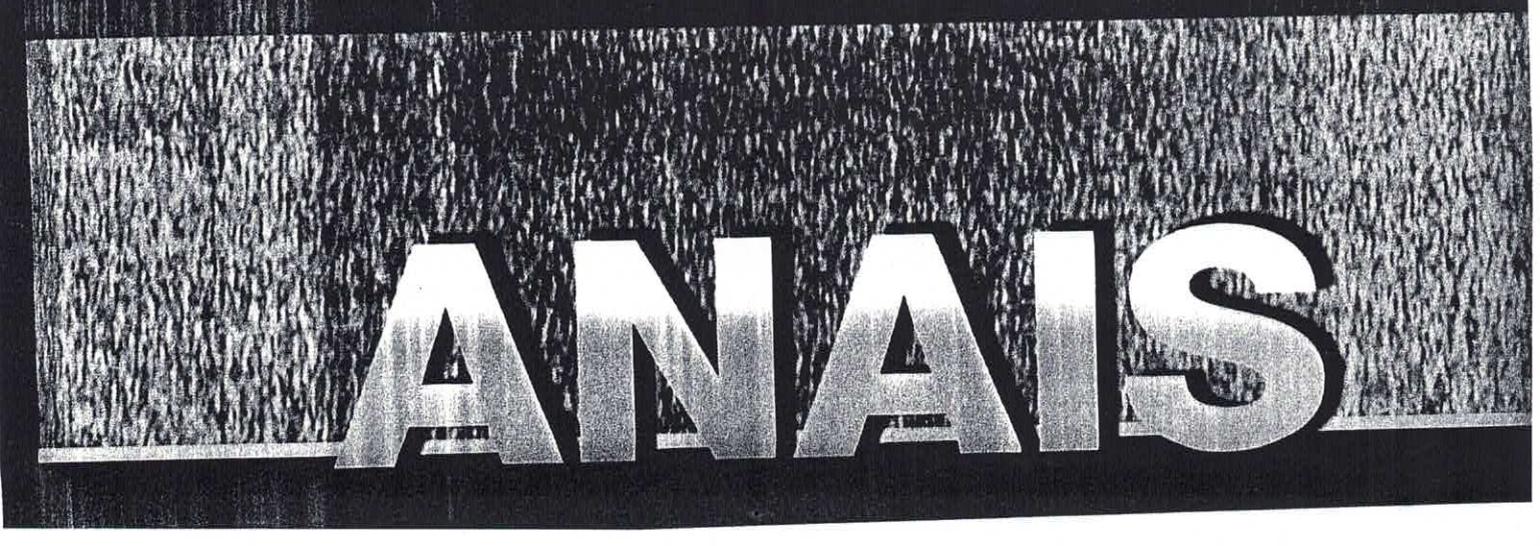
The logo is a circular emblem with a laurel wreath border. Inside the circle, the text 'VI CONGRESSO BRASILEIRO' is at the top, 'ARROZ IRRIGADO' is in the center on a white ribbon, and '2009' is at the bottom. The background of the emblem shows a rice field.

VI CONGRESSO  
BRASILEIRO

**ARROZ  
IRRIGADO**

2009

**Estresses e sustentabilidade:  
desafios para a lavoura arrozeira.**

A black and white photograph of a vast rice field with rows of rice plants stretching into the distance.

**ANAI S**