

NOTA CIENTÍFICA / SCIENTIFIC NOTE

TOXIDEZ POR ÁCIDOS ORGÂNICOS EM GENÓTIPOS DE ARROZ IRRIGADO¹

ORGANIC ACIDS TOXICITY ON LOWLAND RICE CROP GENOTYPES

Leandro BORTOLON²Rogério Oliveira de SOUSA³Elisandra Solange Oliveira BORTOLON⁴

RESUMO

O alagamento do solo para o cultivo do arroz irrigado promove condições de anaerobiose, produzindo ácidos orgânicos alifáticos de cadeia curta, que são tóxicos ao arroz. Com o objetivo de comparar o efeito dos ácidos acético, propiônico e butírico, em solução nutritiva, sobre o crescimento radicular e da parte aérea de três genótipos de arroz irrigado recomendados no Rio Grande do Sul, foi desenvolvido um experimento em condições controladas no Laboratório de Nutrição de Plantas da UFPel/FAEM/DS. Utilizou-se um delineamento fatorial 4x3 com 4 repetições, onde foram testados os seguintes tratamentos com ácidos orgânicos: testemunha, 5,00 mmol dm⁻³ de ácido acético; 1,25 mmol dm⁻³ de ácido propiônico e 1,00 mmol dm⁻³ de ácido butírico. Plântulas de arroz das cultivares EMBRAPA BRS - 7 TAIM, IRGA 417 e EMBRAPA BRS PELOTA com aproximadamente 3 cm de radícula, foram colocadas por treze dias em tubos de ensaio contendo solução nutritiva completa e ácidos orgânicos. O efeito dos ácidos orgânicos foi maior nas raízes do que na parte aérea; a cultivar PELOTA foi superior que as demais na presença de ácidos orgânicos, principalmente o ácido butírico; e dentro da cultivar, não houve diferença significativa entre os mesmos.

Palavras-chave: alagamento; ácido acético; ácido propiônico; ácido butírico; decomposição anaeróbia.

ABSTRACT

The soils flooded for lowland rice crop promote anaerobiosis conditions and low molecular weight organic aliphatic acids are produced and affect the rice crop by toxicity. This study was carried out to evaluate the organic acids effects in nutrient solution on lowland rice crop genotypes root and shoot growth recommended in Rio Grande do Sul State. The study was developed under controlled conditions (growth chamber) in the Plant Nutrition Laboratory at UFPel/FAEM/DS. A factorial statistical design 4x3 with 4 replicates was used. The following organic acids treatments were tested: zero; acetic acid 5.0 mmol dm⁻³; propionic acid 1.25 mmol dm⁻³; and butyric acid 1.0 mmol dm⁻³. Rice seedlings of genotypes EMBRAPA BRS-7 TAIM, IRGA417 and EMBRAPA BRS PELOTA with 3 cm of root growth were put inside test tubes for 13 days with complete nutrient solution and organic acids. The effect of the organic acids was bigger in roots than those rice shoot; the PELOTA genotype was superior to that those genotypes in presence of organic acids, mainly butyric acid; the genotypes did not differ among them.

Key-words: flooded soil; acetic acid; propionic acid; butyric acid; anaerobic decomposition.

¹ Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

² Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciência do Solo, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Avenida Bento Gonçalves, 7712, 91540-000, Porto Alegre – RS, Brasil. E-mail: leandro.bortolon@ufrgs.br. Autor para correspondência. Bolsista do CNPq.

³ Engenheiro Agrônomo, Dr. Ciência do Solo (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Professor Adjunto do Departamento de Solos da Universidade Federal de Pelotas, Porto Alegre – RS, Brasil. E-mail: rosousa@ufpel.tche.br.

⁴ Engenheira Agrônoma, Mestre em Ciência do Solo, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, Brasil. E-mail: elisandra.oliveira@ufrgs.br. Bolsista do CNPq

INTRODUÇÃO

Os solos hidromórficos representam 20% da área total do estado do Rio Grande do Sul (Pinto et al., 2004). Nesses solos, a maioria das espécies cultivadas tem seu desenvolvimento e produção afetados pela má drenagem natural, resultando num ambiente anaeróbico, favorecendo a produção de substâncias tóxicas (Camargo et al., 2001)

O alagamento do solo para o cultivo do arroz irrigado promove condições de anaerobiose que fazem com que o carbono orgânico seja metabolizado pelos microrganismos via fermentação, produzindo ácidos orgânicos alifáticos de cadeia curta, que são tóxicos ao arroz (Sousa & Bortolon, 2002). A adoção de sistemas de manejo conservacionistas, que prevê a manutenção dos resíduos vegetais sob a superfície do solo, favorece a maior produção de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, principalmente em áreas de ocorrência de solos hidromórficos, limitando o crescimento e o rendimento da cultura do arroz (Sousa & Bortolon, 2002; Schmidt et al., 2007).

Os ácidos acético, propiônico e butírico são os principais ácidos formados, apresentando, dependendo da quantidade e taxa de produção, potencial fitotóxico. A toxidez por ácidos orgânicos é manifestada, principalmente, no início do desenvolvimento do arroz, sendo caracterizada por uma menor germinação, crescimento inicial lento, menor crescimento radicular, menor absorção de nutrientes e menores rendimentos de grãos (Takijima, 1964; Sousa & Bortolon, 2002). Em caso de toxidez mais severa, os prejuízos ao crescimento das plantas podem refletir em outras fases, ocorrendo menor perfilhamento, absorção de nutrientes e rendimento de grãos (Camargo et al., 2001)

No Brasil, poucos estudos foram realizados em relação a esse problema. A adoção de sistemas de cultivo que prevêem um maior aporte de material orgânico via rotação de culturas e a manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo, observa-se um aumento na produção dos ácidos orgânicos (Sousa et al., 2002; Bohnen et al., 2005), necessitando aprofundar os estudos sobre os efeitos desses ácidos sobre a cultura do arroz. Uma das alternativas para minimizar os prejuízos causados pela toxidez por ácidos orgânicos seria a utilização de genótipos tolerantes (Kopp et al., 2007a; Kopp et al., 2007b). Todavia, são escassas as informações a respeito da tolerância dos genótipos de arroz irrigado recomendados para o Rio Grande do Sul (Kopp et al., 2007a; Kopp et al., 2007b). Assim, o objetivo do presente trabalho é comparar o efeito dos ácidos acético, propiônico e butírico, em solução nutritiva, sobre o crescimento radicular e da parte aérea de três genótipos de arroz irrigado recomendados no Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir o objetivo proposto, foi conduzido um experimento em solução nutritiva, em

câmara de crescimento, com condições controladas (luz por 10 h com intensidade de $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 80% de umidade, temperatura diurna de $29^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ e noturnas de $24^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$), utilizando-se como unidades experimentais tubos de ensaio com volume de 40 cm^3 . O experimento foi conduzido em um fatorial 4×3 com 4 repetições onde foram testados os seguintes fatores: fator A - ácidos orgânicos (1 - testemunha, sem ácido orgânico; 2 - $5,00 \text{ mmol dm}^{-3}$ de ácido acético; 3 - $1,25 \text{ mmol dm}^{-3}$ de ácido propiônico; 4 - $1,00 \text{ mmol dm}^{-3}$ de ácido butírico); fator B - genótipos de arroz irrigado (1 - EMBRAPA BRS-7 TAIM; 2 - IRGA 417; 3 - EMBRAPA BRS PELOTA). As doses foram estabelecidas com base nos trabalhos de Sousa & Bortolon (2002) e Schmidt et al. (2007) e foram utilizadas sementes genéticas, para se evitar desuniformidade fenotípica e genotípica decorrentes do processo de melhoramento.

As sementes foram pré-germinadas no interior de duas camadas de esponjas de 1 cm de espessura e colocadas em vasilha pyrex contendo água destilada, para que se mantivessem úmidas. No estágio de plântulas, as mais uniformes, foram transferidas para os tubos de ensaio previamente preenchidos com 30 cm^3 de solução nutritiva com a seguinte composição: $2,0 \text{ mmol dm}^{-3}$ de N; $1,5 \text{ mmol dm}^{-3}$ de Ca; $1,2 \text{ mmol dm}^{-3}$ de K; $1,2 \text{ mmol dm}^{-3}$ de P; $1,0 \text{ mmol dm}^{-3}$ de Cl; $1,25 \text{ mmol dm}^{-3}$ de Mg; $1,26 \text{ mmol dm}^{-3}$ de S; $0,0091 \text{ mmol dm}^{-3}$ de Mn; $0,0001 \text{ mmol dm}^{-3}$ de Mo; $0,0231 \text{ mmol dm}^{-3}$ de B; $0,079 \text{ mmol dm}^{-3}$ de Cu; $0,090 \text{ mmol dm}^{-3}$ de Fe e $0,0015 \text{ mmol dm}^{-3}$ de Zn e ácido orgânico, de modo que a concentração final de cada ácido, correspondesse ao tratamento testado. O pH da solução nutritiva foi ajustado diariamente ao valor 4,7 utilizando-se HCl $0,5 \text{ mol dm}^{-3}$ e NaOH $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$. As plântulas foram colocadas em discos de isopor para que não afundassem na solução nutritiva.

Os tubos foram colocados em um suporte de isopor recoberto com papel laminado, para impedir a proliferação de algas que poderiam alterar a composição da solução nutritiva. Antes da transferência das plantas, o material utilizado no experimento foi esterilizado em luz ultra-violeta por 30 min, em capela de fluxo laminar vertical. Foi realizada uma troca da solução nutritiva 7 dias após o transplante.

As plantas permaneceram 13 dias na solução nutritiva, sendo colhidas após este período. Após a coleta do material, realizou-se a separação da parte aérea e raízes, determinando-se o comprimento e o peso das mesmas. Os dados foram analisados por comparação múltipla de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento da raiz e da parte aérea das plantas foi reduzido com a presença dos ácidos orgânicos na solução nutritiva (Tabela 1). Embora tenha havido efeito negativo tanto no crescimento

da parte aérea, como no sistema radicular, a raiz apresentou maior sensibilidade aos ácidos. Esses efeitos dos ácidos orgânicos sobre as plantas de arroz foram observados, também, por outros autores (Takijima, 1964; Sousa & Bortolon, 2002). Os ácidos orgânicos interferem em processos responsáveis pela produção de energia no sistema radicular como a respiração e fosforilação oxidativa, e são inibidores de funções mitocondriais. Alguns processos como desacoplamento da fosforilação oxidativa, transporte de metabólitos e de enzimas solúveis no citossol e

funções ligadas a endomembranas como as responsáveis pela síntese de polissacarídeos e a ATPase, são inibidos na presença dos ácidos orgânicos (Camargo et al., 2001). Além disso, a presença de ácidos monocarboxílicos, altera a composição dos ácidos graxos na membrana plasmática promovendo um decréscimo da proporção de ácidos graxos polinsaturados, o que determina um aumento nas perdas de solutos, principalmente nutrientes como nitrogênio e potássio (Marschner, 1995).

TABELA 1 – Comprimento e matéria seca das partes aérea e radicular de três genótipos de arroz irrigado, após treze dias de cultivo em solução nutritiva completa, com adição de ácidos orgânicos.

Ácidos Orgânicos	Genótipos			Média
	TAIM	417	PELOTA	
Comprimento da parte aérea (cm)				
Testemunha	26,8	28,7	26,0	27,4 A
Acético	18,2	23,6	21,8	21,2 C
Propiônico	21,4	26,2	24,2	23,9 B
Butírico	20,7	24,5	23,2	22,8 BC
Média	21,7 c	25,9 a	23,8 b	
CV ¹ (%)		9		
Massa seca da parte aérea (mg planta ⁻¹)				
Testemunha	19,3	23,2	20,1	20,8 A
Acético	13,1	19,3	16,8	16,4 C
Propiônico	15,4	21,2	18,7	18,4 B
Butírico	15,0	19,7	17,8	17,5 BC
Média	15,7 c	20,9 a	18,3 b	
CV (%)		16		
Comprimento radicular (cm)				
Testemunha	9,1 a A	5,9 b A	8,3 a A	7,8
Acético	1,8 a B	2,5 a B	2,9 a B	2,4
Propiônico	1,6 b B	2,8 b B	4,2 b B	2,9
Butírico	1,2 b B	2,2 ab B	3,0 a B	2,1
Média	3,4	3,4	4,6	
CV (%)		7		
Massa seca radicular (mg planta ⁻¹)				
Testemunha	3,0	3,2	3,2	3,1 A
Acético	3,1	3,4	3,1	3,2 A
Propiônico	3,2	3,2	3,3	3,2 A
Butírico	3,0	3,1	3,2	3,1 A
Média	3,1 a	3,2 a	3,2 a	
CV (%)		11		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A ausência letras nas linhas e/ou colunas indica que as médias não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ¹CV: coeficiente de variação.

Em relação ao comprimento da parte aérea não houve interação entre os dois fatores testados (genótipos x ácidos), e as diferenças observadas devem-se aos efeitos principais dos fatores. Isto pode ser um indício de que altura de plantas não é um bom indicador para comparar os genótipos quanto a tolerância aos ácidos orgânicos. Em relação ao comprimento radicular houve interação entre os fatores testados, demonstrando que esta variável pode ser utilizada como um indicador de tolerância aos ácidos orgânicos. Todavia, como os genótipos apresentam diferenças de crescimento também no tratamento testemunha (Tabela 1) é conveniente que as diferenças entre os genótipos sejam discutidas em função do crescimento relativo das raízes (Figura 1). O menor crescimento relativo foi

observado no genótipo TAIM, para os três ácidos orgânicos avaliados, demonstrando uma maior sensibilidade desse genótipo a toxidez por ácidos orgânicos. O genótipo IRGA 417 apresentou o maior crescimento relativo entre os avaliados, demonstrando ser mais tolerante aos ácidos orgânicos.

A produção de matéria seca radicular (Tabela 1) não diferiu entre os tratamentos e entre as cultivares. Armstrong & Armstrong (2001) estudaram os sintomas fisiológicos relacionados à toxidez dos ácidos orgânicos e concluíram que os mesmos degradam a parede celular, inibem as funções respiratórias e consequentemente, reduzem a divisão celular do sistema radicular que está em contato direto com as substâncias tóxicas, indicando assim, a razão principal pelo menor

crescimento radicular, como também observado por Bortolon & Sousa (2002). Além disso, as raízes adventícias diminuíram o seu crescimento, promovendo proliferação de calos na base do coleóptilo, aumentando o número de raízes laterais, sendo essa a possível causa pelo aumento do

número de raízes e o mesmo peso de raízes observado, como constatado por diversos autores (Armstrong & Armstrong, 2001; Camargo et al., 2001; Bortolon & Sousa, 2002; Kopp et al., 2007a; Kopp et al., 2007b; Schmidt et al., 2007).

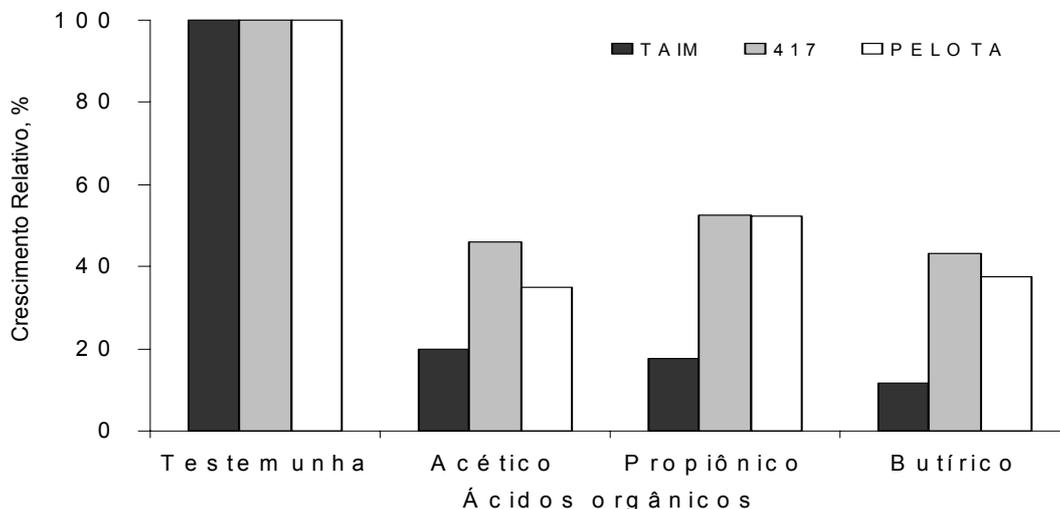


FIGURA 1 – Comprimento relativo da raiz de três genótipos de arroz irrigado, após 13 dias de cultivo em solução nutritiva completa, com ácidos orgânicos.

CONCLUSÕES

Este trabalho tem caráter preliminar e visa chamar a atenção do meio científico, principalmente da área de melhoramento vegetal, para o problema. Assim, a metodologia apresentada para ser utilizada com o objetivo de discriminar genótipos em relação à tolerância a toxidez por ácidos orgânicos precisa

de alguns ajustes. As doses utilizadas promoveram reduções muito elevadas no crescimento radicular, talvez fosse necessário trabalhar com doses mais baixas. Como a ocorrência desses ácidos no solo alagado é transitória, e ocorre no início do desenvolvimento da cultura do arroz, talvez fosse necessário avaliar a capacidade de recuperação das plantas passado o período de "stress".

REFERÊNCIAS

1. 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.
2. BOHNEN, H. et al. Ácidos orgânicos na solução de um gleissolo sob diferentes sistemas de cultivo de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 475-480, 2005.
3. CAMARGO, F. A. de O. et al. Aspectos fisiológicos e caracterização da toxidez de ácidos orgânicos voláteis em plantas. **Ciência Rural**, v. 31, n. 3, p. 523-529, 2001.
4. KOPP, M. M. et al. Níveis críticos dos ácidos acético, propiônico e butírico para estudos de toxicidade em arroz em solução nutritiva. **Acta Botanica Brasílica**, v. 21, n. 1, p. 147-154, 2007a.
5. KOPP, M. M. Organic acid tolerance in M3 families of oat mutants. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 7, n. 1, p. 59-66, 2007b.
6. MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.
7. PINTO, L. F. E.; LAUS, J. A.; PAULETTO, E. A. Solos de várzea no sul do Brasil. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES Jr., A. M (Ed.). Arroz irrigado no sul do Brasil, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 75-95.
8. SCHMIDT, F.; BORTOLON, L.; SOUSA, R. O. Toxidez pelos ácidos propiônico e butírico em plântulas de arroz. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 720-726, 2007.
9. SOUSA, R. O., BORTOLON, L. Crescimento radicular e da parte aérea do arroz (*Oriza sativa* L.) e absorção de nutrientes em solução nutritiva com diferentes concentrações de ácido acético. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 3, p. 231-235, 2002.
10. SOUSA, R. O.; PERALBA, M. C. R.; MEURER, E. J. Short chain organic acid dynamics in solution of flooded soil treated with ryegrass residues. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, n. 5-6, p. 779-787, 2002.
11. TAKIJIMA, Y. Studies on organic acids in paddy field soils with reference to their inhibitory effects on the growth of rice plants. Part 1. Growth inhibiting action of organic acids and absorption and decomposition of them by soils. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 10, n. 5, p. 204-211, 1964.

Recebido em 14/08/2008
Aceito em 07/01/2009