

CRESCIMENTO RADICULAR E DA PARTE AÉREA DO ARROZ (*Oryza sativa* L.) E ABSORÇÃO DE NUTRIENTES, EM SOLUÇÃO NUTRITIVA COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ÁCIDO ACÉTICO

RICE (*Oryza sativa* L.) ROOTS AND SHOOTS GROWTH AND NUTRIENTS UPTAKE ON NUTRIENT SOLUTION WITH DIFERENTS ACETIC ACID CONCENTRATIONS.

SOUSA, Rogério O. de¹; BORTOLON, Leandro²

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes concentrações de ácido acético, em solução nutritiva, no crescimento de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) e na absorção de nutrientes, foi desenvolvido um experimento em uma bancada com iluminação artificial no Laboratório de Nutrição de Plantas da UFPel/FAEM/DS. Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado com seis repetições, constando de seis níveis de ácido acético: 0,0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 15,0 mM. Plântulas de arroz da cultivar BRS-7 "Taim" com dois dias de germinação, foram cultivadas durante treze dias em tubos de ensaio contendo solução nutritiva completa e diferentes doses de ácido acético. O crescimento da raiz e da parte aérea diminuiu com a utilização de doses crescentes de ácido acético até 15,0 mM. Houve, também, redução no peso de matéria seca da parte aérea. O crescimento da raiz foi mais afetado do que o crescimento da parte aérea, porém não houve efeito significativo do ácido acético sobre o peso de matéria seca da raiz. O ácido acético diminuiu a absorção de N, P, K, Ca e Mg pelo arroz.

Palavras-chave: Ácidos orgânicos, toxidez, decomposição anaeróbia.

INTRODUÇÃO

A cultura do arroz irrigado tem como característica principal a manutenção de uma lâmina de água sobre o solo durante a maior parte de seu desenvolvimento. Quando o solo é alagado, o suprimento de O₂ torna-se extremamente lento e muito aquém da demanda biológica, pois a difusão do O₂ em água é cerca de 10.000 vezes mais lenta que no ar (PONNAMPERUMA, 1965). Após o consumo do O₂ presente no solo, os microrganismos aeróbios tornam-se inativos ou morrem, e os microrganismos anaeróbios, representados predominantemente por bactérias, proliferam às custas de energia fornecida pela matéria orgânica, utilizando compostos oxidados do solo e produtos da dissimilação da matéria orgânica como receptores finais de elétrons (VAHL, 1999).

Durante a decomposição anaeróbia formam-se produtos intermediários, resultantes principalmente da fermentação, entre os quais destacam-se os ácidos orgânicos alifáticos de cadeia curta e de baixo peso molecular, como o fórmico, o acético, o propiônico e o butírico, que ocorrem, usualmente, na faixa de concentração de 0,1 a 14 mM (VAHL, 1999; SOUSA et al., 2000; CAMARGO et al., 2001). Entre esses ácidos, o acético é geralmente o principal ácido orgânico formado no processo, sendo normalmente responsável por mais de 60%

da composição dos ácidos orgânicos produzidos em ambientes anaeróbios (LYNCH, 1976; SOUSA et al., 2000).

Em solos com altos teores de matéria orgânica e naqueles em que é incorporada matéria orgânica na forma de palha ou de adubos verdes, as concentrações dos ácidos orgânicos atingem um valor máximo em poucos dias de alagamento, podendo ocorrer toxidez às plantas de arroz. A toxidez por ácidos orgânicos manifesta-se, principalmente, nas fases iniciais de desenvolvimento do arroz, caracterizando-se por uma menor germinação, um menor crescimento radicular, um menor peso e altura de plântulas (TAKIJIMA, 1964; CAMARGO et al., 1993; SOUSA, 2001). Em casos de toxidez mais severa, os prejuízos ao crescimento das plantas podem se refletir em outras fases, ocorrendo menor perfilhamento, menor absorção de nutrientes e menor rendimento de grãos (CAMARGO et al., 2001).

No Brasil, foram realizados poucos trabalhos a respeito da toxidez por ácidos orgânicos, pois esta ficava restrita a área de solos orgânicos. Todavia, com a introdução dos sistemas de plantio direto e cultivo mínimo de arroz irrigado, que prevê a manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo, ocorre produção de maior quantidade de ácidos orgânicos de cadeia curta (SOUSA et al., 2002a), que podem estar limitando o crescimento e a produtividade do arroz irrigado nesses sistemas. Desta forma, tem crescido o interesse pelo assunto, e faz-se necessário um maior conhecimento do problema.

Um dos aspectos que merece maiores estudos diz respeito aos níveis críticos de toxidez dos ácidos orgânicos. Os níveis críticos reportados na literatura são bastante variáveis e normalmente foram determinados em genótipos que não são utilizados no Brasil. Assim está se propondo o presente trabalho, que tem por objetivo, avaliar o efeito de diferentes concentrações de ácido acético em solução nutritiva no crescimento e absorção de nutrientes em plantas de arroz irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos, foi conduzido um experimento em solução nutritiva, no Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Solos da FAEM/UFPel, em bancada de laboratório com fornecimento de luz artificial, utilizando-se como unidades experimentais tubos de ensaio com volume de 40 ml. Os tratamentos constam de doses do ácido acético de 0,0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 15,0 mM, adicionados

¹ Eng. Agr. Prof. Dr. Depto de Solos FAEM/UFPel Cx. Postal 354 CEP 96010-900 Pelotas - RS E-mail: rosousa@ufpel.tche.br

² Aluno do curso de Agronomia, bolsista de Iniciação Científica da FAPERGS. Depto de Solos FAEM/UFPel Cx. Postal 354 CEP 96010-900 Pelotas – RS

(Recebido para publicação em 27/05/2002)

à solução nutritiva (Tabela 1). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 6 repetições.

Tabela 1 - Concentração de nutrientes e substâncias utilizadas no preparo da solução nutritiva.

Nutriente fornecido	Quantidade mg L ⁻¹	Substância utilizada
N	28	CO(NH ₂) ₂
N	28	
Ca	40	Ca(NO ₃) ₂ . 4H ₂ O
K	45	
P	36	KH ₂ PO ₄
Ca	20	CaCl ₂ .2H ₂ O
Cl	35	
Mg	30	MgSO ₄ .7H ₂ O
S	40	
Mn	0,5	MnCl ₂ .2H ₂ O
Cl	0,64	
Mo	0,01	
N	0,004	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₄ .4H ₂ O
B	0,25	H ₃ BO ₃
Cu	0,5	CuSO ₄ .5H ₂ O
S	0,25	
Fe	5,0	FeSO ₄ . 7H ₂ O
		Na EDTA
Zn	0,1	
S	0,05	ZnSO ₄ .5H ₂ O

Sementes de arroz da cultivar BRS-7 "Taim", foram colocadas para germinar no interior de um conjunto formado por duas folhas de papel de germinação entre duas esponjas de 1 cm de espessura, todos com dimensões de 10 cm de comprimento por 5 cm de largura, e colocados em vasilha plástica contendo água destilada, para que permanecessem úmidos.

Após a germinação das sementes, quando a radícula apresentou 3 cm, foi realizado uma seleção das plântulas mais uniformes, que foram colocadas em discos de isopor, com diâmetro um pouco inferior ao diâmetro do tubo de ensaio. Nos discos de isopor foi feito uma incisão da extremidade ao centro, onde a plântula foi inserida, permitindo assim, sua sustentação. Os tubos de ensaio, os discos de isopor e a pinça utilizada para manusear as sementes foram esterilizados em luz ultra-violeta por 30 minutos, em capela de fluxo laminar vertical. Em seguida, os tubos de ensaio foram preenchidos com 30 ml de solução nutritiva e foram adicionadas quantidades variáveis do ácido acético, de modo que a concentração final do ácido, correspondesse às concentrações de cada tratamento. O pH da solução nutritiva foi ajustado ao valor 4,7 utilizando-se HCl 0,5M e NaOH 1,0M.

Os tubos de ensaio foram colocados em um suporte de isopor recoberto com papel laminado. A parte superior do tubo de ensaio (1cm) ficou para fora do suporte, porém foi fechada individualmente com papel laminado, ficando um pequeno furo que permitiu o crescimento da planta. Com isso, a solução nutritiva permaneceu no escuro durante a realização do experimento, impedindo a proliferação de algas que poderiam alterar a sua composição e interferir na absorção de nutrientes pelas plantas. Foi realizada uma troca da solução nutritiva aos 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 das

mesmas. Em seguida, foram secas em estufa a 60°C até peso constante, para determinação da matéria seca e teores de N, P, K, Ca e Mg, conforme metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995).

Os dados foram submetidos a análise da variância pelo teste F a 5% de probabilidade e regressão polinomial utilizando o Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores – SANEST – (ZONTA & MACHADO, 1984). Os valores da variável independente (X) corresponderam as doses de ácido acético e os da variável dependente (Y) os valores obtidos para os diferentes indicadores avaliados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento da raiz e da parte aérea do arroz foi sensivelmente afetado pelo ácido acético (Figura 1). Houve uma redução no comprimento da raiz e da parte aérea do arroz, com o aumento das doses de ácido acético até a concentração máxima de 15 mM (Figura 2). Segundo TAKENAGA (1995), a fitotoxicidade de ácidos orgânicos, como o ácido acético, decorre da diminuição da respiração e fosforilação oxidativa do sistema radicular. Diversos autores (RADAMOSS, 1976; WOTJTEZAK, 1976; MORRÉ & MOLLENHEAUER, 1979; CHAN & HIGGIM, 1978) citados por CAMARGO et al. (1993) comentam que os ácidos orgânicos de cadeia curta, como o acético, são inibidores de funções da mitocôndria, sendo que desacoplamento da fosforilação oxidativa, transporte de metabólitos e de enzimas glicolíticas solúveis no citossol e funções ligadas a endomembranas, como as responsáveis pela síntese de polissacarídeos e a ATPase são as mais afetadas. Como consequência desses efeitos no sistema radicular, ocorre redução também no crescimento da parte aérea do arroz.

Houve uma redução do peso de matéria seca da parte aérea com o aumento nas doses de ácido acético, enquanto que o peso de matéria seca da raiz não foi significativamente afetado (Figura 3). As raízes do arroz, embora tenham apresentado menor crescimento (Figura 2), provavelmente apresentaram um maior raio com o aumento das doses de ácido acético, conforme foi observado por SOUSA et al. (2002b) com plantas de soja, o que deve ter contribuído para igualar os pesos de matéria seca.

Embora tenha havido efeito negativo tanto no crescimento da parte aérea, como no sistema radicular, o ácido acético apresentou maior efeito inibitório sobre o crescimento da raiz. Uma inibição de 50% no crescimento do sistema radicular foi obtida a uma concentração de 4,7 mM, enquanto que na parte aérea, para atingir o mesmo valor de inibição, foi necessário uma concentração de 8,0 mM de ácido acético. Diversos outros autores (TAKIJIMA, 1964; RAO & MIKKELSEN, 1977; CAMARGO et al., 1993) também observaram que a parte da planta que sofre os maiores efeitos de ácidos orgânicos é o sistema radicular. TAKIJIMA (1964), observou que para inibir em 50% o crescimento radicular, foi necessário concentrações de 9,3 mM de ácido acético, valor superior ao observado neste trabalho, que foi de 4,7 mM. As diferenças nos valores dos teores críticos entre os dois trabalhos provavelmente ocorreu devido a diferenças nas condições experimentais, principalmente em relação aos teores de nutrientes e pH da solução nutritiva e diferenças de reação dos genótipos ao ácido acético.

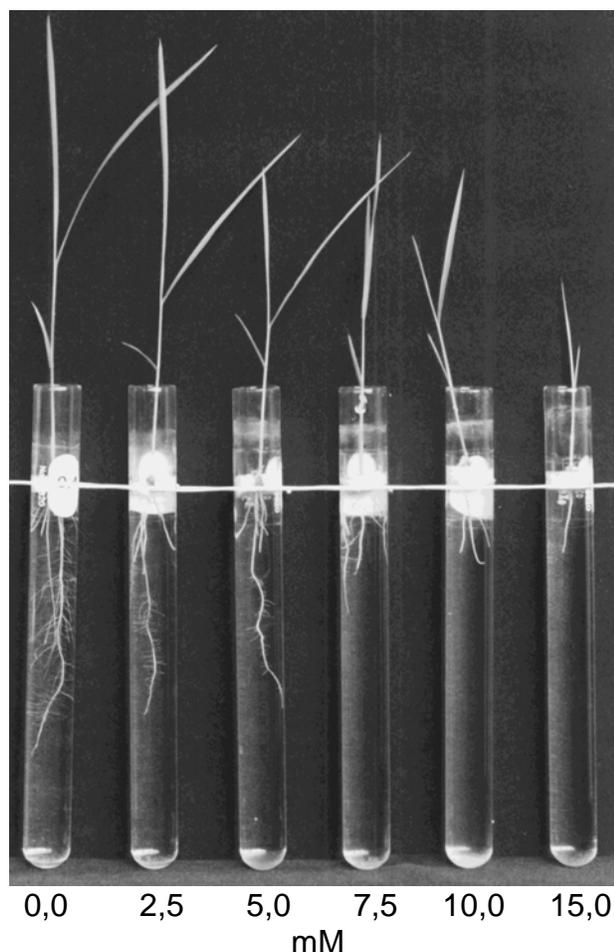


Figura 1 – Plantas de arroz da cultivar BRS 7 “Taim”, após 13 dias de crescimento em solução nutritiva completa, com diferentes doses de ácido acético.

O pH da solução tem um efeito importante sobre a toxidez dos ácidos orgânicos (RAO & MIKKELSEN, 1977; LYNCH et al., 1980; CAMARGO et al., 1993). A constante de dissociação de ácido acético é $pK = 4,7$, o que significa que a pH 4,7 ele se encontra 50% dissociado na forma de acetato e 50% não dissociado na forma de ácido, enquanto que a pH 6,5, 95% deste encontra-se na forma de acetato (dissociado). O decréscimo do pH da solução leva a um aumento da forma não dissociada, o que determina uma maior fitotoxidez, pois segundo MARSCHNER (1995) moléculas neutras são mais solúveis nos componentes lipídicos da membrana, aumentando sua permeabilidade. No trabalho de TAKIJIMA (1964), a solução nutritiva foi preparada a valores de pH entre 5,5 e 6,0, que devem ter determinado uma menor toxidez do ácido acético pois o pH da solução do presente trabalho foi fixado em 4,7. A concentração de 2,5 mM de ácido acético já mostrou-se prejudicial ao arroz, pois causou 30% de redução do crescimento radicular (Figura 2) e 18% de redução do crescimento da parte aérea. SOUSA et al. (2002a), trabalhando em vasos em casa de vegetação com um Planossolo alagado onde foi adicionado 10 t ha^{-1} de resíduos de azevém, encontraram teores de ácido acético de até 33 mM, que seguramente teriam efeito tóxico muito alto. BOHNEN et al. (2002) avaliaram os teores de ácido acético à campo, encontrando valores máximos de 2,0 mM, na presença de $3,5 \text{ t ha}^{-1}$ de resíduos de azevém, que já seriam potencialmente tóxicos ao arroz, embora os autores não

tenham feito referência a ocorrência de toxidez por ácidos orgânicos. Por outro lado é difícil de se estabelecer um nível crítico de toxidez, pois a intensidade dos efeitos do ácido acético vai depender da combinação de uma série de variáveis, como pH, tipo de solo, tolerância dos genótipos de arroz e outros fatores relacionados à condução do experimento.

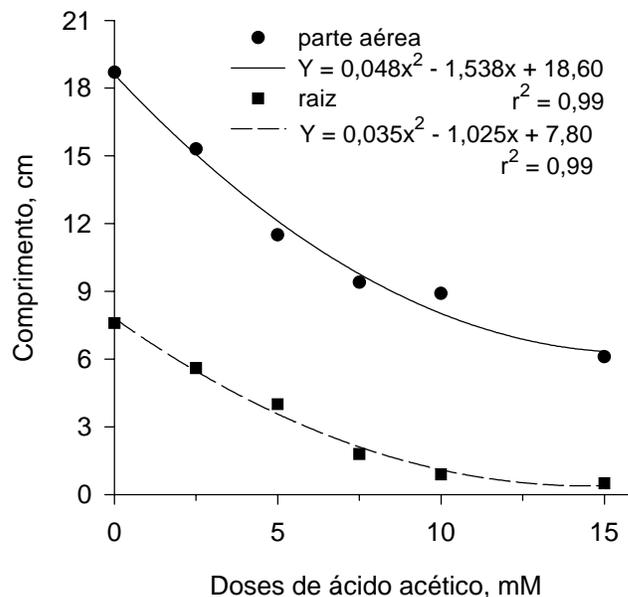


Figura 2 – Relação entre doses de ácido acético em solução nutritiva e o comprimento radicular e da parte aérea das plantas de arroz da cultivar BRS 7 “Taim”, cultivadas durante 13 dias.

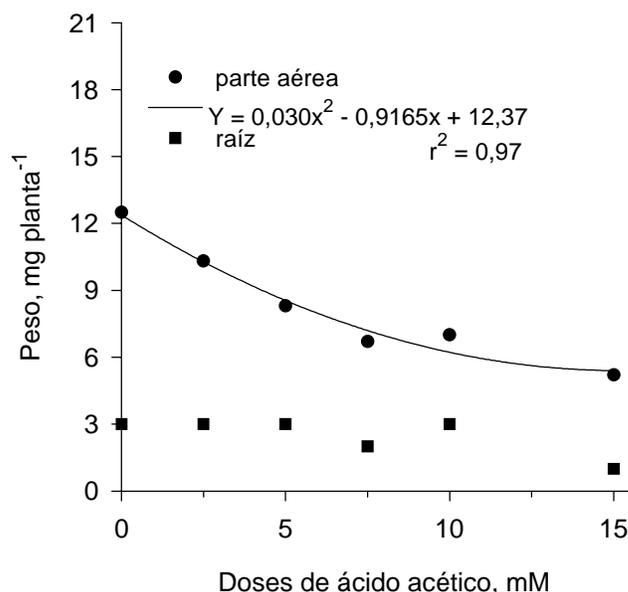


Figura 3 – Relação entre doses de ácido acético em solução nutritiva e o peso radicular e da parte aérea das plantas de arroz da cultivar BRS 7 “Taim”, cultivadas durante 13 dias.

O ácido acético afetou negativamente a absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio pelo arroz (Tabelas 2 e 3). Houve diminuição na concentração dos

nutrientes na parte aérea do arroz e na quantidade total absorvida pelas plantas. Diversos autores (TAKIJIMA, 1964; RAO & MIKKELSEN, 1977) também observaram inibição na absorção de nutrientes como efeito dos ácidos orgânicos. A diminuição no crescimento radicular e inibição de processos responsáveis pela geração de energia como a fosforilação oxidativa, seriam responsáveis pela menor absorção de nutrientes na presença de ácidos orgânicos como o acético (TAKENAGA, 1995). Todavia, outro efeito importante poderia

estar relacionado com a integridade da membrana plasmática. A presença de ácidos monocarboxílicos como o acético, altera a composição dos ácidos graxos na membrana plasmática promovendo um decréscimo da proporção de ácidos graxos poliinsaturados, o que determina um aumento nas perdas de solutos, principalmente de nutrientes como nitrogênio e potássio (LEE, 1977 e JACKSON & ST. JOHN, 1980, citados por MARSCHNER, 1995).

Tabela 2 - Concentração de nutrientes (g 100g⁻¹) e quantidade acumulada (mg planta⁻¹) na parte aérea da cultivar de arroz BRS-7 "Taim" em função de doses de ácido acético em solução nutritiva.

Doses de Ácido Acético (mM)	N	P	K	Ca	Mg
	----- g 100g ⁻¹ -----				
0,0	5,36	0,34	7,68	0,44	0,59
2,5	4,85	0,24	6,99	0,29	0,55
5,0	4,00	-	3,03	0,32	0,58
7,5	4,29	0,20	3,14	0,35	0,50
10,0	3,99	0,20	2,78	0,26	0,40
15,0	2,71	0,25	2,04	0,10	0,48
	----- mg planta ⁻¹ -----				
0,0	0,70	0,05	1,00	0,06	0,08
2,5	0,48	0,02	0,70	0,03	0,06
5,0	0,32	-	0,24	0,03	0,05
7,5	0,30	0,01	0,22	0,02	0,04
10,0	0,28	0,01	0,19	0,02	0,03
15,0	0,14	0,01	0,10	0,01	0,02

Tabela 3 - Curvas de regressão entre as doses de ácido acético (X) em solução nutritiva e concentração de nutrientes na parte aérea (Y₁), em g 100g⁻¹, e quantidade acumulada (Y₂), mg planta⁻¹, da cultivar de arroz BRS-7 "Taim".

Elementos	Teor no tecido		Total absorvido por planta	
	Curva	r ²	Curva	r ²
N	Y ₁ = -0,16x + 5,25	0,90	Y ₂ =0,002x ² - 0,07 + 0,67	0,94
P	Y ₁ =0,002x ² - 0,03x + 0,32	0,94	Y ₂ = 0,0002x ² - 0,005x + 0,04	0,94
K	Y ₁ = 0,035x ² - 0,92x + 7,97	0,90	Y ₂ =0,0063x ² - 0,15x + 0,99	0,95
Ca	Y ₁ =-0,0008x ² - 0,0058x + 0,39	0,80	Y ₂ =0,0002x ² - 0,0054x + 0,051	0,88
Mg	Y ₁ =0,0007x ² - 0,021x + 0,61	0,66	Y ₂ =0,0003x ² - 0,0074x + 0,075	0,99

CONCLUSÕES

O ácido acético é tóxico para a cultivar de arroz BRS-7 "Taim", em doses entre 2,5 e 15,0 mM em solução nutritiva, apresentando, na menor dose, 30% de redução de crescimento radicular e 18% de redução de crescimento da parte aérea.

O ácido acético em doses a partir de 2,5 mM diminui a absorção e acumulação de N, P, K, Ca e Mg em plantas de arroz da cultivar BRS-7 "Taim".

ABSTRACT:

With the objective to study the effect of different concentrations of acetic acid in nutrient solution, on the growth and uptake of nutrients by rice (*Oryza sativa* L.) plants, was carried out an experiment on stand of laboratory with artificial light on the Plant Nutrition Laboratory UFPE/FAEM/DS. The experiment was randomly designed with six

replications, consisting six levels of acetic acid: 0,0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 15,0 mM. Rice seedlings of cultivar BRS-7 "Taim" with two days of germination was placed for thirteen days on test tube containing complete nutrient solution and different levels of acetic acid. The growth of roots and shoot of rice plants was decreased with the utilizing of increasing levels of acetic acid between 2,5 and 15,0 mM. There was, also, reduction on dry matter weight of shoot. The growth of roots was affected more than the growth of shoot. However, hasn't significant effect of acetic acid on dry matter weight of roots. Acetic acid addition decreased N, P, K, Ca e Mg uptake by rice plants.

Key words: Organic acids, toxicity, anaerobic decomposition.

REFERÊNCIAS

BOHNEN, H.; SILVA, L.S.; MACEDO, V.R.M. et al. Ácidos orgânicos em sistemas de cultivo com arroz irrigado. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 4., 2002,

- Porto Alegre. **Resumos expandidos**. Porto Alegre: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. CD-ROM.
- CAMARGO, F.A. de O.; SANTOS, G. de A.; ROSSIELO, R.O.P. Efeito dos ácidos acético e butírico sobre o crescimento de plântulas de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.9, p.1011-1018, 1993.
- CAMARGO, F.A. de O.; ZONTA, E.; SANTOS, G. de A. et al. Aspectos fisiológicos e caracterização da toxidez de ácidos orgânicos voláteis em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.523-529, 2001.
- LYNCH, J.M. Products of soil microorganisms in relation to plant growth. **CRC - Critical Reviews in Microbiology**, New York, v.5, n.1, p.67-107, 1976.
- LYNCH, J.M.; GUNN, K.B.; PANTING, L.M. On the concentration of acetic acid in straw and soil. **Plant and Soil**, The Hague, v.56, n.1, p.93-98, 1980.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- PONNAMPERUMA, F. N. Dynamic aspects of flooded soils and the nutrition of the rice plant. In: SYMPOSIUM ON THE MINERAL NUTRITION OF THE RICE PLANT, 1964, Los Baños. **Proceedings**. Baltimore: IRRI, 1965. p.295-328.
- RAO, D.N.; MIKKELSEN, D.S. Effects of acetic, propionic, and butyric acids on rice seedling growth and nutrition. **Plant and Soil**, The Hague, v.47, n.2, p.323-334, 1977.
- SOUSA, R.O.; PERALBA, M.C.R.; MEURER, E. J., et al. Ácidos orgânicos em solos alagados. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 3., 2000, Pelotas. **Resumos Expandidos**. Pelotas: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.331-337.
- SOUSA, R. O. **Oxirredução em solos alagados afetada por resíduos vegetais**. Porto Alegre, 2001. 164p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 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**. Athens: 33: 779-787, 2002a.
- SOUSA, R.O.; BORTOLON, L.; OLIVEIRA, E.S. et al. Estudos preliminares sobre a toxidez por ácido acético em plantas de soja. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE DIVERSIFICAÇÃO DO USO DE VÁRZEAS DE CLIMA TEMPERADO, 1, 2002, Pelotas. **Anais**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002b. CD-ROM.
- TAKENAGA, H. Nutrient absorption in relation to environmental factors. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K., ISHII, R., et al. **Science of the rice plant: physiology**. Tokyo: Nosan Gyoson Bunka Kyokai, 1995. p. 278-294.
- 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 Plant Nutrition**, Tokyo, v.10, n.5, p.204-211, 1964.
- TEDESCO, M. J. GIANELLO, C.; BISSANI, C. A et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS. 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, n.5)
- VAHL, L.C. Fertilidade de solos de várzea. In: **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. 201p.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **SANEST – Sistema de análise estatística para microcomputadores**. Pelotas, 1984. Registrado na Secretaria Especial de Informática, sob nº 066060/categoria A.