

## **Germinação e crescimento inicial de cultivares de aveia branca submetidas a estresse por ácido butírico**

Elisa Souza Lemes; Sandro de Oliveira; Lizandro Ciciliano Tavares, Cassyo Rufino de Araujo;  
Daniel Ândrei Robe Fonseca; Géri Eduardo Meneghello

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - UFPEL/FAEM, Campus Universitário, Pelotas, RS CEP: 96001970. E-mails: lemes.elisa@yahoo.com.br; sandrofaem@yahoo.com.br; lizandro\_cicilianotavares@yahoo.com.br; cassyo.araujo@yahoo.com.br; danielfonseca30@yahoo.com.br; gmeneghello@gmail.com

**Resumo:** Numerosos compostos são formados pelo metabolismo anaeróbico, destacando-se os ácidos orgânicos, como o butírico. Entretanto, uma das alternativas para minimizar os prejuízos causados pela toxidez desse ácido seria a utilização de cultivares tolerantes. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a germinação e o crescimento inicial de plântulas provenientes de cultivares de aveia branca submetidas a diferentes concentrações de ácido butírico. Foram utilizadas sementes de aveia branca das cultivares URS 21, Brisasul, Barbarasul e Taura. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado e os tratamentos constaram de um esquema fatorial A X B (Fator A: cultivares de aveia branca URS 21, Brisasul, Barbarasul e Taura e Fator B: cinco concentrações de ácido butírico, sendo elas: 0; 3; 6; 9 e 12 mM). Foram avaliados a primeira contagem da germinação, germinação, comprimento de parte aérea e raiz e massa seca de parte aérea e raiz das plântulas. Concluiu-se que, concentrações de ácido butírico acima de 3 mM são prejudiciais à germinação e ao crescimento inicial das plântulas de aveia branca, sendo mais drástico para o sistema radicular do que para o crescimento da parte aérea. A cultivar Barbarasul foi a que se mostrou mais tolerante ao ácido butírico a partir da concentração de 6 mM tanto para germinação como para primeira contagem da germinação.

**Palavras chave:** *Avena sativa* L., ácidos orgânicos, sementes; toxidez

## **Germination and initial growth of white oat cultivars under stress for butyric acid**

**Abstract:** Numerous compounds are formed by anaerobic metabolism, especially organic acids such as butyric, however one of the alternatives to minimize the damage caused by the toxicity of this acid would be the use of tolerant oat cultivars. The objective of this study was to evaluate the germination and initial growth of oat cultivars exposed to different concentrations of butyric acid. Seeds of oat cultivar URS 21, Brisasul, Barbarasul and Taura were used. The experimental design was completely randomized and the treatments consisted of a factorial arrangement AXB (Factor A: oat cultivars URS 21, Brisasul, Barbarasul and Taura and Factor B: five concentrations of butyric acid, as follows: 0, 3, 6, 9 and 12 mM). Seed quality was evaluated by the first count of germination, shoot length and root and shoot dry mass and root. Butyric acid affected seed germination and vigor of oats, as well as the initial growth of seedlings, being more drastic for root than shoot growth. It is concluded that butyric acid concentrations above 3 mM are harmful to the germination and early seedling growth of oat, being more drastic for the root system than to shoot growth. Cultivar Barbarasul was shown to be more tolerant of butyric acid from the concentration of 6 mM for both germination and for the first count of germination.

**Key-Words:** *Avena sativa* L., organic acids, seeds, toxicity

## Introdução

A aveia branca é um importante cereal, ocupando mundialmente o sexto lugar em produção. No Brasil, o cultivo concentra-se, principalmente, nos Estados do Rio Grande do Sul (RS) e Paraná (PR), sendo que nos últimos dez anos a produtividade média de aveia branca no RS e PR atingiu 2,4 t ha<sup>-1</sup> e 2,6 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (CONAB, 2012). A aveia branca apresenta-se como uma importante alternativa para utilização em sucessão de culturas, devido às suas propriedades restauradoras do solo, melhorando as características físicas e químicas e tendo um papel fundamental em sistemas de semeadura direta (PORTO, 2007).

No entanto, na incorporação de resíduos culturais ao solo antes de novo processo de semeadura há, potencialmente, a desvantagem de que produtos fitotóxicos, oriundos do metabolismo do material orgânico incorporado, possam exercer efeitos negativos, limitando a germinação e o estabelecimento das plântulas da cultura subsequente (CAMARGO et al., 2001). A Região Sul do Brasil possui 6,8 milhões de hectares, constituída, em parte, por solos hidromórficos, que representam 20% da área total do estado do Rio Grande do Sul (PINTO et al., 2004). Em solos de várzea, o alagamento propicia condições anaeróbicas, agravando ainda mais esse problema, pois, dada à baixa eficiência metabólica microbiana na conversão do carbono adicionado, ocorre o acúmulo de compostos que afetam de forma irreversível a produtividade final das culturas estabelecidas nesse sistema (CAMARGO et al., 1995a; BRANCKER et al., 1996).

Dos numerosos compostos formados pelo metabolismo anaeróbico, destacam-se os ácidos orgânicos, especialmente os ácidos alifáticos de cadeia curta, como o acético, o propiônico e o butírico. Os efeitos tóxicos desses ácidos dependem do tipo e da concentração (RAO; MIKKELSEN, 1977a) e atingem valor máximo poucos dias após o alagamento, podendo ocorrer toxidez às plantas (SOUSA; BORTOLON, 2006). Tais efeitos desses ácidos podem ocorrer na faixa

de concentração de 0,1 a 14mM (SOUSA, 2001) e, geralmente, na proporção de 6:3:1, respectivamente (BOHNEN et al., 2005). O acúmulo destes ácidos no solo afeta diretamente algumas culturas, principalmente pela inibição da respiração, levando à diminuição no alongamento radicular (CAMARGO et al., 1993b) e na absorção de nutrientes (RAO; MIKKELSEN, 1977a, 1977b; Camargo et al., 1995b).

Contudo, nos solos que possuem estas características, uma alternativa para minimizar os prejuízos causados pela toxidez dos ácidos orgânicos é a utilização de cultivares tolerantes de aveia-branca (KOPP et al., 2007). No entanto, são escassas as informações a respeito da tolerância de cultivares de aveia branca recomendadas para o Rio Grande do Sul em relação à tolerância a ácidos orgânicos, especialmente ao ácido butírico. No Brasil, poucos estudos foram realizados relacionando germinação, vigor das sementes e crescimento inicial das plântulas de aveia branca frente às variações das concentrações de ácido butírico. O ácido butírico apresenta elevado potencial de danos ao estabelecimento de plântulas de arroz, e, apesar de estar em menor concentração na solução do solo, causa maior estresse, pois, quanto maior o tamanho da cadeia de carbonos do ácido maior é sua fitotoxidez (RAO; MIKKELSEN, 1977a; ANGELES et al., 2006) e como a aveia branca pertence à mesma família botânica do arroz, provavelmente o efeito sobre essa espécie seja similar.

Badinelli e Tunes (2008) afirmam que o ácido butírico é um dos que apresenta maior concentração no solo e predomina por maior tempo, por isso, observar o comportamento das sementes frente a esse ácido é essencial para analisar a sua capacidade de tolerância. Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a germinação e o crescimento inicial plântulas provenientes de cultivares de aveia branca, submetidas a diferentes concentrações de ácido butírico.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório Didático de Análise de Sementes (LDAS) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Foram utilizadas sementes de aveia branca das cultivares URS 21, Barbarasul, Barbarasul e Taura.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado e os tratamentos constaram de um esquema fatorial 4 X 5 (Fator A: cultivares de aveia branca URS 21, Barbarasul, Barbarasul e Taura e Fator B: cinco concentrações de ácido butírico, sendo elas: 0; 3; 6; 9 e 12 mM).

A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelos seguintes testes no laboratório: Germinação (G): conduzida com 200 sementes, com quatro repetições de 50 sementes por tratamento, utilizando como substrato rolos de papel para germinação, previamente umedecidos com as soluções de ácido butírico na proporção de 2,5 vezes a sua massa seca e mantidos em germinador à temperatura de 20 °C. As avaliações foram efetuadas 10 dias após a semeadura conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais. Primeira contagem da germinação (PCG): avaliada aos cinco dias após a semeadura, por ocasião da realização do teste de germinação. Comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) das plântulas: realizada com quatro subamostras de 20 sementes para cada tratamento. Utilizou-se como substrato rolos de papel para germinação do tipo *germitest*, previamente umedecidos com as soluções de ácido butírico na proporção de 2,5 vezes a sua massa seca. As sementes foram distribuídas em duas linhas retas longitudinais e desencontradas no terço superior do papel. Após a confecção dos rolos, os mesmos foram colocados em germinador regulado a temperatura constante de 20 °C (NAKAGAWA, 1999). No décimo dia após a semeadura, foi avaliado o comprimento da parte aérea e da raiz das plântulas normais, sendo cada plântula medida separadamente e, em seguida, foi calculado o comprimento médio da parte aérea e da raiz. Massa seca de parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR): realizada juntamente com o teste de

comprimento de plântulas, sendo a parte aérea e raiz separadas com auxílio de bisturi, colocados em sacos de papel e mantidas em estufa com circulação de ar a 60 °C, por 72 horas. Após esse período, as amostras foram colocadas para resfriar em dessecador e pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g. Os resultados foram expressos em mg.plântula<sup>-1</sup> (NAKAGAWA, 1999).

Os dados foram submetidos à análise de variância e, havendo significância da interação, foram realizados os devidos desdobramentos que consistiu na comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de  $p > 0,05$  para o fator qualitativo cultivar e regressão polinomial para o fator quantitativo concentração de ácido butírico. Os dados expressos em porcentagem foram submetidos à transformação  $\arcsen \text{ raiz } (x/100)$ . Para a análise estatística foi utilizado o Sistema de Análise Estatística Winstat versão 1.0 (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2003).

## Resultados e Discussão

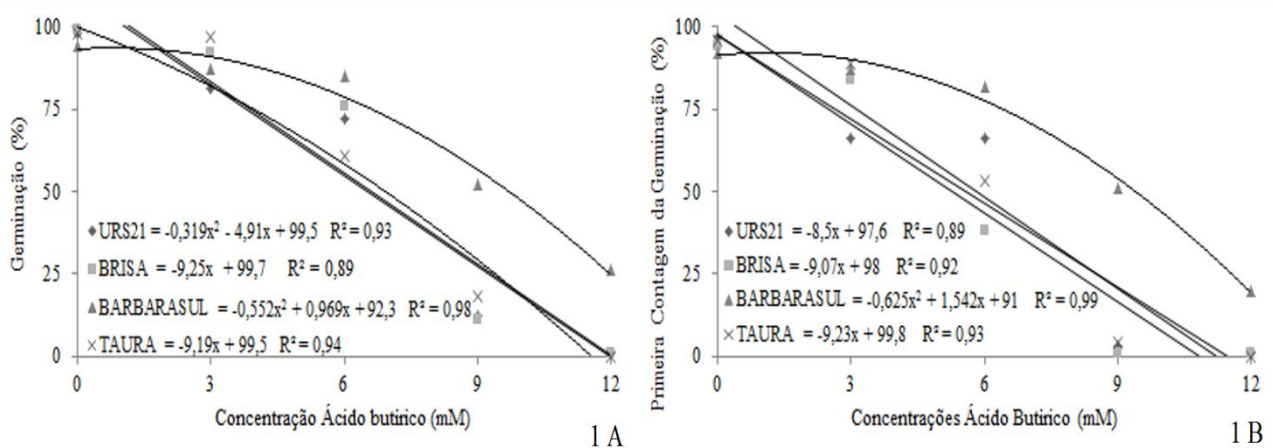
Na Tabela 1 e Figura 1 encontram-se os resultados de germinação (G) e primeira contagem da germinação (PCG) de sementes de aveia branca, obtidos na comparação de médias entre as cultivares, dentro de cada nível de concentração do ácido butírico. Observa-se que a cultivar Barbarasul foi a que se mostrou mais tolerante em comparação às demais cultivares estudadas, quando submetida ao ácido butírico a partir da concentração de 6 mM. Na Figura 1, observa-se que tanto a germinação (G) quanto a primeira contagem da germinação (Figura 1B) foram afetadas negativamente pelo aumento da concentração do ácido butírico, para as quatro cultivares avaliadas. A dose de 3 mM apresentou drástica redução da germinação para todas as cultivares estudadas, sendo a concentração de 12 mM de ácido butírico a mais prejudicial, reduzindo praticamente 100% o número de plântulas normais. Para o teste de PCG (Figura 1B) constatou-se que a cultivar Barbarasul se mostrou mais tolerante à concentração de 12 mM de ácido butírico, observando-se comportamento quadrático da germinação para as cultivares Barbarasul e URS 21 submetidas às concentrações crescentes de ácido butírico.

**Tabela 1** - Germinação (G) e primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de aveia branca das cultivares URS 21, Brisasul, Barbarasul e Taura, submetidas à germinação sob diferentes concentrações de ácido butírico.

\*Médias seguidas da mesma letra na linha dentro de cada variável resposta, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey com  $p > 0,05$  de probabilidade.

Concentração (mM)	G (%)				PCG (%)			
	URS 21	Brisa	Barbarasul	Taura	URS 21	Brisa	Barbarasul	Taura
0	98a*	99a	94a	98a	97 <sup>a</sup>	94a	92a	96a
3	81c	92ab	87bc	97a	66b	84a	87a	89a
6	72b	76b	85a	61c	66b	38d	82a	53c
9	12b	11b	52a	18b	3b	1b	51a	4b
12	1b	1b	26a	0b	1b	1b	20a	0b
Média	53	56	69	55	47	44	66	48
C.V. (%)	6,4				6,6			

**Figura 1** - Germinação (1A) e primeira contagem da germinação (1B) de sementes de aveia branca das cultivares URS 21, Brisasul, Barbarasul e Taura submetidas a diferentes concentrações de ácido butírico.



A cultivar Barbarasul apresentou germinação máxima na concentração de 0,88 mM de ácido butírico, enquanto que na cultivar URS 21 a germinação máxima foi obtida com a concentração de 7,7 mM. Já a germinação das sementes das cultivares Brisa e Taura apresentou comportamento linear, sendo que, para cada unidade de aumento da concentração do ácido butírico, a germinação reduziu-se 9,25 e 9,19

pontos percentuais, respectivamente. Isso corrobora com os resultados obtidos por Tunes et al. (2008), que verificaram redução da germinação de sementes de aveia branca submetidas a concentrações crescentes de ácido butírico.

De acordo com Neves et al. (2007), para medir os efeitos dos ácidos acético, butírico e propiônico no vigor das sementes, é necessário

utilizar testes de germinação e de vigor (comprimento de plântulas e peso da massa seca).

Não houve interação entre os fatores cultivar e concentração de ácido butírico para a variável MSPA. Em virtude disso, realizou-se apenas a comparação entre médias para avaliar o efeito das cultivares e regressão polinomial para avaliar o efeito das diferentes concentrações de ácido butírico sobre a massa seca da parte aérea das plântulas (Tabela 2 e Figura 3E). Observou-se grande redução nesta variável com o aumento da concentração de ácido butírico, independentemente da cultivar. Para todas as cultivares estudadas, ocorreu redução no CPA

(Figura 2C) e CR (Figura 2D) à medida que aumentou as concentrações de ácido butírico. Na concentração de 3 mM, a cultivar URS 21 foi a que apresentou maior redução no CR em relação às demais cultivares. Semelhantemente, Schmidt et al. (2007), trabalhando com sementes de arroz, observaram reduções nas variáveis CPA e CR a partir da concentração de 1 mM do ácido butírico. Tunes et al. (2008) também observaram, em sementes de aveia, reduções no CPA e CR à medida que se aumentou as concentrações do ácido butírico (0 mM, 2 mM, 4 mM, 8 mM e 12 mM), sendo o CR a variável que apresentou maior redução, chegando a uma decréscimo de 50% na concentração de 3 mM de ácido butírico.

**Tabela 2** - Comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de plântulas provenientes de sementes de aveia branca das cultivares URS 21, Brisasul, Barbarasul e Taura submetidas a diferentes concentrações de ácido butírico.

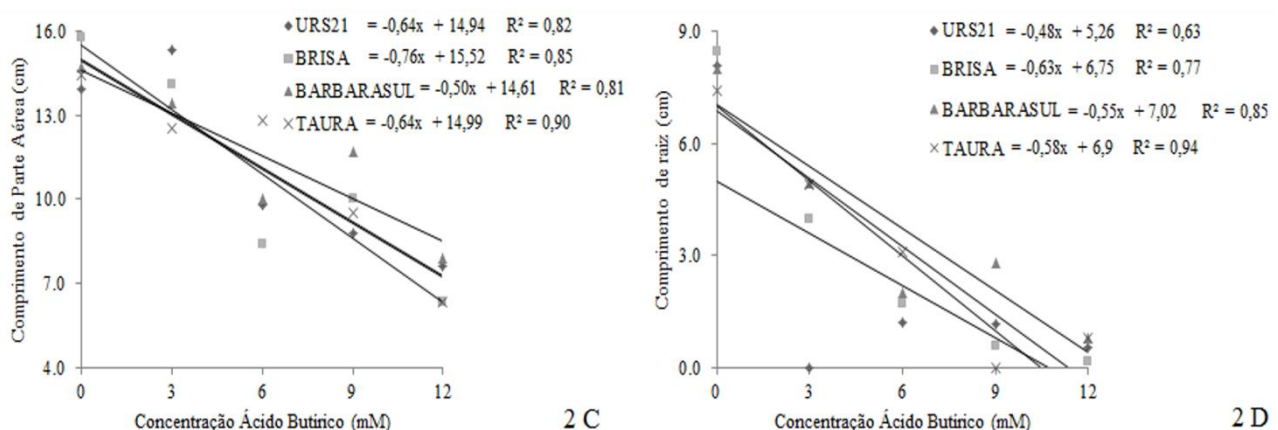
Concentração (mM)	URS21	Brisa	Barbarasul	Taura	URS21	Brisa	Barbarasul	Taura
	CPA (cm)				CR (cm)			
0	14,0a	15,8a	14,7a	14,5a	8,1a	8,5a	8,0a	7,4a
3	15,3a	14,1a	13,4a	12,6a	1,0b	4,0a	4,9a	4,9a
6	9,8ab	8,4b	10,0ab	12,8a	1,2bc	1,7ab	2,0ab	3,1a
9	8,8a	10,0a	11,7a	9,5a	1,2ab	0,6b	2,8a	0,8b
12	7,6a	6,3a	7,9a	6,3a	0,6a	0,1a	0,8a	0,8a
Média	11,1	11,3	11,6	11,1	2,4	3,2	3,6	3,6
C.V. (%)	15,3				20,2			
Concentração (mM)	URS21	Brisa	Barbarasul	Taura	URS21	Brisa	Barbarasul	Taura
	MSR (mg)				MSPA (mg)			
0	35,8a	42,2a	36,4a	37,3a	75,0	75,7	65,2	74,1
3	25,7b	31,9ab	34,7a	30,0ab	66,0	71,9	68,1	77,7
6	22,7ab	16,8b	28,4a	22,9ab	66,6	71,3	72,6	72,4
9	13,6a	12,3a	19,3a	18,0a	63,0	62,9	57,6	76,0
12	11,1ab	6,0b	13,5ab	14,7a	58,8	59,2	59,9	70,0
Média	22,0	21,8	26,4	24,6	65,9a	68,2ab	64,7b	74,0a
C.V. (%)	17,7				10,4			

\*Médias seguidas da mesma letra na linha dentro de cada variável resposta, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey com  $p > 0,05$  de probabilidade.

Segundo Armstrong e Armstrong (2001), que estudaram os sintomas fisiológicos relacionados à toxidez de ácidos orgânicos em arroz, há evidências de que eles causam degradação da parede celular, inibição das funções respiratórias e diminuição da divisão celular do sistema radicular, que está em contato direto com o elemento tóxico. Isso pode explicar o menor crescimento e acúmulo de matéria seca na raiz das plântulas. Em relação à MSPA (Tabela 2), observou-se que a comparação foi realizada entre as médias das cultivares verificando-se, que a cultivar Barbarasul foi inferior as demais cultivares estudadas, não diferindo estatisticamente apenas da cultivar Brisa. A média dos resultados das variáveis comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR) das plântulas estão representadas na Figura 2, onde pode-se observar que houve sensível redução com o aumento das concentrações do ácido butírico. Embora tenham ocorrido reduções tanto da parte aérea como do sistema radicular das plântulas com o aumento da concentração de ácido butírico, a raiz apresentou maior sensibilidade a este ácido, provavelmente por estar em contato direto com o mesmo. Os dados obtidos concordam com Kopp et al. (2007) em arroz, que constataram que o comprimento de raiz é a variável mais afetada pelas

concentrações de ácidos orgânicos. De acordo com Takenaga (1995), os ácidos orgânicos interferem em processos responsáveis pela produção de energia no sistema radicular, como a respiração e a fosforilação oxidativa, e são inibidores de funções das mitocôndrias, interferindo no processo inicial de desenvolvimento das plântulas e no alongamento radicular para melhor fixação no solo. No presente trabalho, a partir da concentração de 3 mM de ácido butírico, ocorreu redução no comprimento da raiz nas cultivares URS 21, Brisa, Barbarasul e Taura de 80%, 53%, 39% e 18%, respectivamente. Rao e Mikkelsen (1977a) também observaram reduções de 42% no crescimento da parte aérea e 63% na raiz, com a concentração de 5 mM de ácido butírico. Verificou-se redução linear na MSPA à medida que aumentaram as concentrações do ácido butírico, independente da cultivar (Figura 3E). Já a MSR apresentou interação significativa entre os fatores cultivar e concentração de ácido butírico (Figura 3F), sendo que as cultivares Barbarasul e Taura demonstraram-se mais tolerantes à presença do ácido butírico. Kopp et al. (2010) também verificaram redução da matéria seca da raiz em plântulas de arroz com aumento das concentrações do ácido butírico.

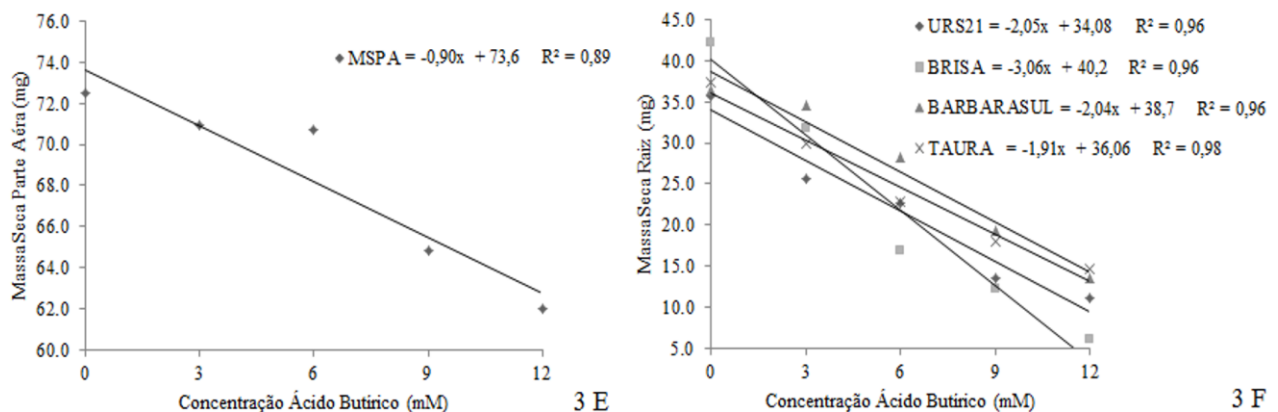
**Figura 2** - Comprimento da parte aérea (2C) e raiz (2D) de plântulas de aveia branca provenientes de sementes das cultivares URS 21, Brisa, Barbarasul e Taura submetidas a diferentes concentrações de ácido butírico.



Segundo Schmidt et al. (2007), existe variação nos níveis críticos de toxidez do ácido butírico, provavelmente devido às diferenças nas condições de realização dos experimentos, principalmente no que se refere aos genótipos, concentração e tempo de contato com os ácidos orgânicos. Badinelli e Tunes (2008) estudaram o

efeito das concentrações dos ácidos acético, propiônico e butírico em aveia branca, e verificaram que, à medida que aumenta a concentração dos ácidos orgânicos, ocorre diminuição tanto do comprimento como da massa da matéria seca das raízes.

**Figura 3** - Média da massa seca da parte aérea (3E) e raiz (3F) de plântulas de aveia branca das cultivares URS 21, Brisasul, Barbarasul e Taura submetidas a diferentes concentrações de ácido butírico.



## Conclusão

Concentrações de ácido butírico acima de 3 mM são prejudiciais a germinação e ao crescimento inicial das plântulas de aveia branca, sendo mais drástico para o sistema radicular do que para o crescimento da parte aérea. A cultivar Barbarasul foi a que se mostrou mais tolerante ao ácido butírico a partir da concentração de 6 mM tanto para germinação como para primeira contagem da germinação.

## Referências

ANGELES, O.R.; JOHNSON, S.E.; BURESH, R.J. Soil solution sampling for organic acids in rice paddy soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.70, n.1, p. 48-56, 2006.

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, p. 1359-137, 2001.

BADINELLI, P.G.; TUNES, L.M. Avaliação de diferentes concentrações do ácido acético, propiônico e butírico em sementes de aveia branca. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. Pelotas. **Anais...** Pelotas: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, p. 322-328, 2008.

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, n.3, p. 475-480, 2005.

BRANCKER, A.; CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A. Occurrence of physiological disease in flooded rice fields. **Ciência Rural**, v.26, n.1, p. 149-151, 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 399p.

CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; ROSSIELLO, R.O.P. Acúmulo de nutrientes pelo arroz influenciado pela incorporação de palha em gleissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.2, p. 243-247, 1995b.

CAMARGO, F.A.; ZONTA, E.; SANTOS, G. DE A.; ROSSIELLO, R.O.P. Aspectos fisiológicos e caracterização de toxidez a ácidos orgânicos voláteis em plantas. **Ciência Rural**, v.31, n.3, p.523-529, 2001.

CAMARGO, F.A.; ZONTA, E.; SANTOS, G. DE A.; ROSSIELLO, R.O.P. Efeito dos ácidos acético e butírico sobre o crescimento de plântulas de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.9, p. 1011-1018, 1993.

CAMARGO, F.A.; ZONTA, E.; SANTOS, G. DE A.; ROSSIELLO, R.O.P. Incorporação de palha de arroz em um gleissolo e efeitos no rendimento da cultura do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.7, p.983-987, 1995a.

CONAB. **Aveia**: Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2011/2012-Disponível em:<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_07\\_05\\_08\\_41\\_20\\_boletim\\_graos\\_](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_07_05_08_41_20_boletim_graos_)>. Acesso em: 10 jul. 2012.

KOPP, M.M.; LUZ, V.K.; MAIA, L.C.; COIMBRA, J.L.M.; SOUSA, R.O.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C. Avaliação de genótipos de arroz sob efeito do ácido butírico. **Acta Botanica Brasilica**, v.24, n.2, p.578-584, 2010.

KOPP, M.M.; LUZ, V.K.; COIMBRA, J.L.M.; SOUSA, R.O.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C. Níveis críticos dos ácidos acético, propiônico e butírico para estudos de toxicidade em arroz em

solução nutritiva. **Acta Botanica Brasilica**, v.21, n.1, p.147-154, 2007.

MACHADO, A. A.; CONCEIÇÃO, A. R. **Sistema de análise estatística para Windows**. WinStat. Versão 1.0. UFPel. 2003.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. v.2. Londrina: ABRATES, p.9-13, 1999.

NEVES, L.A.S.; MORAES, D.M., LOPES, N.F.; ABREU, C.M. Vigor de sementes e atividade bioquímica em plantas de arroz submetidas a ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. v.1-2, n.13, p.79-80, 2007.

PINTO, L.F.E.; LAUS, J.A.; PAULETTO, E.A. Solos de várzea no sul do Brasil. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A.M. (Ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica.

PORTO, M.P. Método de seleção de plantas de milho para tolerância ao encharcamento do solo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.13, p.1-2, 1997.

RAO, D.N.; MIKKELSEN, D.S. Effect of acetic, propionic, and butyric acids on rice seedlings growth and nutrition. **Plant and Soil**, v.47, p.323-334, 1977b.

RAO, D.N.; MIKKELSEN, D.S. Effect of acetic, propionic, and butyric acids on young rice seedlings growth. **Agronomy Journal**, v.69, p. 923-928, 1977a.

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.

SOUSA, R. O. **Oxirredução em solos alagados afetada por resíduos vegetais**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 164p., 2001.

SOUSA, R.O.; BORTOLON, L. Crescimento radicular e da parte aérea do arroz (*Oryza sativa* L.) e absorção de nutrientes em solução nutritiva



com diferentes concentrações de ácido acético. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8, p.231-235, 2006.

TAKENAGA, H. Nutrient absorption in relation to environmental factors. In: MATSUO, T. et al. (Ed.). **Science of the rice plant: physiology**. Tokyo: Nosan Gyoson Bunka Kyokai, 1995.

TUNES, L.M., OLIVO, F., BADINELLI, P.G., CANTOS, A.; BARROS, A.C.S.A. Aspectos fisiológicos da toxidez de ácidos orgânicos em sementes de aveia. **Biotemas**, v.21, p.21-28, 2008.

Recebido: em 16/10/13  
Aceito: em 02/12/13