

# ANÁLISE DE QUALIDADE DE CULTIVARES DE AVEIA SUBMETIDA AO ESTRESSE POR ÁCIDO PROPIÔNICO

## QUALITY ANALYSIS OF OAT CULTIVARS UNDER STRESS OF PROPIONIC ACID

Lilian Madruga TUNES<sup>1</sup>; Elisa Souza LEMES<sup>2</sup>; Mateus PINO<sup>2</sup>; André Pich BRUNES<sup>2</sup>; Cassyo de Araujo RUFINO<sup>2</sup>; Francisco Amaral VILLELA<sup>1</sup>

1. Professor, Doutor, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Pelotas- UFPel, Pelotas, RS, Brasil; 2. Pós-Graduandos do PPG Ciência e Tecnologia de Semente - UFPel. lemes.elisa@yahoo.com.br

**RESUMO:** Para que o cultivo da aveia (*Avena sativa* L.) torne-se economicamente viável em solos de várzea, faz-se necessário a utilização de cultivares tolerantes aos principais ácidos orgânicos produzidos pela decomposição da matéria orgânica gerada em cultivos inundados. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade de sementes de cultivares de aveia branca submetidos a estresse por diferentes concentrações ácido propiônico. O experimento foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes (LDAS) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Foram utilizadas sementes de aveia branca, cultivares: URS 21, Brisasul, Barbarasul e Taura; nas quais foram analisados os efeitos de cinco concentrações do ácido propiônico (0; 3; 6; 9 e 12 mM). A qualidade das sementes foi avaliada pelos testes de germinação, primeira contagem do teste de germinação, comprimento da parte aérea e raiz e massa seca da parte aérea e da raiz. Os dados foram submetidos à análise de variância e analisados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, tanto para os fatores quanto para a interação entre eles e os dados quantitativos foram submetidos à regressão polinomial. Pelos resultados verificou-se que todas as cultivares de aveia foram afetadas pelas diferentes concentrações do ácido propiônico. A cultivar Barbarasul foi a mais tolerante frente ao estresse pelo ácido propiônico. O ácido propiônico altera a qualidade fisiológica e o vigor de sementes de aveia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ácidos orgânicos. *Avena sativa* L. Sementes. Toxidez.

### INTRODUÇÃO

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é um dos mais importantes cereais, ocupando, em nível mundial, o sexto lugar em produção. É uma das espécies mais antigas cultivadas pelo homem, tendo como uso seus grãos para alimentação humana e animal, pois apresenta um balanceamento de aminoácidos, vitaminas, minerais e carboidratos de alta qualidade, (VELLOSO; FEDERIZZI, 2000). Embora o Brasil não seja conhecido mundialmente como produtor de aveia, nos últimos anos teve um aumento na área plantada, atingindo uma área total de 160 mil hectares (IBGE, 2012).

O sucesso da agricultura de um país têm sido dependente da disponibilidade e utilização de sementes e mudas de boa qualidade. No entanto, para esta cultura, observa-se escassa literatura referente ao controle de qualidade no processo de produção de sementes. Neste, além do rendimento, deve ser dada ênfase à qualidade, pois este atributo tem fundamental significado (LUCCA FILHO et al., 1999; MENEZES et al., 2009).

A aveia se apresenta como uma importante alternativa para participar do sistema de sucessão de culturas, devido a suas propriedades restauradoras do solo, tendo um papel fundamental em sistemas de semeadura direta. Assim, é uma excelente opção para diversificação agrícola em regiões de

monocultivo, como o sul do estado do Rio Grande do Sul, onde predomina a cultura do arroz irrigado em sucessão com pastagens nativas (PORTO, 2007).

Para que o cultivo da aveia seja uma alternativa economicamente viável em solos de várzea, faz-se necessário a utilização de cultivares tolerantes aos principais ácidos orgânicos produzidos pela decomposição da matéria orgânica gerada em cultivos inundados. Destacam-se os ácidos alifáticos de cadeia curta, como o propiônico (KOOP et al., 2009).

A produção deste ácido atinge valor máximo em poucos dias após o alagamento, podendo ocorrer toxidez às plantas (SOUSA; BORTOLON, 2002). O seu acúmulo no solo afeta diretamente as culturas, principalmente, pela inibição da respiração, degradação das membranas celulares (JOHNSON et al., 2006), afetando diretamente o desenvolvimento inicial das plântulas.

A deficiente bibliografia disponível evidência a necessidade de mais estudos com relação aos materiais e aos métodos utilizados para avaliação da toxicidade por ácidos orgânicos, como o propiônico, pois a maior parte dos trabalhos são antigos e desenvolvidos com materiais e métodos que não refletem as atuais condições experimentais utilizadas nestes tipos de estudos. Assim, para que o cultivo da aveia seja uma alternativa economicamente viável em solos de várzea se faz

necessário a utilização de cultivares com tolerância aos principais ácidos orgânicos produzidos pela decomposição da matéria orgânica.

O efeito dos ácidos orgânicos sobre a qualidade fisiológica de sementes é pouco descrita. Na aveia, o problema é mais grave, pois existem poucos relatos sobre a viabilidade, vigor, composição química e atividades enzimáticas das sementes afetadas por ácidos orgânicos derivados da decomposição anaeróbica de resíduos vegetais. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de sementes de cultivares de aveia branca submetidos a estresse por diferentes concentrações ácido propiônico.

## 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, Brisasul, Barbarasul e Taura; nas quais foram analisados os efeitos de cinco concentrações do ácido propiônico (0; 3; 6; 9 e 12 mM).

A qualidade das sementes foi avaliada pelos seguintes testes no laboratório:

Primeira contagem do teste de germinação (PCG) – avaliada aos cinco dias após a semeadura.

Germinação (G) – com quatro repetições de 50 sementes por repetição, utilizando como substrato rolos de papel para germinação da marca *germitest* previamente umedecidos na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco com ácido propiônico e mantido 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 expressos em porcentagem de plântulas normais.

Comprimento de parte aérea e raiz (CPA e CR) - realizada com quatro subamostras de 20 sementes para cada tratamento. Utilizou-se como substrato rolos de papel para germinação do tipo *germitest*, previamente umedecidos na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco com ácido propiônico. 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 e de raiz de plântulas (MSPA e MSR) - realizada juntamente com o teste de comprimento de plântulas. A parte aérea e raiz foram separadas com auxílio de bisturi, colocados em sacos de papel e levados para secar em estufa com circulação a 60 °C, durante 72 horas. Após esse período, as amostras foram colocadas para resfriar em dessecadores 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 analisados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, tanto para os fatores quanto para a interação entre eles e os dados quantitativos foram submetidos à regressão polinomial. Para a análise estatística foi utilizado o Sistema de Análise Estatística Winstat versão 1.0 (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de germinação não apresentou interação entre os fatores cultivar e concentração do ácido, em virtude disso realizou-se apenas a comparação entre médias para as cultivares (Tabela 1) e regressão polinomial para o fator concentração do ácido (Figura 1 A). Na tabela 1, observa-se que a cultivar Barbarasul foi superior às demais cultivares. No entanto, para regressão polinomial do fator concentração, não foi constatado diferença entre os tratamentos (Figura 1 A). Resultados semelhantes foram encontrados por Lynch (1980), onde não verificou efeitos na germinação com o ácido propiônico em cevada (*Hordeum vulgare* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), milho (*Zea mays* L.), colza (*Brassica napus* L.) e trevo (*Trifolium repens* L.).

Para o teste de primeira contagem da germinação foi constatado interação entre os fatores. Observa-se que, a cultivar Barbarasul foi superior as demais cultivares na concentração de 6 mM (Tabela 1). Todas as cultivares analisadas apresentaram redução linear à medida que aumentaram as concentrações do ácido propiônico (Figura 1 B). As reduções na porcentagem de plântulas normais para as cultivares Urs 21, Taura, Brisasul e Barbarasul foi de 8,22; 7,65; 8,97 e 8,52 % para cada unidade de aumento da concentração do ácido, respectivamente. Assim, pode dizer que esse ácido influenciou negativamente a qualidade das sementes. Resultados semelhantes foram encontrados por Neves et al. (2009) e Tunes et al. (2012) em sementes de aveia e trigo, respectivamente. A cultivar mais resistente frente a

esse estresse foi a Barbarasul e a mais sensível foi a Taura.

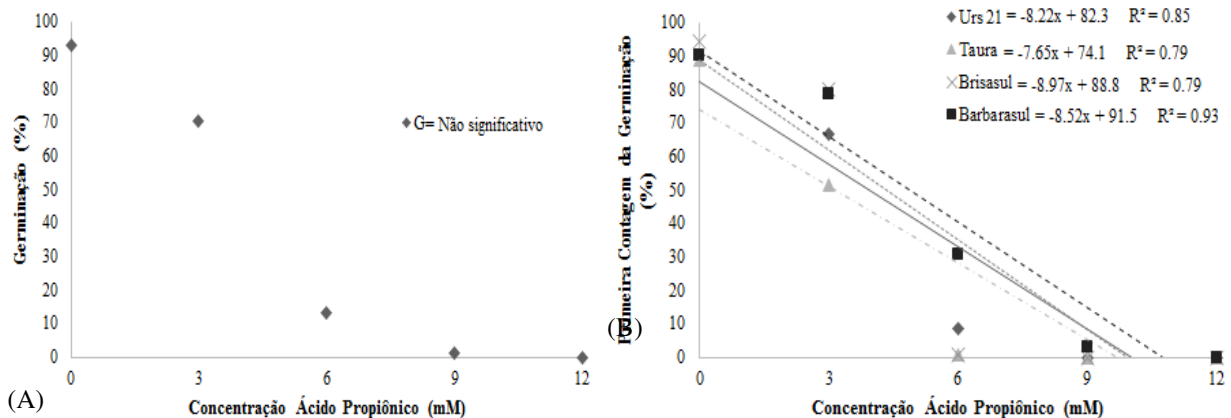
A ação dos ácidos orgânicos sobre a germinação das sementes tem sido pouco descrito, haja vista que a maior preocupação está voltada para o estágio de plântula, quando os ácidos orgânicos estão em alta concentração no solo (CAMARGO et

al., 1993). Camargo et al. (1993) verificou que altos níveis de fitotoxicidade foram obtidos nos estágios iniciais da decomposição da matéria orgânica no solo, tornando-se evidente nos três primeiros dias, o que culmina com a germinação das sementes, atingindo a máxima concentração na terceira semana e declinando após uma semana.

**Tabela 1.** Efeito das concentrações do ácido propiônico na germinação (G) e primeira contagem de germinação (PCG) de sementes de aveia branca das cultivares URS 21, Brisasul, Barbarasul e Taura.

Concentração (mM)	G (%)				PCG (%)			
	URS 21	Brisa	Barbarasul	Taura	URS 21	Brisa	Barbarasul	Taura
0	92*	97	91	93	90a	95a	90a	89a
3	68	82	79	54	67b	80a	79a	52c
6	14	1	1	1	9b	1c	31a	1c
9	0	0	6	0	0a	0a	3a	0a
12	0	0	0	0	0a	0a	0a	0a
Média	35b	36b	42a	30c	33	35	40	29
C.V. (%)	9,3				10,2			

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



**Figura 1.** Média da germinação e primeira contagem da germinação de plântulas de aveia das cultivares URS 21, Brisasul, Barbarasul e Taura submetidas a diferentes concentrações de ácido propiônico.

No que tange o comprimento da parte aérea e raiz, a cultivar Barbarasul, de modo geral, mostrou-se mais tolerante nas concentrações elevadas (Tabela 2). Na figura 2 A, constatou-se que todas as cultivares apresentaram redução gradativa à medida que aumentaram as concentrações do ácido propiônico, sendo que na concentração mais elevada (12 mM) esse decréscimo para as cultivares URS 21, Taura, Brisasul e Barbarasul foi de 6,84; 7,44; 9,96 e 7,08 cm em relação a concentração zero (controle), respectivamente. Para o comprimento de raiz as cultivares Taura e Brisasul não foram significativas em nenhum dos modelos testados

(Figura 2 B). No entanto, as cultivares Urs 21 e Barbarasul apresentaram decréscimo, neste parâmetro, com o aumento das concentrações do ácido propiônico, sendo a redução de 0,29 e 0,50 cm para cada unidade de aumento da concentração do ácido, respectivamente. A concentração de 9 mM do ácido propiônico foi a que teve maior efeito nas cultivares, apresentando os menores resultados do comprimento da raiz. A variável comprimento da raiz foi a de maior responsividade, com redução significativa a partir da dose de 3 mM. Para Tunes et al. (2012) em sementes de trigo a variável

comprimento da raiz foi a de maior responsividade, com redução significativa a partir da dose de 4 mM.

Pode ser constatado, que as cultivares apresentaram respostas diferenciais apenas para a variável comprimento de raiz. Dessa forma, o sistema radicular, na fase inicial do crescimento vegetal, é a estrutura mais afetada, principalmente, o alongamento radicular. Esses sintomas estão associados à inibição à respiração, com consequente inibição da divisão celular.

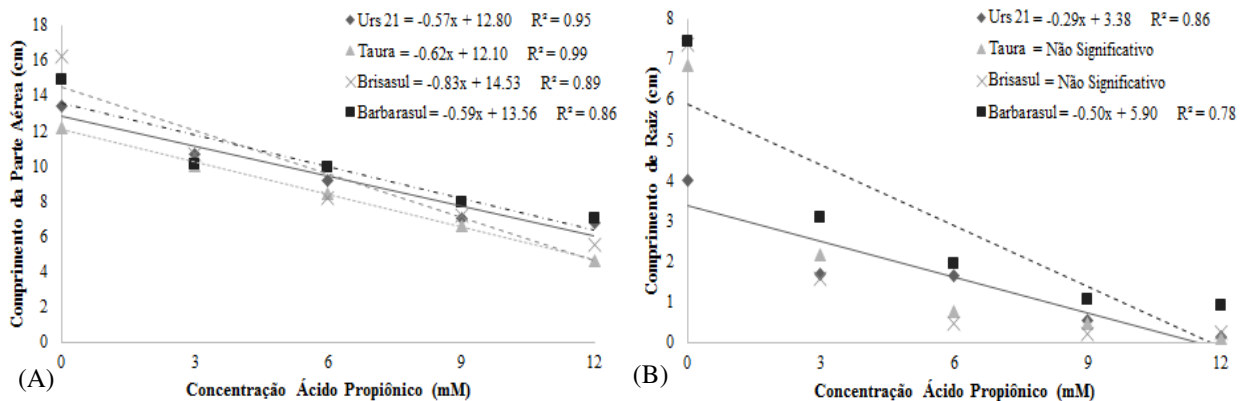
O sistema radicular, por ser a parte da plântula na qual se concentra a capacidade de absorção, é o mais rapidamente e mais extensivamente prejudicado quando da água que ele (o sistema radicular) absorve faz parte o ácido propiônico (substância tóxica). Este ácido, ao entrar em contato com o sistema radicular, encontra-se em seu ponto máximo de concentração. Ao ser absorvida pelo sistema radicular, os ácidos orgânicos são distribuídos pela plântula, de maneira que, quando chega à parte aérea, chega com concentração bem menor do que a inicial. Assim, a parte aérea sofre bem menos o efeito tóxico.

O comprimento da parte aérea apresentou redução menos acentuada que o comprimento de raiz, contrariando os resultados obtidos por Camargo et al. (1993), os quais observaram redução acentuada em ambos os parâmetros. Isto pode ser devido à plântula em estágios iniciais apresentar reservas nutritivas da semente, e com a diminuição do desenvolvimento radicular, ocorra um acúmulo de reserva na parte aérea, o que ocasionaria uma diminuição da resposta a toxicidade do ácido propiônico. Resultados encontrados por Schmidt et al. (2007), relatam que o ácido propiônico em arroz, a concentração de 5 mM foi capaz de causar uma inibição de 53% no crescimento da parte aérea, enquanto que no sistema radicular o efeito inibitório foi de 85%. Rao e Mikkelsen (1977) observaram reduções de 38% no crescimento da parte aérea do arroz e de 49% na raiz, com doses de 5mM de ácido propiônico. Em razão desses resultados, programas de melhoramento têm utilizado o comprimento da raiz para selecionar genótipos mais tolerantes a ácidos orgânicos (KOOP, 2004; KOOP et al., 2007).

**Tabela 2.** Efeito das concentrações do ácido propiônico no comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) de sementes de aveia branca das cultivares URS 21, Brisasul, Barbarasul e Taura.

Concentração (mM)	CPA (cm)				CR (cm)			
	URS21	Brisa	Barbarasul	Taura	URS21	Brisa	Barbarasul	Taura
0	13,4c	16,2a	14,9b	12,2d	4,0c	7,3ab	7,4a	6,8b
3	10,7a	10,7a	10,1a	10,0a	1,7bc	1,6c	3,1a	2,1b
6	9,2ab	8,2c	9,9a	8,5bc	1,6a	0,5b	1,9a	0,7b
9	7,0b	7,2ab	7,9a	6,6b	0,5ab	0,2b	1,1a	0,4b
12	6,8a	5,5b	7,0a	4,6c	0,1b	0,2b	0,9a	0,1a
Média	9,4	9,6	9,9	8,4	1,6	2,0	2,9	2,1
C.V. (%)	4,7				14,1			

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



**Figura 2.** Média do comprimento da parte aérea e raiz de plântulas de aveia das cultivares URS 21, Brisasul, Barbarasul e Taura submetidas a diferentes concentrações de ácido propiônico.

Os dados da variável massa seca da parte aérea (Tabela 3) mostram que não houve interação entre o fator cultivar e o fator concentração do ácido. Observou-se que a cultivar Taura foi superior as demais cultivares, independente da concentração de ácido propiônico. Quanto a regressão polinomial (Figura 3A), não foi constatado diferença significativa entre os tratamentos. Ao contrário, para a variável massa seca da raiz foi constatado interação entre os fatores, sendo que a partir da concentração de 3 mM a cultivar Barbarasul foi superior, não diferindo da cultivar Taura nas concentrações de 3 e 9 mM e da cultivar URS 21 nas concentrações de 6 e 12 mM. Na Figura 3B, verificou-se que todas as cultivares analisadas se enquadraram num modelo linear decrescente. Com decréscimo deste parâmetro para as cultivares URS 21, Taura, Brisasul e Barbarasul na ordem de

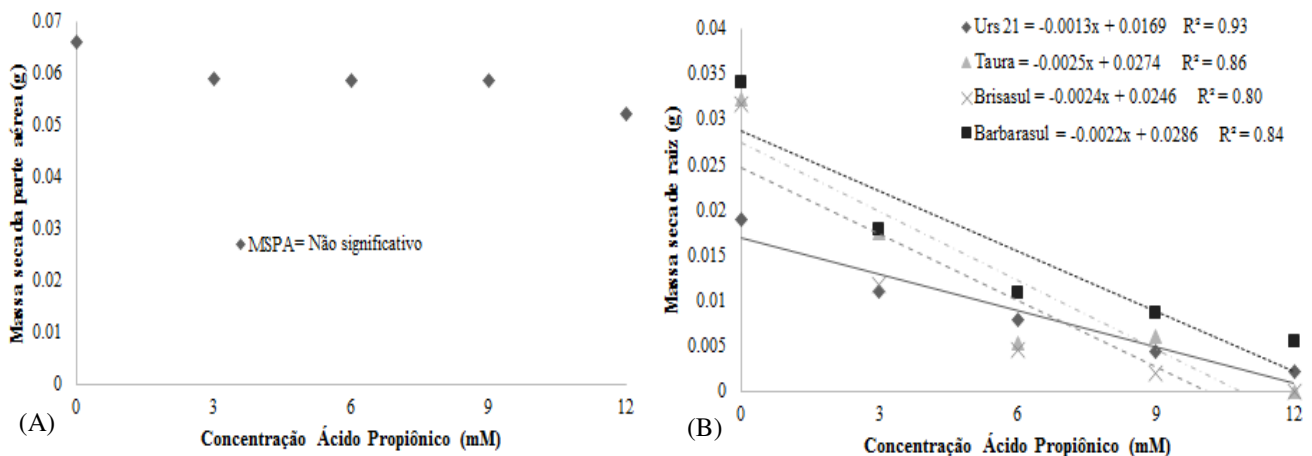
0,0013; 0,0025; 0,0024 e 0,0022 g para cada unidade de aumento da concentração do ácido, respectivamente.

De acordo com Neves et al. (2007) o efeito fitotóxico é dependente da concentração do ácido, onde o sistema radicular, na fase inicial do crescimento vegetal, é a estrutura mais afetada, principalmente, o alongamento radicular e, conseqüentemente, sua massa seca. Segundo dados de Tunes et al. (2008), quando estudaram as concentrações do ácido propiônico nas cultivares de aveia URS 23 e UPF 16, também verificaram que, a medida que aumenta a concentração do ácido orgânico, ocorre a diminuição tanto do comprimento como o peso da matéria seca das raízes, concluindo que esse ácido prejudica a qualidade fisiológica das sementes de aveia.

**Tabela 3.** Efeito das concentrações do ácido propiônico no massa seca da parte aérea (CPA) e massa seca de raiz (CR) de sementes de aveia branca das cultivares URS 21, Brisasul, Barbarasul e Taura.

Concentração (mM)	MSPA (g)				MSR (g)			
	URS21	Brisa	Barbarasul	Taura	URS21	Brisa	Barbarasul	Taura
0	0,063	0,070	0,059	0,071	0,019b	0,032a	0,034a	0,032a
3	0,059	0,057	0,053	0,067	0,011b	0,012b	0,018a	0,017a
6	0,058	0,052	0,060	0,065	0,008ab	0,004b	0,011a	0,005b
9	0,058	0,052	0,062	0,062	0,004bc	0,002c	0,009a	0,006ab
12	0,054	0,040	0,066	0,049	0,002ab	0b	0,005a	0b
Média	0,058c	0,054d	0,060b	0,063a	0,009	0,010	0,015	0,012
C.V. (%)	2,1				17,1			

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



**Figura 3.** Média da massa seca da parte aérea e raiz de plântulas de aveia das cultivares URS 21, Brisasul, Barbarasul e Taura submetidas a diferentes concentrações de ácido propiônico.

De acordo com Neves et al. (2007), para medir os efeitos do ácido orgânicos no vigor das sementes, é necessário utilizar testes de germinação e de crescimento de plântulas (comprimento de plântulas e peso da matéria seca). Os mesmos autores afirmam que quando há presença de mais de quatro toneladas por hectare de massa verde, existe a probabilidade de prejudicar seriamente a germinação das sementes de arroz e as culturas alternativas de inverno semeadas em áreas orizícolas, como aveia e trigo. De acordo com Neves et al. (2006), isso corresponderia a cerca de duas a três toneladas por hectare de massa verde em solos sob inundação, como o do arroz.

Segundo Takenaga (1995) e Camargo et al. (2001), a diminuição no crescimento radicular e a inibição de processos responsáveis pela geração de energia como a fosforilação oxidativa, seriam responsáveis pela menor absorção de nutrientes na presença de ácidos orgânicos. Todavia, outro efeito

importante poderia estar relacionado com a integridade da membrana plasmática. De acordo com Marschner (1995), a presença de ácidos monocarboxílicos, como o propiônico, alteraria a composição dos ácidos graxos na membrana plasmática, promovendo um decréscimo da proporção de ácidos graxos poliinsaturados, o que determina uma perda da capacidade seletiva das membranas, aumentando o extravasamento de solutos.

## CONCLUSÕES

Todas as cultivares de aveia foram afetadas negativamente pelas diferentes concentrações do ácido propiônico.

A cultivar Barbarasul foi a mais tolerante frente ao estresse pelo ácido propiônico.

O ácido propiônico altera a qualidade fisiológica e o vigor de sementes de aveia.

**ABSTRACT:** For the cultivation of oats (*Avena sativa* L.) become economically viable in lowland soils, it is necessary the use of cultivars tolerant to the main organic acids produced by the decomposition of organic matter generated in crops inundated. The objective of this study was to evaluate the quality of seeds oat cultivars subjected to different stress concentrations propionic acid. The experiment was conducted at the Laboratory of Seed Analysis (LDAS) Department of Plant Science, Federal University of Pelotas (UFPEL). Were used white oat seeds cultivars: URS 21, Brisasul, Barbarasul e Taura; in which were analyzed the effects of five concentrations (0; 3; 6; 9 e 12 mM). Seed quality was evaluated by germination, first count of germination test, length of shoot and root dry mass of shoot and root. Data were subjected to analysis of variance and analyzed by Tukey test at 5% probability for both factors as the interaction between them and the quantitative data were subjected to regression. Results indicated that all oat cultivars were affected by different concentrations of propionic acid. Cultivar Barbarasul was more tolerant against stress by propionic acid. The propionic acid alters the vigor and force of oat seeds.

**KEYWORDS:** *Avena sativa* L. Organic acids. Seeds. Toxicity.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.
- CAMARGO, F. A.; SANTOS, G. 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.; ZONTA, E.; SANTOS, G. A.; ROSSIELO, R. O. P. Aspectos fisiológicos e caracterização de toxidez ácidos orgânicos voláteis em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 523-529, 2001.
- IBGE. 2007. **Levantamento sistemático de produção agrícola**. Disponível em <http://www.ibge.com.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria>. Acesso em 11 de maio de 2012.
- JOHNSON. S. E., ANGELES, O. R., BRAR, D. S., BURESH, R. J. Faster anaerobic decomposition of a brittle Rice mutant: implications for residue management. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 38, p. 1880-1892, 2006.

- KOOP, M. M. **Tolerância a ácidos orgânicos em famílias mutantes de aveia e arroz**. 2004. 63f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitomelhoramento) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, 2004.
- KOOP, 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 Brasílica**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 147-154, 2007.
- KOOP, M. M.; LUZ, V. K.; MAIA, L. C.; SOUSA, R. O.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C. Avaliação de genótipos de aveia branca sob estresse de ácidos orgânicos. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 329-338, 2009.
- LUCCA FILHO, O. A.; PORTO, M. D. M.; MAIA, M. S. Fungosem sementes de azevém-anual (*Lolium multiflorum* Lam.), **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 142-147, 1999.
- LYNCH, J. M. Effects of organic acids on the germination of seeds and growth of seedlings. **Plant Cell and Environment**, London, v. 3, p. 255-259, 1980.
- MACHADO, A. A.; CONCEIÇÃO, A. R. **Sistema de análise estatística para Windows**. WinStat. Versão 2.0. UFPel, 2003.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 889p.
- MENEZES, L. F. G.; SEGABINAZZI, L. R.; BRONDANI, I. L.; RESTLE, J.; ARBOITTE, M. Z.; KUSS, F.; PACHECO, P. S.; ROSA, J. R. P. Silagem de milho e grão de sorgo como suplementos para vacas de descarte terminadas em pastagem cultivada de estação fria. **Arquivo Brasileiro Medicina, Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, p. 182-189, 2009.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap.2, p. 9-13.
- NEVES, L. A. S., HOFFMANN, C. E. F., SCHAEGLER, L., BASTOS, C. F. Desempenho fisiológico de sementes de trigo submetidas a ácidos orgânicos. **Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 15, n. 3, p. 157-166, 2009.
- 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**, Porto Alegre, v. 1-2, n. 13, p. 79-80, 2007.
- NEVES, L. A. S.; MORAES, D. M.; ABREU, C. M.; FERREIRA, L.; DEUNER, S. Influência do ácido acético na qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 4, p. 435-442, 2006.
- PORTO, M. P. Método de seleção de plantas de milho para tolerância ao encharcamento do solo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 1-2, 2007.
- SCHMIDTI, F.; BORTOLON, L.; SOUSA, R. O. Toxidez pelos ácidos propiônico e butírico em plântulas de arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 720-726, 2007.
- SOUSA, R. O.; BORTOLON, L. Crescimento radicular e da parte aérea do arroz (*Oryza sativa* L.) e adsorção de nutrientes, em solução nutritiva com diferentes concentrações de ácido acético. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 3, p. 231-235, 2002.

TAKENAGA, H. Nutrient absorption in relation to environmental factors. In: MATSUO, T. et al. **Science of the rice plant: physiology**, Tokyo: Nos an Gyoson Bunka Kyokai, p.278-294, 1995.

TUNES, L. M., AVELAR, S. A. G., BARROS, A. C. S. A., PEDROSO, D. C., MUNIZ, M. F. B., MENEZES, N. L. Critical levels of organic acids on seed germination and seedling growth of wheat. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 34-42, 2012.

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**, Florianópolis, v. 21, n. 4, p. 21-28, 2008.

VELLOSO, C. B. O.; FEDERIZZI, L. C. Delimitação preliminar da cadeia da aveia branca para consumo humano no Brasil. **Resultados Experimentais da XXª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia**, Pelotas, Brasil, p. 181-183. 2000.

RAO, D.N.; MIKKELSEN, D.S. Effect of rice straw incorporation on productions of organic acids in a flooded soil. **Plant and Soil**, The Hague, v. 47, n. 2, p. 303-311, 1977.