

Ação do extrato de *Lolium multiflorum* Lam. sobre atributos fisiológicos de sementes e plântulas de alface

Tuane Araldi da Silva, Dominique dos Santos Delias, Tiago Pedó, Everton Sozo de Abreu, Luciano do Amarante, Francisco Amaral Villela & Tiago Zanatta Aumonde

Universidade Federal de Pelotas, Caixa Postal 354, CEP 96010-900, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.
tuane.araldi17@gmail.com, domi_delias@hotmail.com, tiago.pedo@gmail.com, sozodeabreu@hotmail.com, lucianoamarante@yahoo.com.br, francisco.villela@ufpel.edu.br, tiago.aumonde@gmail.com

Recebido em 03.VI.2015

Aceito em 09.III.2017

DOI: 10.21826/2446-8231201772102

RESUMO – O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da concentração do extrato de *L. multiflorum* Lam. sobre o desempenho fisiológico de sementes e sobre o metabolismo antioxidante de plântulas de alface. Os tratamentos foram as concentrações de 0; 2; 4; 6 e 8 % do extrato aquoso de folhas. Foram avaliados a germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, condutividade elétrica, emergência de plântulas, massa seca total de plântulas, conteúdo de peróxido de hidrogênio, peroxidação de lipídeos, atividade das enzimas, superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase. O extrato de *L. multiflorum* afeta negativamente o desempenho fisiológico de sementes e plântulas de alface. O aumento da concentração do extrato ocasiona elevação na atividade das enzimas antioxidantes, as quais não foram eficazes para reverter o efeito tóxico do extrato, o que pode ser evidenciado pelo aumento da peroxidação lipídica e conteúdo de peróxido de hidrogênio.

Palavras-chave: azevém, enzimas, *Lactuca sativa* L., toxicidade

ABSTRACT – Action of *Lolium multiflorum* extract on physiological attributes of lettuce seeds and seedlings. The aim of this study was to evaluate concentrations of *L. multiflorum* extract on the physiological performance of seeds and on the antioxidant metabolism of lettuce seedlings. The treatments were concentrations of 0; 2; 4; 6 and 8% of the aqueous leaf extracts. Germination, first germination count, germination speed index, electric conductivity, seedling emergence, total seedling dry mass, hydrogen peroxide content, lipid peroxidation, enzyme activity, superoxide dismutase, catalase, and ascorbate peroxidase were evaluated. *L. multiflorum* extract negatively affects the physiological performance of seeds and lettuce seedlings. An increase in the concentration of the extract elevates the activity of the antioxidant enzymes, which were not effective in reversing the toxic effect of the extract. This can be evidenced by the increase of lipid peroxidation and hydrogen peroxide content.

Keywords: enzymes, *Lactuca sativa* L., ryegrass, toxicity

INTRODUÇÃO

A utilização de determinadas espécies como plantas de cobertura do solo pode ocasionar ambientes mais competitivos por água, luminosidade e nutrientes (Brennan & Smith 2005, Bergkvist *et al.* 2010, Lawley *et al.* 2012). A competição colabora para o desenvolvimento de mecanismos de defesa, baseados na síntese de metabólitos secundários (Rice 1984).

Os resíduos vegetais de algumas espécies reduzem a germinação de sementes e o crescimento inicial das plantas, em decorrência dos compostos químicos produzidos e liberados para o ambiente (Kruidhof *et al.* 2011, Bezuidenhout *et al.* 2012). Estes compostos, conhecidos como aleloquímicos, podem afetar diferentes metabólitos nas plantas (Blum 2011), como inibição da retomada do crescimento do embrião (Cipollini *et al.* 2012), atuando diretamente na semente ou ainda, atuando diretamente na produção e o acúmulo de espécies reativas de oxigênio, ocasionando estresse oxidativo e morte celular (Li *et al.* 2010, Abugre *et al.* 2011).

O estresse oxidativo pode estar relacionado à fitoxidez de extratos vegetais (Aumonde *et al.* 2012). As plantas sob tal condição respondem ao estresse, aumentando a atividade

de enzimas que atuam na defesa contra a peroxidação de lipídeos, como a superóxido-dismutase, a catalase e a ascorbato-peroxidase, visando evitar colapso celular (Panda & Khan 2009).

O azevém (*Lolium multiflorum* Lamark) é uma *Poaceae* utilizada como pastagem e também como cobertura de solo. Esta espécie pode produzir diferentes compostos alelopáticos, com efeito de inibição da germinação e do desenvolvimento de plantas cultivadas e ruderais (Bueno *et al.* 2007). Desse modo, o trabalho objetivou avaliar a influência da concentração do extrato de *L. multiflorum* sobre o desempenho fisiológico de sementes e sobre o metabolismo antioxidante de plântulas de alface.

MATERIAL E MÉTODOS

O material vegetal empregado para a elaboração do extrato aquoso foi composto por folhas de azevém. A coleta das folhas foi realizada na segunda quinzena do mês de agosto, no ano de 2013, na região do Planalto Médio do estado do Rio Grande do Sul, na cidade de Santa Bárbara do Sul, situada na latitude 28°22'09" S, longitude 53°14'46" W e altitude 511 m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico de textura média (Berg & Klamt 1997).

As plantas estavam em estágio de desenvolvimento reprodutivo no momento de coleta das folhas, a qual foi realizada no período da manhã, entre nove e dez horas. Foram utilizadas folhas provenientes do terço médio das plantas, procedeu-se uma pré-secagem à sombra, durante oito horas, após as folhas foram secas à temperatura de 40°C, até massa constante. Em seguida, foram trituradas em moinho de facas tipo Willey, com peneira de malha 0,8 mm, e mantidas em ambiente frio e seco (15°C e 40 % de UR).

Os tratamentos foram constituídos pelas concentrações do extrato de 0, 2, 4, 6 e 8 %, em uma relação *m/v* entre material vegetal seco e água deionizada. Para a obtenção do extrato aquoso de *L. multiflorum* utilizou-se o método empregado por de Silva *et al.* (2016). As diferentes concentrações dos extratos tiveram o pH e o potencial osmótico aferidos, o potencial osmótico foi calculado segundo Khaliq *et al.* (2013).

Como espécie alvo, foram utilizadas sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), a qual é sensível aos aleloquímicos e tolerante à ampla faixa de variação de pH e potencial osmótico (Rice 1984).

Para a avaliação do efeito das concentrações do extrato sobre o desempenho fisiológico de sementes foram realizados: o teste de germinação (%) e a primeira contagem da germinação (%), conduzido por meio de quatro amostras com quatro subamostras de 50 sementes, transferidas para câmara de germinação tipo B.O.D. a 20°C e período luminoso de 12 h, as avaliações foram efetuadas conforme Brasil (2009); o índice de velocidade de germinação (IVG), obtido a partir de contagens diárias do número de sementes germinadas, durante o teste de germinação, e determinado com o emprego da equação proposta por Maguire (1962); a condutividade elétrica (iS cm⁻¹ g⁻¹ de semente), analisada conforme metodologia de Krzyzanowski *et al.* (1999), sendo determinada após 3, 6 e 24 horas. A emergência de plântulas em casa de vegetação (%), utilizando-se quatro subamostras de 50 sementes, semeadas bandejas de poliestireno expandido, contendo como substrato areia lavada de textura média, vinte e um dias após a semeadura foi realizada a contagem final do número de plântulas; o comprimento de raiz primária e parte aérea (cm plântula⁻¹) e a massa seca total (g plântula⁻¹) de plântulas, avaliados ao final do teste de germinação e de emergência em casa de vegetação, por meio de quatro subamostras de 10 plântulas, conforme Silva *et al.* (2016).

As avaliações do metabolismo antioxidativo foram realizadas através de amostras de tecido vegetal fresco (MF) provenientes de plântulas coletadas ao final do teste de germinação. Foram determinados o conteúdo de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (imol de H₂O₂ g⁻¹) e peroxidação lipídica (μmol g⁻¹ MF) segundo Cakmak & Horst (1991) e Velikova *et al.* (2000), respectivamente. A superóxido dismutase (SOD - EC 1.15.1.1) (U g⁻¹ MF) foi verificada conforme descrito por Giannopolitis & Ries (1997). A atividade da catalase (CAT - EC 1.11.1.6) (μmol H₂O₂ g⁻¹ MF min⁻¹) foi determinada pela decomposição do H₂O₂ (Azevedo *et al.* 1998). E a ascorbato peroxidase (APX - EC

1.11.1.11) (Asc g⁻¹ MF min⁻¹) foi determinada pelo emprego da metodologia idealizada por Nakano & Asada (1981).

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos a 5% de probabilidade foi estimada equação de regressão polinomial. Os pontos de máxima e de mínima resposta foram obtidos por meio da derivada da equação polinomial de cada variável.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças significativas entre as concentrações do extrato para as variáveis de germinação, massa seca total de plântulas provenientes do teste de germinação, condutividade elétrica após 24 horas de embebição e para massa seca de raiz primária de plântulas provenientes do teste de emergência de plântulas em casa de vegetação. O pH atingiu os valores máximos e mínimos de 7,7 e 7,02 e potencial osmótico manteve-se entre -4.10⁻⁵ e -2.10⁻⁴ MPa, considerando a menor e a maior concentração do extrato.

A germinação determinada no teste de primeira contagem de germinação decresceu com o aumento da concentração do extrato de *Lolium multiflorum* (Fig. 1a). O ponto de máxima resposta foi observado na concentração zero, sendo que houve, em relação à concentração zero, redução de 12,3 %; 13,8 % e de 54,3 % quando as sementes foram submetidas ao efeito das concentrações 4; 6 e 8 % do extrato, respectivamente. A diminuição dos valores de germinação obtida na primeira contagem reflete de maneira evidente a perda de viabilidade das sementes, atribuída ao efeito tóxico do extrato, especialmente nas concentrações de 6 e 8 %. Neste sentido, a concentração de aleloquímicos tende a ser maior no extrato mais concentrado, ocasionando maior toxidez. Resultados similares para a primeira contagem de germinação foram observados por Nery *et al.* (2013) ao estudarem o efeito do extrato de *Raphanus sativus* em sementes de alface.

O índice de velocidade de germinação foi reduzido pelo incremento da concentração do extrato (Fig. 1b). Verificou-se ocorrência do ponto de máxima resposta na concentração zero. Ocorreu redução do vigor da semente a partir da concentração de 2 %. Sendo está de 26,7 %; 40,5 % e de 62,5 % nas concentrações de 4, 6 e 8 % quando comparadas a concentração zero, respectivamente. A redução deste índice pode estar relacionada ao efeito do extrato sobre a permeabilidade e seletividade das membranas celulares, com reflexo na redução do número de sementes germinadas por dia e na velocidade de germinação (Carillo *et al.* 2010, Abugre *et al.* 2011). O índice de velocidade germinação de sementes de alface foi diminuído quando estas foram expostas aos extratos de *Canavalia ensiformis* e *Sorghum bicolor*, na concentração 10 % (Carvalho *et al.* 2014).

O comprimento de parte aérea e de raiz primária diminuiu com a elevação da concentração do extrato (Fig. 1c). O ponto de máxima resposta para comprimento de parte aérea foi na concentração 8 %, ou seja, este ponto indica que o valor máximo da variável é atingido nesta concentração, assim, ocorre maior efeito do extrato. O

comprimento de parte aérea de plântulas sob o efeito das concentrações 2; 4; 6 e 8 %, em relação às plântulas sob ação da concentração zero do extrato, foi de 4 %; 50 %; 57,5 % e de 72 %. Contudo, verificou-se que os resultados de toxidez foram mais evidentes em raiz primária, onde o comprimento foi reduzido em 59,6%; 68,3%; 71,5% e 80,7% nas concentrações 2, 4, 6 e 8 %, respectivamente. A projeção teórica do ponto de máxima verificado para esse parâmetro foi na concentração de 6,3 %.

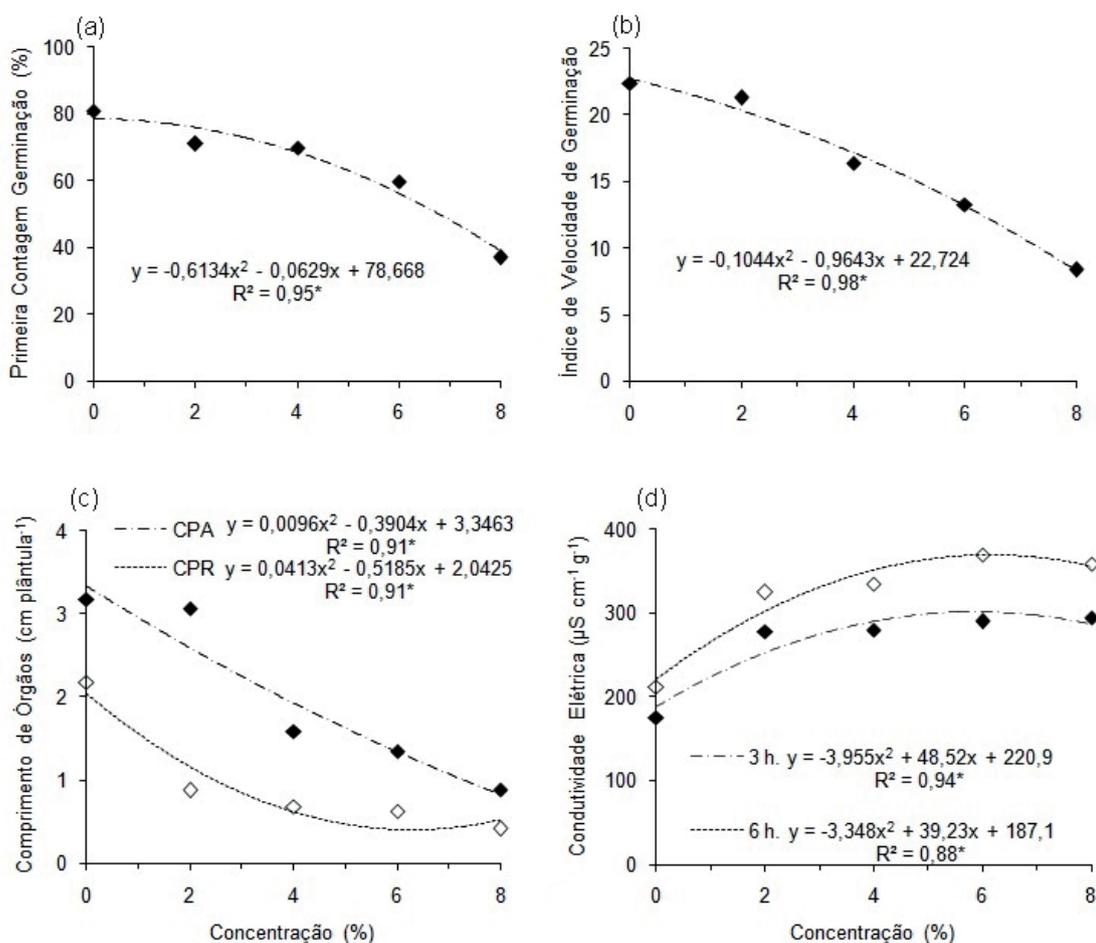
Estes resultados são condizentes com aqueles de Moraes *et al.* (2014), que avaliaram o efeito alelopático do extrato aquoso de folhas de *Lafoensia glyptocarpa* sobre o crescimento de *Sesamum indicum*. Redução do crescimento também foi verificada por Maraschin-Silva & Aqüila (2006), que constataram diminuição do comprimento de parte aérea em plântulas de alface submetidas ao extrato de *Psychotria leiocarpa*. Segundo Manoel *et al.* (2009), quando plântulas de tomate são expostas às maiores concentrações de extrato aquoso de *Stryphnodendron adstringens*, ocorre redução no comprimento de raiz.

A condutividade elétrica determinada após 3 e 6 horas de embebição das sementes aumentou com a concentração do extrato (Fig. 1d). A projeção teórica do ponto de máxima resposta para a condutividade elétrica medida às 3 horas foi

ocorreu na concentração de 6,1 % do extrato, enquanto que para a condutividade elétrica determinada após 6 horas, a projeção teórica do ponto de máxima resposta ocorreu na concentração de 5,8 %. Os maiores valores foram obtidos na concentração 8 %, no período de embebição de 6 horas, com aumento de 40,8 %. Já, para a avaliação determinada após 3 horas de embebição houve um aumento de 40,3 %, comparado à concentração zero. O aumento na condutividade elétrica também foi verificado por Aumonde *et al.* (2012) em sementes de alface expostas ao extrato de *Zantedeschia aethiopica*.

O aumento da condutividade elétrica em sementes de alface sob ação do extrato de *L. multiflorum*, assim como já verificado para outras espécies, está relacionado com a seletividade do sistema de membranas celulares e com o extravasamento de substâncias de reserva (Kaur *et al.* 2010). O demasiado extravasamento de eletrólitos mantém relação com a redução do vigor das sementes, as quais perdem grande parte das reservas que deveriam ser utilizadas para nutrir a plântula nos seus estádios iniciais de desenvolvimento. A condutividade elétrica deve diminuir à medida que o tempo de embebição aumenta, isto se deve à reorganização do sistema de membranas celulares (Peske *et al.* 2012).

A emergência de plântulas diminuiu com o aumento da concentração do extrato (Fig. 2a). A projeção teórica do



Figs. 1a-d. Primeira contagem de germinação; **a.** índice de velocidade de germinação; **b.** comprimento de parte aérea (CPA) e de raiz primária (CPR); **c.** e condutividade elétrica de sementes após 3 e 6 horas de embebição; **d.** de plântulas de alface provenientes do teste de germinação, sob ação de diferentes concentrações do extrato de *L. multiflorum* (* significativo a 5% de probabilidade de erro).

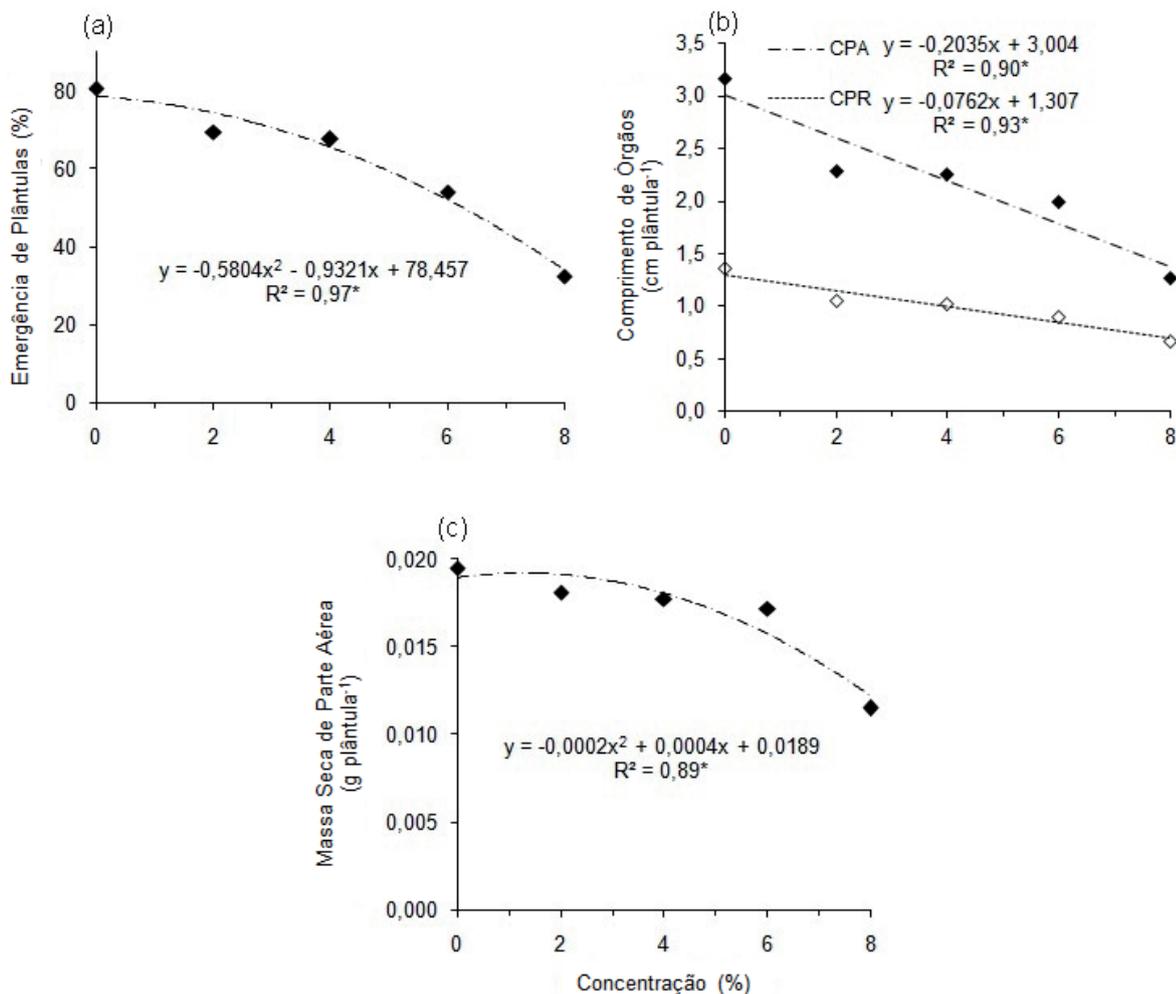
ponto de máxima resposta foi verificada na concentração de 0,8 %, sendo que para sementes expostas às concentrações 6 e 8 %, as reduções da emergência de plântulas foram de 32,9 % e 59,6 %, comparativamente a concentração zero, respectivamente. É provável que a liberação exacerbada de eletrólitos tenha colaborado para a redução do vigor de sementes, determinado pela primeira contagem, pelo índice de velocidade de germinação (Figs. 1a, b) e pela emergência de plântulas (Fig. 2a). Contudo, Silva *et al.* (2011) não encontraram diferenças na emergência de plântulas de alface, tomate e cebolinha quando submetidos a ação do extrato de *Dicranopteris flexuosa*.

O comprimento de parte aérea e raiz primária, em plântulas provenientes do teste de emergência, apresentaram decréscimo com o aumento da concentração do extrato (Fig. 2b). O ponto de mínima resposta para os parâmetros comprimento de parte aérea e comprimento de raiz primária ocorreu na concentração de 8 %. Em relação à concentração zero, houve redução de 36,5 % e de 59,5 % no comprimento de parte aérea e raiz primária, respectivamente. Sintomas de toxidez são mais pronunciados na raiz do que na parte aérea (Dailiri *et al.* 2011). Resultados similares foram obtidos

por Lima & Moraes (2008) ao avaliarem o efeito do extrato aquoso de *Ipomoea fistulosa* no crescimento inicial de parte aérea e raiz de alface e de tomateiro. Resposta semelhante foi verificada por Moraes *et al.* (2014) ao investigarem o crescimento de plântulas de gergelim, submetidas a extratos aquosos de *Lafoensia glyptocarpa*.

A massa seca de parte aérea de plântulas provenientes do teste de emergência apresentou redução com a concentração do extrato, sendo os resultados mais evidentes observados na concentração de 8 % (Fig. 2c), o qual apresentou uma redução de 50 %, comparado a concentração zero. A projeção teórica do ponto de máxima resposta foi observada na concentração de 1 %. A redução da massa seca pode ter ocorrido pela inibição ou redução da atividade enzimática, aliada à modificação na síntese de fitormônios, responsáveis pela germinação das sementes (Politycka & Gmerek 2008). Os resultados deste trabalho diferem dos apresentados por Tur *et al.* (2012), para a variável massa seca total de plântulas de tomate, submetidas a ação do extrato de *Melia azedarach*.

O teor de peróxido de hidrogênio e a peroxidação lipídica aumentaram em resposta ao estresse imposto pelo

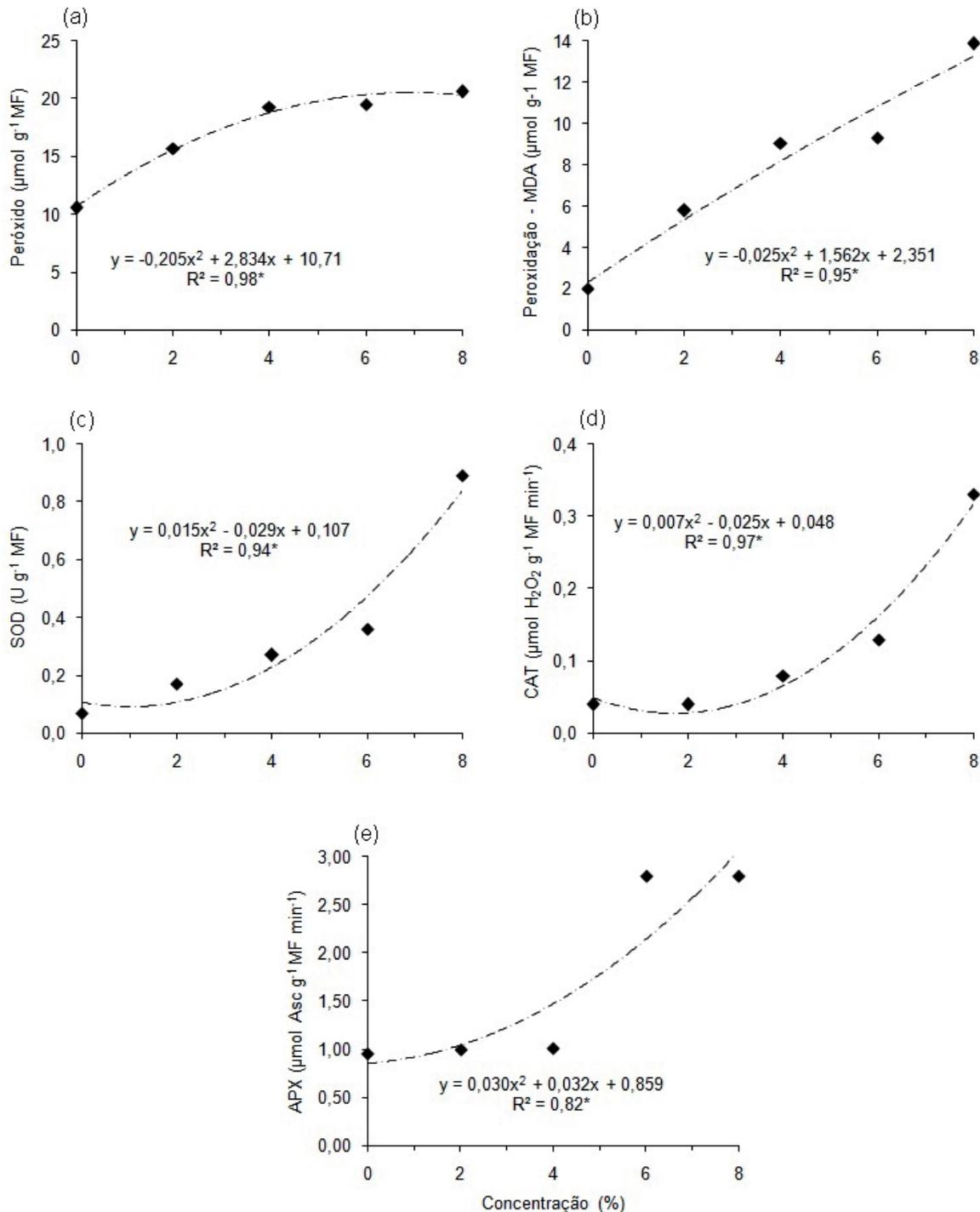


Figs 2a-c. Emergência de plântulas em casa de vegetação. **a.** comprimento de parte aérea (CPA) e de raiz primária (CPR); **b.** e massa seca de parte aérea; **c.** de plântulas de alface provenientes do teste de emergência em casa de vegetação, sob ação de concentrações do extrato de *L. multiflorum* (* significativo a 5% de probabilidade de erro).

incremento da concentração do extrato *L. multiflorum* (Figs. 3a, b), apresentando aumento de 49 % e de 85,5 %, na concentração de 8 %, comparativamente à concentração zero. A projeção teórica do ponto de máxima resposta para o teor de peróxido de hidrogênio foi na concentração de 7 %, e para a peroxidação lipídica foi na concentração de 8% do extrato. A elevação do peróxido de hidrogênio em tecidos vegetais é resultado da ação estressora ocasionada pelas concentrações do extrato sobre plântulas de alface.

O aumento do estresse resulta no incremento de espécies reativas de oxigênio, as quais podem levar à peroxidação lipídica (Apel & Hirt 2004, Panda & Khan 2009).

Desta forma, em resposta a produção de peróxido de hidrogênio, houve alteração na atividade das enzimas antioxidantes (Figs. 3c, d, e). A projeção teórica do ponto de mínima resposta para a enzima superóxido-dismutase ocorreu na concentração de 1 %; para a catalase o ponto de mínima foi em 2 %, enquanto para a ascorbato-peroxidase, foi na



Figs 3a-e. Peróxido de hidrogênio. a. peroxidação lipídica; b. atividade das enzimas: superóxido-dismutase (SOD); c. catalase (CAT); d. e ascorbato-peroxidase (APX); e. em plântulas de alface originárias do teste de germinação sob ação de concentrações do extrato de *L. multiflorum* (* significativo a 5% de probabilidade de erro).

concentração zero. Tanto a enzima superóxido-dismutase quanto a catalase e a ascorbato-peroxidase tiveram atividade aumentada com a elevação da concentração do extrato.

Em relação às plântulas sob a concentração zero, aquelas sob efeito das concentrações de 4; 6 e 8 % do extrato apresentaram aumento de 74 %; 80,5 % e de 92 % na atividade da enzima superóxido-dismutase, respectivamente. Para a enzima catalase, o incremento na atividade foi de 50 %; 69 % e 88 %, respectivamente; já para a enzima ascorbato-peroxidase houve aumento de 66% nas concentrações 4; 6 e 8 % em relação à concentração zero. Harun *et al.* (2014) observou aumento na atividade das enzimas catalase, ascorbato-peroxidase e superóxido-dismutase em plântulas de alface ao aumentar a concentração do extrato de *Chrysanthemoides monilifera*.

É possível evidenciar nas condições deste estudo que a elevação na atividade das enzimas antioxidantes não foi suficiente para eliminar os radicais livres produzidos (Fig. 3a). Os radicais livres, provavelmente, são resultantes do efeito tóxico do extrato sobre o metabolismo de plântulas de alface e refletiram no seu inferior desempenho de crescimento, especialmente nas maiores concentrações do extrato de *L. multiflorum* (Figs. 1, 2 e 3).

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece ao Programa de Pós-Graduação em C&T de Sementes, ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal e ao Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Pelotas, pelo apoio para a realização deste estudo e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

- Abugre, S., Apetorgbor, A.K., Antwiwaa, A. & Apetorgbor, M.M. 2011. Allelopathic effects of ten tree species on germination and growth of four traditional food crops in Ghana. *Journal of Agricultural Technology* 7(3):825-834.
- Apel, K. & Hirt, H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology* 55(1):373-399.
- Aumonde, T.Z., Martinazzo, E.G., Borella, J., Pedó, T., Amarante, L., Villela, F.A. & Moraes, D.M. 2012. Alterações fisiológicas em sementes e metabolismo antioxidativo de plântulas de alface expostas à ação do extrato das folhas de *Zantedeschia aethiopica* Spreng. *Interciencia* 37(11):845-851.
- Azevedo, R.A., Alas, R.M., Smith, R.J. & Lea, P.J. 1998. Response from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation in leaves and roots of wild type and a catalase deficient mutant of barley. *Physiologia Plantarum* 104(2):280-292.
- Berg, M.V.D. & Klamt, E. 1997. Variabilidade espacial de características de solos na região do Planalto Médio, RS: I. Análise da variância por amostragem aninhada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 21(3):393-399.
- Bergkvist, G., Adler, A., Hansson, M. & Weih, M. 2010. Red fescue undersown in winter wheat suppresses *Elytrigia repens*. *Weed Research Journal* 50:447-455.
- Bezuidenhout, S.R., Reinhardt, C.F. & Whitwell, M.I. 2012. Cover crops of oats, strolling rye and three annual ryegrass cultivars influence maize and *Cyperus esculentus* growth. *Weed Research Journal* 52(1):153-160.
- Blum, U. 2011. *Plant-Plant Allelopathic Interactions: Phenolic Acids, Crop Cover and Weed Emergence*. Springer, London. 200 p.
- Brasil. 2009. *Regras para Análise de Sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília. 399 p.
- Brennan, E.B. & Smith, R.F. 2005. Winter cover crop growth and weed suppression on the central coast of California. *Weed Technology* 19(1):1017-1024.
- Bueno, J., Amiama, C. & Hernanz, J.L. 2007. No-tillage drilling of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.): Crop residue effects, yields and economic benefits. *Soil & Tillage Research* 95(1-2):61-68.
- Cakmak, I. & Horst, W.J. 1991. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). *Physiologia Plantarum* 83(1):463-468.
- Carillo, P., Cozzolino, C., D'Abrosca, B., Nacca, F., Della Greca, M., Fiorentino, A. & Fuggi, A. 2010. Effects of the allelochemicals Dihydrodiconiferyl Alcohol and Lariciresinol on metabolism of *Lactuca sativa*. *The Open Bioactive Compounds Journal* 3(1):18-24.
- Carvalho, W.P., Carvalho, G.J., Abbade Neto, D.O. & Teixeira, L.G.V. 2014. Alelopatia de extratos de adubos verdes sobre a germinação e crescimento inicial de alface. *Bioscience Journal* 30(1):1-11.
- Cipollini, D., Rigsby, C.M. & Barto, E.K. 2012. Microbes as target and mediators of allelopathy in plants. *Journal Chemical Ecology* 38(1):714-727.
- Dailiri, M.S., Mazloom, P., Toudar, S. & Abolfathi, H. 2011. Inhibitive effects of barley on germination and growth of seedling thorn-apple. *American-Eurasian Journal of Agricultural e Environmental Sciences* 10(6):10000-10005.
- Giannopolitis, C.N. & Ries, S.K. 1977. Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. *Plant Physiology* 59(2):309-314.
- Harun, M.A.Y.A., Robinson, R.W., Johnson, J. & Uddin, M.N. 2014. Allelopathic potential of *Chrysanthemoides monilifera* subsp. *Monilifera* (boneseed): A novel weapon in the invasion processes. *South African Journal of Botany* 93(5):157-166.
- Kaur, S., Singh, H.P., Mittal, S., Batish, D.R. & Kohli, R.K. 2010. Phytotoxic effects of volatile oil from *Artemisia scoparia* against weeds and its possible use as a bioherbicide. *Industrial Crops and Products* 32(1):54-61.
- Khalik, A., Matloob, A., Khan, M.B. & Tanveer, A. 2013. Differential suppression of rice weeds by allelopathic plant aqueous extracts. *Planta Daninha* 31(1):21-28.
- Kruidhof, H.M., Gallandt, E.R., Haramoto, E.R. & Bastiaans, L. 2011. Selective weed suppression by cover crop residues: effect of seed mass and timing of species sensitivity. *Weed Research Journal* 51(1):177-186.
- Krzyzanowski, F.C., Vieira, R.D. & França-Neto, J.B. 1999. *Vigor de sementes: Conceitos e testes*. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Londrina. 218 p.
- Lawley, Y.E., Teasdale, J.R. & Weil, R.R. 2012. The mechanism for weed suppression by a forage radish cover crop. *Agronomy Journal* 104(2):205-214.
- Li, Z.H., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C.D. & Jiang, D.A. 2010. Phenolics and plant allelopathy. *Molecules* 15(12):8933-8952.
- Lima, J.D. & Moraes, W.S. 2008. Potencial alelopático de *Ipomoea fistulosa* sobre a germinação de alface e tomate. *Acta Scientiarum Agronomy* 30(1):409-413.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2(1):176-177.
- Manoel, D.D., Doiche, C.F.R., Ferrari, T.B. & Ferreira, G. 2009. Atividade alelopática dos extratos fresco e seco de folhas de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) e pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* link) sobre a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de tomate. *Semina: Ciências Agrárias* 30(1):63-70.
- Maraschin-Silva, F. & Aquila, M.E.A. 2006. Potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). *Acta Botanica Brasílica* 20(1):61-69.
- Moraes, L.P.S., Gualtieri, S.C.J., Lima, M.I.S., Gatti, A.B., Pereira, V.C. & Miranda, M.A.F.M. 2014. Efeitos alelopáticos de *Lafsoensia glyptocarpa* Koehne sobre *Sesamum indicum* L. e sobre o crescimento de coleótipos de *Triticum aestivum* L. *Iheringia. Série Botânica* 69(1):37-48.

- Nakano, Y. & Asada, K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant and Cell Physiology* 22(1):867-880.
- Nery, M.C., Carvalho, M.L.M., Nery, F.C. & Pires, R.M.O. 2013. Potencial alelopático de *Raphanus sativus* L. var. oleiferus. Informativo Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes 23(1):122-130.
- Panda, S.K. & Khan, M.H. 2009. Growth, oxidative damage and antioxidant responses in greengram (*Vigna radiata* L.) under short-term salinity stress and its recovery. *Journal of Agronomy and Crop Science* 195(1):442-454.
- Peske, S.T., Villela, F.A. & Meneghello, G.E. 2012. Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 573 p.
- Politycka, B. & Gmerek, J. 2008. Effect of ferulic and p-coumaric acid on the activity of hydrolytic enzymes and growth of radicals in germinating seeds of cucumber and pea. *Allelopathy Journal* 21(2):227-238.
- Rice, E.L. 1984. *Allelopathy*. Academic Press, New York. 422 p.
- Silva, V.S., Cândido, A.C.S., Muller, C., Laura, V.A., Faccenda, O., Simionatto, E., Hess, S.C. & Peres, M.T.L.P. 2011. Potencial fitotóxico de *Dicranopteris flexuosa* (Schrad.) Underw. (Gleicheniaceae). *Acta Botanica Brasílica* 25(1):95-104.
- Silva, T.A., Delias, D., Pedó, T., Abreu, E.S., Villela, F.A. & Aumonde, T.Z. 2016. Fitotoxicidade do extrato de *Conyza bonariensis* (L.) Cronquist no desempenho fisiológico de sementes e plântulas de alface. *Iheringia. Série Botânica* 71(3):213-221.
- Tur, C.M., Martinazzo, E.G., Aumonde, T.Z. & Villela, F.A. 2012. Atividade alelopática de extratos aquosos de folhas de rabo-de-bugio sobre a germinação e o crescimento inicial de plântulas de alface. *Revista Brasileira de Biociências* 10(4):521-525.
- Velikova, V., Yordanov, I. & Edreva, A. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. *Plant Science* 151(1):59-66.