

RESPOSTAS BIOQUIMICAS DE *Schinus terebinthifolius* Raddi SUBMETIDAS AOS ELEMENTOS ALUMÍNIO, SILÍCIO E SELÊNIO

Jéssica Patrícia Oliveira de Mattos ¹

Mirian Berger ²

Daniele Bernardy ³

Jover da Silva Alves ⁴

Victória Martini Sasso ⁵

Luciane Almeri Tabaldi ⁶

Resumo:

A toxicidade do alumínio (Al) é uma condição que reduz o rendimento das culturas em solos ácidos. Em valores de pH abaixo de 5,0, íons Al^{3+} são dissolvidos a partir de minerais de argila e são tóxicos para as raízes das plantas, inibindo o crescimento e as funções da raiz, ocasionando redução no rendimento das culturas. Nesse contexto, algumas alternativas podem ser investigadas a fim de solucionar esta problemática. Estudos demonstram a eficácia dos elementos silício (Si) e selênio (Se) na atenuação dos danos causados por elementos fitotóxicos. Muitas plantas lenhosas nativas de solos ácidos apresentam mecanismos para tolerar as condições oferecidas por este solo, tais como o alto teor de Al^{3+} . A espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi é uma árvore nativa da América do Sul comumente denominada como aroeira, aroeira-vermelha e aroeira-da-praia. É uma espécie que apresenta potencial madeireiro e é recomendada para recomposição de áreas degradadas. É tolerante ao sal, capaz de suportar inundações, incêndios e secas, demonstrando uma eficiente tolerância a diferentes tipos de estresses. Acredita-se que *S. terebinthifolius* possa apresentar tolerância ao Al, no entanto, até o momento não encontram-se registros científicos comprovando ou refutando a hipótese de que esta espécie seja tolerante a este elemento. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade da enzima superóxido dismutase e conteúdo de peróxido de hidrogênio em plantas de *Schinus terebinthifolius* submetidas aos elementos Al, Si e Se. Para isso mudas de aroeira foram mantidas em hidroponia com os elementos Al, Si e Se por 21 dias e posteriormente raízes e parte aérea de plantas de *S. terebinthifolius* foram coletadas para determinação da atividade da enzima superóxido dismutase e conteúdo de peróxido de hidrogênio. Através dos dados analisados, pode-se perceber que a espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi apresenta um bom potencial antioxidante. Nota-se que os elementos silício e selênio incrementaram a capacidade antioxidante da planta em algumas respostas, porém mais dados são necessários para compreender o real papel destes elementos na resposta fisiológica da espécie.

Palavras-chave: Fitotoxicidade; aroeira; estresse

Modalidade de Participação: Pós-Graduação

RESPOSTAS BIOQUIMICAS DE *Schinus terebinthifolius* Raddi SUBMETIDAS AOS ELEMENTOS ALUMÍNIO, SILÍCIO E SELÊNIO

¹ Aluno de pós-graduação. jemts20@gmail.com. Autor principal

² Graduanda em Engenharia Florestal-UFSM. memirian.berger@gmail.com. Co-autor

³ Graduanda em Engenharia Florestal-UFSM. danieliebernardy@gmail.com. Co-autor

⁴ Engenheiro Agrônomo. Mestrando em Agrobiologia-UFSM. joversalves@gmail.com. Co-autor

⁵ Engenheira Florestal. Mestranda em Agrobiologia-UFSM. vicksasso@yahoo.com.br. Co-autor

⁶ Docente. lutabaldi@yahoo.com.br. Orientador

RESPOSTAS BIOQUIMICAS DE *Schinus terebinthifolius* Raddi SUBMETIDAS AOS ELEMENTOS ALUMÍNIO, SILÍCIO E SELÊNIO

1 INTRODUÇÃO

A toxicidade do alumínio (Al) é uma condição que reduz o rendimento das culturas em solos ácidos. Em valores de pH abaixo de 5,0, íons Al^{3+} são dissolvidos a partir de minerais de argila e são tóxicos para as raízes das plantas, inibindo o crescimento e as funções da raiz, ocasionando redução no rendimento das culturas (KOCHIAN et al., 2015).

O estresse causado por Al ocasiona a produção de espécies reativas de oxigênio tais como superóxido, radical hidroxil e peróxido de hidrogênio, as quais podem ser removidas das células por enzimas antioxidantes, tais como superóxido dismutase, peroxidases, catalase e glutatona redutase, entre outras (GUO et al., 2007; LEE et al., 2007; DABROWSKA et al., 2007).

Nesse contexto, algumas alternativas podem ser investigadas a fim de solucionar esta problemática. Estudos demonstram a eficácia dos elementos silício (Si) e selênio (Se) na atenuação dos danos causados por elementos fitotóxicos (DORNELES et al., 2016; HU et al., 2014).

Estudos realizados com Si demonstram o seu potencial em remediar diferentes estresses, tais como salinidade, seca e a capacidade de aumentar a tolerância a estresses bióticos e abióticos (FAUTEUX et al., 2005). O Se apresenta capacidade de proteger os vegetais contra a fitotoxicidade de diferentes elementos químicos, podendo agir como um antioxidante e atuar diminuindo a acumulação de metais (KUMAR et al., 2012; ZEMBALA et al., 2010; DUAN et al., 2013).

Muitas plantas lenhosas nativas de solos ácidos apresentam mecanismos para tolerar as condições oferecidas por este solo, tais como o alto teor de Al^{3+} . A espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi é uma árvore nativa da América do Sul comumente denominada como aroeira, aroeira-vermelha e aroeira-da-praia. É uma espécie que apresenta potencial madeireiro e é recomendada para recomposição de áreas degradadas. *S. terebinthifolius* se desenvolve especialmente em solos úmidos e orgânicos, mas cresce em qualquer tipo de solo. É tolerante ao sal, capaz de suportar inundações, incêndios e secas, demonstrando uma eficiente tolerância a diferentes tipos de estresses (LENZI; ORTH, 2004). Acredita-se que *S. terebinthifolius* possa apresentar tolerância ao Al, no entanto, até o momento não encontram-se registros científicos comprovando ou refutando a hipótese de que esta espécie seja tolerante a este elemento. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade da enzima superóxido dismutase e conteúdo de peróxido de hidrogênio em plantas de *Schinus terebinthifolius* submetidas aos elementos Al, Si e Se.

2 METODOLOGIA

O experimento foi realizado na casa de vegetação e no Laboratório de Bioquímica de Plantas do Departamento de Biologia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS. Sementes de *Schinus terebinthifolius* provenientes do Centro de Pesquisas em Florestas – FEPAGRO FLORESTAS de Santa Maria, RS foram semeadas em bandejas plásticas, contendo substrato comercial, sendo irrigadas a cada três dias com solução nutritiva completa, em pH de $4,5 \pm 0,1$.

Após a germinação e crescimento inicial das mudas, plantas homogêneas foram transferidas para sistema hidropônico, contendo solução nutritiva, onde foram fixadas por meio de esponjas em placas de poliestireno (isopor) contendo furos, objetivando a aclimatização. Após cinco dias de aclimação nesse sistema, as plantas foram transferidas

para uma nova solução nutritiva contendo os tratamentos nas seguintes combinações (Al em mg L^{-1} , Si em mM e Se em μM): Tratamento 1: 0 Al + 0 Se e Si; Tratamento 2: 0 Al + 2,5 Si; Tratamento 3: 0 Al + 2,5 Se; Tratamento 4: 50 Al + 0 Se e Si; Tratamento 5: 50 Al + 2,5 Si; Tratamento 6: 50 Al + 2,5 Se; Tratamento 7: 100 Al + 0 Se e Si; Tratamento 8: 100 Al + 2,5 Si; Tratamento 9: 100 Al + 2,5 Se.

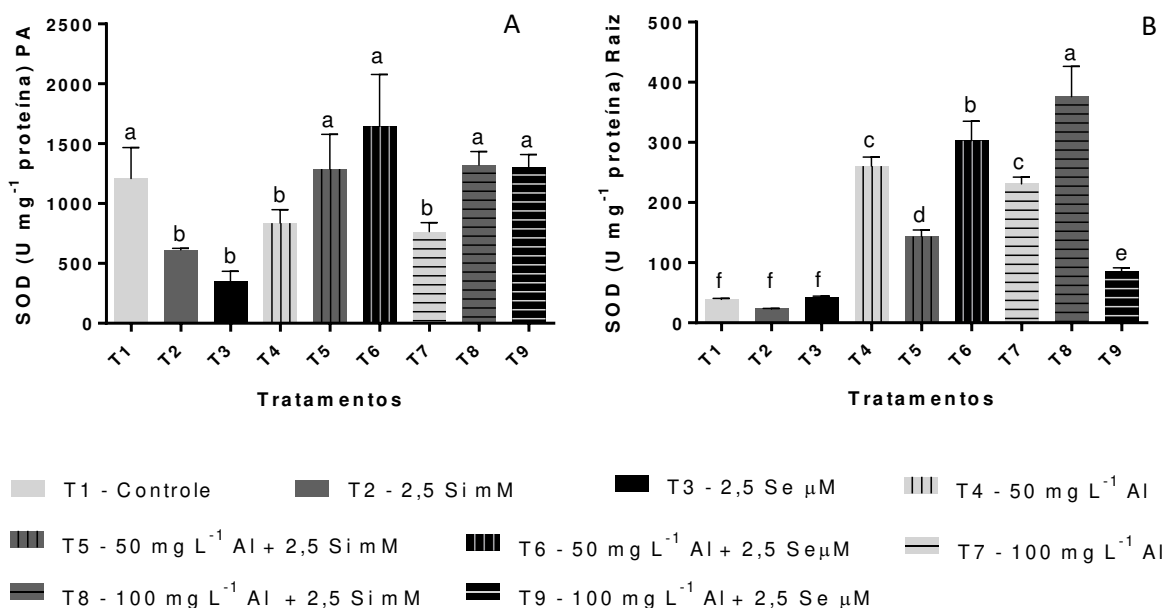
Após 21 dias de exposição ao Al, Si e Se, raízes e parte aérea de plantas de *S. terebinthifolius* foram coletadas para determinação da atividade da enzima superóxido dismutase e conteúdo de peróxido de hidrogênio.

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

Acerca da capacidade antioxidante da planta *Schinus terebinthifolius*, a atividade da enzima superóxido dismutase na parte aérea foi maior nos tratamentos controle (T1) e nos tratamentos que aliaram alumínio e silício ou selênio (T5, T6, T8 e T9) e a menor atividade apresentou-se nos tratamentos com 2,5 Si mM (T2), 2,5 Se μM (T3), 50 mg L^{-1} Al (T4) e 100 mg L^{-1} Al (T7). Tais respostas demonstram que o silício e selênio atuaram aumentando a atividade da enzima, amenizando a toxicidade do Al (Figura 1A).

Para as raízes, a atividade da enzima foi mais eficiente no tratamento contendo 100 mg L^{-1} Al+2,5 mM de silício (T8), em seguida o tratamento contendo 50 mg L^{-1} Al + 2,5 Se μM (T6). Os tratamentos contendo apenas alumínio tiveram uma expressão enzimática semelhante (T4 e T7). As menores atividades foram percebidas nos tratamentos controle (T1), 2,5 Si mM (T2), 2,5 Se μM (T3), 50 mg L^{-1} + 2,5 Si mM (T5) e 100 mg L^{-1} Al+ 2,5 Se μM (T9). Percebe-se que o silício atuou de forma benéfica na dose de 100 mg L^{-1} Al (T8), mas não foi eficiente da dosagem de 50 mg L^{-1} Al (T5). Já o selênio favoreceu a atividade da enzima na presença de 50 mg L^{-1} Al (T6), porém para 100 mg L^{-1} Al (T9) ocasionou uma queda da produção da enzima (Figura 1B). Portanto, na raiz o silício e o selênio atuam gerando diferentes respostas, que variam conforme a dosagem de alumínio. Sendo o selênio mais eficiente para 50 mg L^{-1} de Al e silício mais eficiente para 100 mg L^{-1} de Al.

Figura 1- Atividade da enzima superóxido dismutase na parte aérea (A) e nas raízes (B) de plantas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao alumínio, silício e selênio.

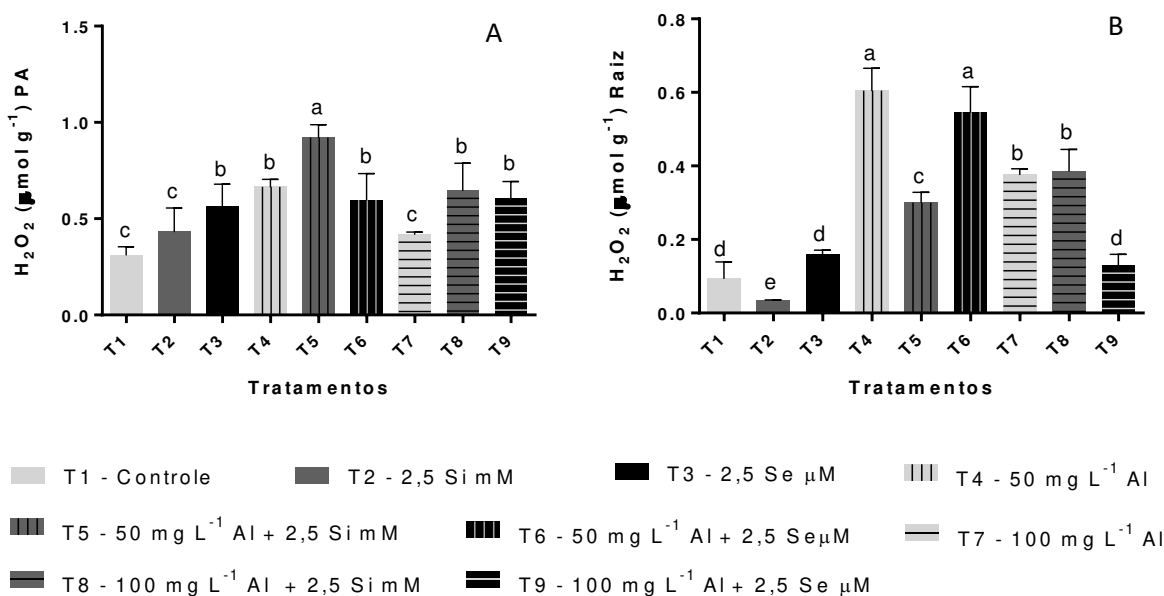


Fonte: Autor, 2018.

O conteúdo de peróxido de hidrogênio na parte aérea (Figura 2A) foi maior no tratamento contendo 50 mg L⁻¹ + 2,5 Si mM (T5), comparado com o controle. Além do T5, foi observado maior conteúdo de peróxido de hidrogênio também nos tratamentos contendo 2,5 Se μM (T3), 50 mg L⁻¹ Al (T4) 50 mg L⁻¹ Al+2,5 Se μM (T6), 100 mg L⁻¹ Al+2,5 Si mM (T8) e 100 mg L⁻¹ Al+2,5 Se μM (T9). Os tratamentos que apresentaram menor conteúdo de peróxido de hidrogênio foram o controle (T1), 2,5 Si mM (T2) e 100 mg L⁻¹ Al (T7). A baixa produção de peróxido no tratamento contendo 100 mg L⁻¹ Al (T7) provavelmente se deve a baixa atividade de superóxido dismutase, como pode ser visto na Figura 1A.

Nas raízes (Figura 2B), o conteúdo de peróxido de hidrogênio foi maior nos tratamentos contendo 50 mg L⁻¹ Al (T4) e 50 mg L⁻¹ Al+2,5 Se μM (T6), em seguida, os tratamentos contendo 100 mg L⁻¹ Al (T7) e 100 mg L⁻¹ Al+2,5 Si mM (T8). Os tratamentos com menor conteúdo de peróxido foram o controle (T1), 2,5 Si mM (T2), 2,5 Se μM (T3), 100 mg L⁻¹ Al+2,5 Se μM (T9). O conteúdo de peróxido mais alto na concentração de 50 mg L⁻¹ Al pode ser explicado pelo fato da planta ainda estar fisiologicamente capaz de responder ao estresse, portanto a enzima superóxido dismutase gerou mais peróxido, o que não ocorreu da mesma forma nos tratamentos contendo 100 mg L⁻¹ Al. Além disso, foi possível observar que o Se amenizou de forma significativa o estresse de Al nas raízes, uma vez que no tratamento T9 foi observado o mesmo conteúdo de peróxido de hidrogênio que nas plantas controle.

Figura 2- Conteúdo de peróxido de hidrogênio na parte aérea (A) e nas raízes (B) de plantas de *Schinus terebinthifolius* expostas ao alumínio, silício e selênio.



Fonte: Autor, 2018.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos dados analisados, pode se perceber que a espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi apresenta um bom potencial antioxidante. Nota-se que os elementos silício e selênio

incrementaram a capacidade antioxidante da planta em algumas respostas, porém mais dados são necessários para compreender o real papel destes elementos na resposta fisiológica da espécie.

REFERÊNCIAS

DABROWSKA, G.; KATA, A.; GOC, A.; SZECHYNSKA-HEBDA, M.; SKRYPEK, E. Characteristics of the plant ascorbate peroxidase family. **Acta Biol Cracow Ser Bot**, v. 49, p. 7-17, 2007.

DORNELES, A. O. S.; PEREIRA, A. S., ROSSATO, L. V., POSSEBOM, G., SASSO, V. M., BERNARDY, K.; SANDRI, R. Q.; NICOLOSO, F. T.; FERREIRA, P. A. A.; TABALDI, L. A. Silicon reduces aluminum content in tissues and ameliorates its toxic effects on potato plant growth. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 506-512, 2016.

DUAN, G.; LIU, W.; CHEN, X.; HU, Y.; ZHU, Y. Association of arsenic with nutrient elements in rice plants. **Metallomics**, v. 5, n. 7, p. 784-792, 2013

FAUTEUX, F.; BOREL, W. R.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. **FEMS Microbiology letters**, v. 249, n. 1, p. 1-6, 2005.

GUO, T.R.; ZHANG, G.P.; ZHANG, Y.H. Physiological changes in barley plants under combined toxicity of aluminum, copper and cadmium. **Colloids and surfaces B: Biointerfaces**, v. 57, n. 2, p. 182-188, 2007.

HU, Y.; NORTON, G. J.; DUAN, G.; HUANG, Y.; LIU, Y. Effect of selenium fertilization on the accumulation of cadmium and lead in rice plants. **Plant and soil**, v. 384, n. 1-2, p. 131-140, 2014

KOCHIAN, L. V. et al. Plant adaptation to acid soils: the molecular basis for crop aluminum resistance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 66, p. 571-598, 2015.

KUMAR, M.; BIJO, A. J.; BAGHEL, R. S., REDDY, C. R. K.; JHA, B. Selenium and spermine alleviate cadmium induced toxicity in the red seaweed *Gracilaria dura* by regulating antioxidants and DNA methylation. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 51, p. 129-138, 2012.

LEE, Y.P.; KIM, S.H.; BANG, J.W.; LEE, H.S., KWAK, S.S.; KWON, S.Y. Enhanced tolerance to oxidative stress in transgenic tobacco plants expressing three antioxidant enzymes in chloroplasts. **Plant Cell Reports**, v. 26, n. 5, p. 591-598, 2007.

LENZI, M.; ORTH, A.I. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) em Florianópolis-SC, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.2, p.198-201, 2004.

ZEMBALA, M.; FILEK, M.; WALAS, S.; MROWIEC, H.; KORNAŚ, A.; MISZALSKI, Z.; HARTIKAINEN, H. Effect of selenium on macro-and microelement distribution and physiological parameters of rape and wheat seedlings exposed to cadmium stress. **Plant and Soil**, v. 329, n. 1, p. 457-468, 2010.