SELENIO E SILICIO COMO AMENIZADORES DA TOXICIDADE DE CÁDMIO EM GINSENG BRASILEIRO

Aline Soares Pereira [1]

Athos Odin Severo Dorneles [2]

Danieli Bernardy [3]

Gessieli Possebon [4]

Victória Martini Sasso [5]

Luciane Almeri Tabaldi [6]

Resumo:

O cádmio é um metal sem função biológica e pode ser tóxico mesmo em níveis baixos. Portanto, é essencial desenvolver medidas eficazes para diminuir o acúmulo de Cd no solo e nas plantas. Assim, torna-se necessário desenvolver estratégias que busquem reduzir a toxicidade e a absorção desse elemento pelas plantas, e com isso reduzir os riscos relacionados à introdução do mesmo nas cadeias alimentares. Dentre as alternativas buscadas para solucionar os problemas com os metais tóxicos no crescimento de plantas está o uso de amenizadores, ou seja, elementos tidos até então como benéficos, que quando utilizados em concentrações baixas podem aliviar os efeitos danosos destes elementos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a habilidade do silício (Si) e do selênio (Se) em reduzir a toxicidade do Cd em parâmetros de crescimento das plantas de Pfaffia glomerata. As plantas de P. glomerata foram propagadas in vitro e após aclimatação, transferidas para vasos com areia em solução nutritiva expostas as combinações de diferentes concentrações de Si (0, 2,5 mM), Se (0 e 2,5 µM) e Cd (0 e 50 µM). Foram realizadas duas coletas, sendo a primeira coleta aos 30 dias de exposição aos tratamentos e a segunda aos 60 dias. Onde foram realizadas as seguintes avaliações: número de folhas, altura, área foliar e massa fresca da parte aérea e raiz. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado e quatro repetições de cinco plantas, totalizando 20 plantas por tratamento. Para o número de folhas, altura, área foliar e massa fresca da parte aérea e raiz, todos os tratamentos mostraram uma redução significativa, comparado com o controle. No entanto, o tratamento contendo Cd foi o que promoveu uma redução mais significativa em todos os parâmetros avaliados, e nos tratamentos contendo Si+Cd e Se+Cd houve uma amenização significativa dos efeitos tóxicos do Cd, uma vez que as plantas apresentaram maior incremento nesses parâmetros. Através dessa resposta pode-se afirmar que o Si e o Se apresentaram efeitos benéficos para o crescimento de raízes de plantas de P. glomerata, reduzindo assim os efeitos tóxicos ocasionados pelo Cd.

Palavras-chave: Pfaffia glomerata; Metais pesados; toxicidade

Modalidade de Participação: Pós-Graduação

SELENIO E SILICIO COMO AMENIZADORES DA TOXICIDADE DE CÁDMIO EM GINSENG BRASILEIRO

[1] Aluno de pós-graduação. LYNE_ASP@HOTMAIL.COM. Autor principal

[2] Aluno de pós-graduação. ATHOS_ODIN@HOTMAIL.COM. Apresentador

[3] Aluno de Graduação - Iniciação Científica. DANIBERNARDY@HOTMAIL.COM. Co-autor

[4] Aluno de pós-graduação. GESSIELIP@HOTMAIL.COM. Co-autor

[5] Aluno de pós-graduação. VICKSASSO@YAHOO.COM.BR. Co-autor

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

SELENIO E SILICIO COMO AMENIZADORES DA TOXICIDADE DE CÁDMIO EM GINSENG BRASILEIRO

1 INTRODUÇÃO

As espécies agrícolas, medicinais e florestais enfrentam uma variedade de estresses bióticos e abióticos que são os principais limitantes à produção. Nesse contexto, a contaminação por elementos-traço caracteriza-se como um estresse abiótico, que representa um problema ambiental (TKALEC et al., 2008). Considerado um dos elementos mais tóxicos liberados no ambiente, o cádmio (Cd) não apresenta funções biológicas conhecidas, sendo considerado um elemento não essencial às plantas (OK et al., 2011), apresentando alta disponibilidade na cadeia alimentar e elevada toxicidade, mesmo em baixas concentrações (MURTAZA et al., 2015). Sendo assim, é necessário desenvolver estratégias que busquem reduzir a absorção e a toxicidade desse elemento em plantas, reduzindo os riscos relacionados à introdução do mesmo nas cadeias alimentares. E dentre as estratégias buscadas, para reduzir sua absorção e toxicidade, está o uso de elementos amenizadores. Nesse sentido, o silício (Si) é um elemento benéfico para o crescimento, desenvolvimento, produtividade e resistência a doenças em uma ampla variedade de espécies de plantas (MA, 2004; DORNELES et al., 2016) podendo assim aumentar a tolerância das plantas ao estresse oxidativo (ZENG et al., 2011; DORNELES et al., 2018; PEREIRA et al., 2018). Outro elemento tido como benéfico é o selênio (Se), que pode aumentar a tolerância das plantas aos estresses ambientais (THIRUVENGADAM et al., 2015; PEREIRA et al., 2018). Dessa forma, torna-se necessário o desenvolvimento de estratégias que resultem em menor absorção desse elemento tóxico pelas plantas, otimizando assim o uso dos recursos naturais e a produção de alimentos seguros. Quando se trata de uma planta medicinal, como o Ginseng brasileiro (*Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen), a qual apresenta grau razoável de tolerância a metais (MALDANER, 2015; BERNARDY et al., 2016) como o Cd (SKREBSKY et al., 2008; PEREIRA et al., 2018), torna-se ainda mais importante a busca por estratégias que reduzam a inserção desses metais pesados na cadeia alimentar. No entanto, pouco se sabe a respeito do efeito desses elementos como amenizadores da toxidez de Cd em plantas, e menos ainda em espécies medicinais. Assim, o objetivo deste estudo foi verificar se o Se e o Si amenizam os efeitos tóxicos do Cd no crescimento de plantas de Pfaffia glomerata.

2 METODOLOGIA

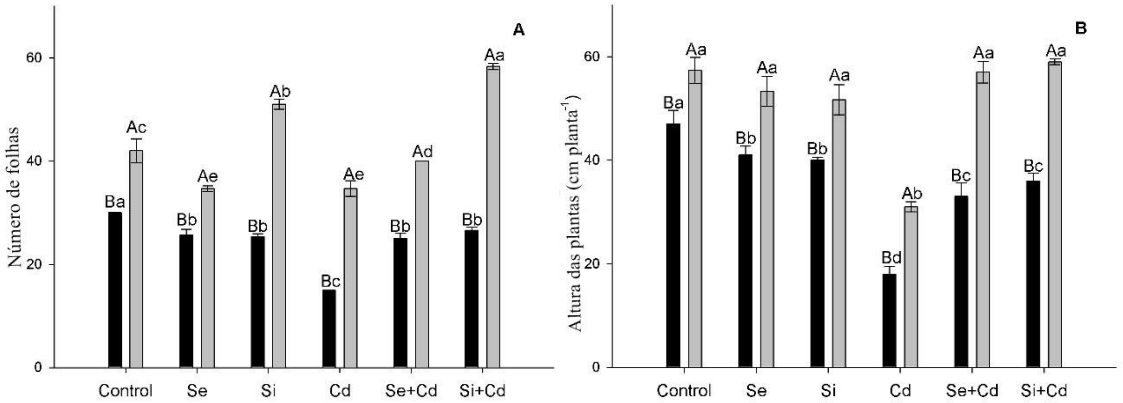
Os ensaios foram desenvolvidos no Laboratório de Biotecnologia Vegetal e nas casas de vegetação pertencentes ao Departamento de Biologia da Universidade Federal de Santa Maria. As plantas de *P. glomerata* foram propagadas in vitro durante 25 dias em meio de cultivo MS, suplementado com 30 g L-1 de sacarose, 0,1 g L^{-1} de mio inositol e 6 g L^{-1} de ágar. Após período de crescimento, foram transferidas para vasos plásticos contendo 1 planta cada e 5kg de areia média, sendo irrigadas diariamente com solução nutritiva completa. A solução nutritiva teve a seguinte composição (em mg L^{-1}): 85,31 de N; 7,54 de P; 11,54 de S; 97,64 de Ca; 23,68 de Mg; 104,75 de K; 176,76 de Cl; 0,27 de B; 0,05 de Mo; 0,01 de Ni; 0,13 de Zn; 0,03 de Cu; 0,11 de Mn e 2,68 de Fe (FeSO4/Na-EDTA). Após o período de cinco dias de aclimatação, os tratamentos foram aplicados, os quais consistiram nas seguintes combinações: (T1: controle; T2: 2,5 μM Se; T3: 2,5 mM Si; T4: 50 μM Cd; T5: 50 μM Cd + 2,5 μM Se; T6: 50 μM Cd + 2,5 mM Si). Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições contendo cinco plantas. O pH da solução foi ajustado diariamente e mantido em 4,5±0,1.

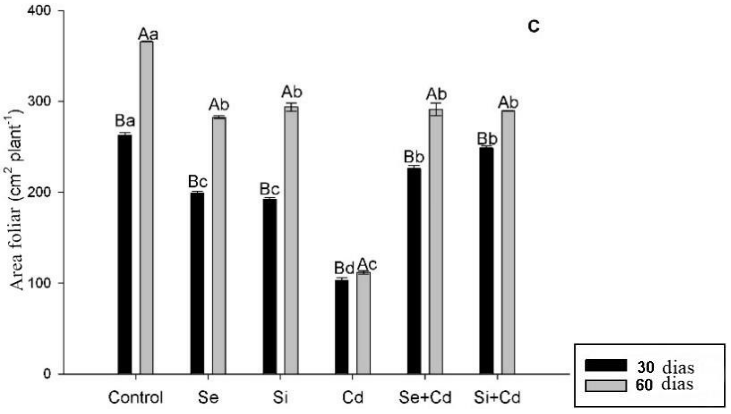
Foram realizadas duas coletas, sendo a primeira coleta aos 30 dias de exposição aos tratamentos e a segunda aos 60 dias. Onde foi realizado as seguintes avaliações: número de folhas, altura, área foliar e massa fresca da parte aérea e raiz. Para a análise estatística dos dados, foi verificada a normalidade da distribuição dos erros através do teste de Anderson-Darling e homogeneidade das variâncias dos erros através do teste de Bartlett para todas as variáveis do experimento. Como todos os dados atenderam aos pressupostos, as médias foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Scott-Knott, com 5% de significância, utilizando os aplicativos Sisvar (FERREIRA, 2011) e do SigmaPlot.

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

Para as condições experimentais testadas, o Cádmio (Cd) apresentou grande toxidez às plantas de *P. glomerata*. O número de folhas apresentou aumento da primeira para a segunda coleta em todos os tratamentos. No entanto, este incremento no número de folhas foi limitado pela presença de Cd quando comparado aos demais tratamentos. Fica claro também, que o Silício (Si) foi significativamente benéfico para a produção de folhas em plantas de *P. glomerata*, mesmo na presença de Cd (Figura 1A). A altura das plantas de *P. glomerata* utilizadas neste experimento, foi afetada pelo Cd desde a primeira coleta, permanecendo menor até o fim do experimento no tratamento com apenas Cd. Para este parâmetro, ambos elementos benéficos foram capazes de amenizar a influência negativa do Cd. É possível observar neste parâmetro também, que o comportamento observado na primeira coleta se mantém ao final do experimento (Figura 1B). A área foliar foi mais gravemente afetada pelo Cd, que limitou a expansão das folhas e impediu seu incremento entre uma avaliação e outra. Apesar de ambos elementos benéficos não promoverem incremento na área foliar, quando aplicados sozinhos na solução nutritiva, ambos foram capazes de amenizar o efeito do Cd neste parâmetro, desde a primeira coleta (Figura 1C).

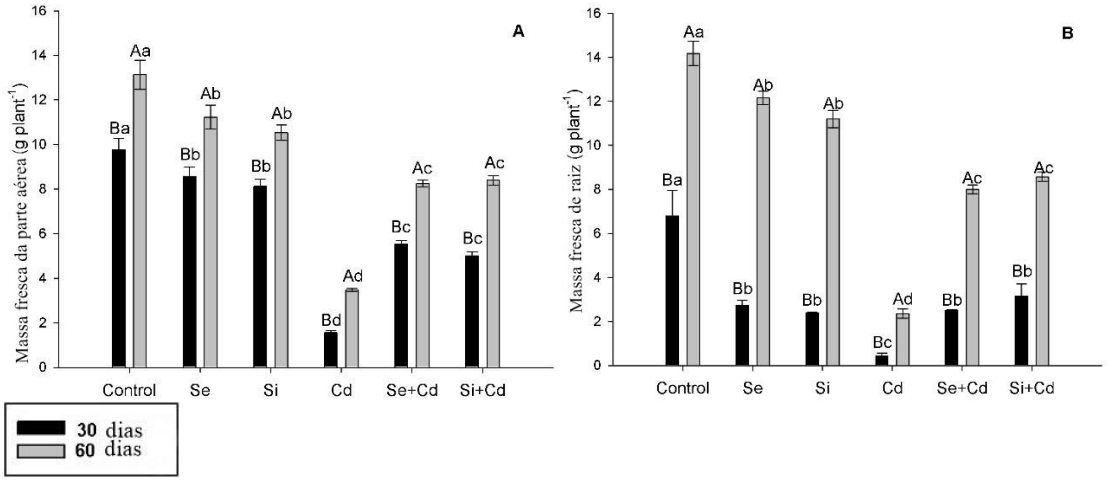
Figura 1 - Número de folhas (A), altura de plantas (B) e área foliar (C) de plantas de *Pfaffia glomerata*, expostas a Se (2,5 μM) ou Si (2,5 mM) e cultivadas na presença de cádmio 50 μM). A primeira coleta ocorreu aos 30 dias de exposição aos tratamentos e a segunda aos 60 dias. Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos na mesma coleta. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as coletas para o mesmo tratamento.





As massas frescas de raízes e parte aérea foram fortemente afetadas pela presença de Cd (Figura 2). Desde a primeira avaliação é possível observar que ambos elementos benéficos reduziram os prejuízos no acumulo de massa fresca de parte aérea causados pelo Cd (Figura 2A). Comportamento similar pode ser observado no acumulo de massa fresca de raízes (Figura 2B). Ao observar os dados de massa fresca de raízes e parte aérea, é possível notar que, com exceção do tratamento com apenas Cd, todos os tratamentos obtiveram acumulo de massa fresca similar em ambos os tecidos (Figura 2).

Figura 2 - Efeito do selênio (2,5 µM) ou silício (2,5 mM) na massa fresca da parte aérea (A) e massa fresca da raiz (B) de plantas de Pfaffia glomerata cultivadas na presença de cádmio (50 µM). Letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos na mesma coleta. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre as coletas para o mesmo tratamento.



O Cd é um dos metais pesados mais tóxicos, tendo uma alta mobilidade no ambiente (TANG et al., 2015), sendo absorvido pelas raízes e transportado para a parte aérea de muitas espécies de plantas (SHI et al., 2005; PEREIRA et al., 2018).

O presente trabalho constatou os efeitos tóxicos do Cd nos parâmetros avaliados. Vários estudos têm relatado significativas reduções no acumulo de biomassa em plantas expostas ao Cd (FAROOQ et al., 2015; VACULIK et al., 2015; DORNELES et al., 2018). E esta inibição na produção pode se dar em pouco tempo de exposição a este metal pesado (PEREIRA et al., 2018). No presente trabalho, as plantas expostas ao Cd, não obtiveram crescimento significativo (Figura 1 e 2). A redução no acumulo de biomassa causado pelo Cd

pode ser devido ao seu efeito na inibição da absorção de nutrientes pelas raízes (LI et al., 2017).

Nos tratamentos onde o Si e o Se estavam presentes na solução juntamente com o Cd, os valores relativos a biomassa fresca de raízes foram estatisticamente iguais ao tratamento controle, enquanto que para biomassa fresca de parte aérea esses mesmos tratamento apresentaram maior acúmulo de biomassa comparado com o tratamento onde somente o Cd estava presente no meio de crescimento, ou seja, através desses parâmetros foi possível observar que o Se e o Si foram capazes de reduzir a toxicidade do Cd. O Se e o Si entram na cadeia alimentar através das plantas e especialmente através das espécies cultivadas e medicinais, as quais são parte da dieta tanto de consumidores primários como secundários (LONGCHAMP et al., 2015). O Se tem papel importante na desintoxicação do estresse oxidativo induzido por Cd (IQBAL, 2015), podendo aliviar efeitos deletérios de vários estresses ambientais, incluindo metais pesados, secas, radiação ultravioleta e salinidade (LIU, 2015). Além disso, o efeito benéfico do Si sobre os parâmetros de crescimento de plantas de *P. glomerata* está relacionado à redução na absorção de Cd ou a formação de complexos metal-silicato dentro da planta. Esses complexos são translocados para os vacúolos e acumulados em formas ainda desconhecidas (NEUMANN; NIEDEN, 2001).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O selênio e o silício amenizam os efeitos tóxicos do cádmio sobre parâmetros de crescimento estudados em plantas de *Pffafia glomerata*, podendo assim efetivamente aumentar a capacidade de defesa dessas plantas contra o estresse induzido pela toxicidade de Cd.

REFERÊNCIAS

BERNARDY, K.; FARIAS, J. G.; DORNELES, A. O. S.; PEREIRA, A. S.; SCHORR, M. R. W.; THEWES, F. R.; NICOLOSO, F. T. Changes in root morphology and dry matter production in Pfaffia glomerata (Spreng.) Pedersen accessions in response to excessive zinc. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v..*18*, n.2, p.613-620, 2016.

DORNELES, A.O.S.; PEREIRA, A.S.; Possebom, G.; SASSO, V.M.; ROSSATO, L.V.; TABALDI, L.A. Growth of potato genotypes under different silicon concentrations. **Advances in Horticultural Science**, [S.l.], v. 32, n. 2, p. 289-295, jan. 2018.

DORNELES, A. O. S.; PEREIRA, A. S.; ROSSATO, L. V.; POSSEBOM, G.; SASSO, V. M.; BERNARDY, K.; 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.

FAROOQ, M.A.; DIETZ, K.J. Silicon as versatile player in plant and human biology: overlooked and poorly understood. **Front Plant Sci**, v. 6, n.1, p.1–14, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

IQBAL, K.M. R.; NAZIR, F.; ASGHER, M.; PER, T. S.; KHAN, N. A. Selenium and sulfur influence ethylene formation and alleviate cadmium-induced oxidative stress by improving proline and glutathione production in wheat. **Journal of Plant Physiology**, v.173, n.4, p.9–18, 2015.

LI, L.Z., TU, C.; PEIJNENBURG, W.J.G.M.; LUO, Y.M.Characteristics of cadmium uptake and membrane transport in roots of intact wheat (*Triticum aestivum* L.) seedings. **Environ Pollut,** v.221, n.1, p.351–358, 2017.

LIU, W. X.; FENG, X.; SHANG, S.; ZHANG, G.; WU, F. B. Selenium reduces cadmium accumulation and alleviates cadmium-induced quality degradation in tobacco. **Plant Soil Environ**, v.61, n.10, p.444–450, 2015.
LONGCHAMP, M.; CASTREC-ROUELLE, M.; BIRON, P.; BARIAC, T. Variations in the accumulation, localization and rate of metabolization of selenium in mature *Zea mays* plants supplied with selenite or selenate. **Food Chemistry,** v.182, n.3, p.128–135, 2015.
MA, J.F.; YAMAJI, N. Functions and transport of silicon in plants. **Cellular and Molecular Life Sciences,** v.65, n.10, p.3049-3057, 2004.
MALDANER, J.; NICOLOSO, F. T.; TABALDI, L. A.; CARGNELUTTI, D.; SKREBSKY, E. C.; RAUBER, R.; ROSSATO, L. V.Aluminum accumulation in two *Pfaffia glomerata* genotypes and its growth effects. **Ciência Rural**, v.45, n.6, 2015.
MURTAZA, G.; JAVED, W.; HUSSAIN, A.; WAHID, A.; MURTAZA, B.; OWENS, G. Metal uptake via phosphate fertilizer and city sewage in cereal and legume crops in Pakistan. **Environmental Science and Pollution Research**, v.55, n.8, p.1035-1047, 2015.
NEUMANN, D.; NIEDEN, Z.U. Silicon and heavy metal tolerance of higher plants. **Phytochemistry**, v.56, n.3, p.685-692, 2001.
OK, Y. S.; KIM, S. C.; KIM, D. K.; SKOUSEN, J. G.; LEE, J. S.; CHEONG, Y. W.; YANG, J. E. Ameliorants to immobilize Cd in rice paddy soils contaminated by abandoned metal mines in Korea. **Environmental Geochemistry and Health**, v.33, n.1, p.23-30, 2011.
PEREIRA, A. S.; DORNELES, A. O. S.; BERNARDY, K.; SASSO, V. M.; BERNARDY, D.; POSSEBOM, G.; TABALDI, L. A. Selenium and silicon reduce cadmium uptake and mitigate cadmium toxicity in Pfaffia glomerata (Spreng.) Pedersen plants by activation antioxidant enzyme system. **Environmental Science and Pollution Research,** 1-11, 2018.
SHI, X.; ZHANG, C.; WANG, H.; ZHANG, F.Effect of Si on the distribution of Cd in rice seedlings. **Plant and Soil**, v.272, n. 5, p.53-60, 2005.
SKREBSKY, E. C.; TABALDI, L. A.; PEREIRA, L. B.; RAUBER, R.; MALDANER, J.; CARGNELUTTI, D.; NICOLOSO, F. T. Effect of cadmium on growth, micronutrient concentration, and δ-aminolevulinic acid dehydratase and acid phosphatase activities in plants of *Pfaffia glomerata*. **Brazilian Journal** of **Plant Physiology,** v.20, p.285-294, 2008.
TANG, H.; LIU, Y.; GONG, X.; ZENG, G.; ZHENG, B.; WANG, D.; ZENG, X.Effects of selenium and silicon on enhancing antioxidative capacity in ramie (*Boehmeria nivea (L.*) Gaud.) under cadmium stress. **Environmental Science and Pollution Research**, v.22, n.13, p.9999-10008, 2015.
THIRUVENGADAM, M.; CHUNG, I-M. Selenium, putrescine, and cadmium influence health-promoting phytochemicals and molecular-level effects on turnip (*Brassica rapa* ssp. rapa). **Food Chemistry**, v.173, n.9, p.185–193, 2015.
TKALEC, M.; PREBEG, T.; ROJE, V.; PEVALEK-KOZLINA, B.; LJUBEŠIĆ, N. Cadmium - induced responses in duckweed Lemna minor L. **Acta Physiology Plant,** v.30, n.5, p.881–890, 2008.
VACULÍK, M.; PAVLOVIČ, A.; LUX, A. Silicon alleviates cadmium toxicity by enhance photosynthetic rate and modified bundle sheath's cell chloroplasts ultrastructure in maize**.** **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.120, n.7, p.66–73, 2015.
ZENG, F. R.; ZHAO, F. S.; QIU, B. Y.; OUYANG, Y. N.; WU, F. B.; ZHANG, G. P. Alleviation of chromium toxicity by silicon addition in rice plants. **Agricultural Sciences in China**, v.10, n.2, p.1188-1196, 2011.