EFEITOS DA IMIPRAMINA, UM CONTAMINANTE EMERGENTE, SOBRE *Euphorbia heterophylla* (Malpighiales: Euphorbiaceae)

Isadora Diamante Ribeiro (PIBIC/UEM), Ana Paula da Silva Mendonça Balestri (Coorientadora), Osvaldo Ferrarese-Filho, Ana Paula Ferro, Wanderley Dantas dos Santos, Rogério Marchiosi, Rodrigo Polimeni Constantin (Orientador). E-mail: rpconstantin@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Bioquímica, Laboratório de Bioquímica de Plantas (BIOPLAN), Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Bioquímica; Metabolismo e Bioenergética.

Palavras-chave: antidepressivos tricíclicos; fitotoxicidade; ecotoxicologia vegetal.

RESUMO

Resíduos farmacêuticos são contaminantes emergentes de interesse crescente por alcançarem águas e solos e afetarem organismos não alvo, incluindo plantas, ainda pouco consideradas em avaliações ecotoxicológicas. Este estudo avaliou os efeitos da imipramina sobre plântulas de *Euphorbia heterophylla* em sistema hidropônico. Após 12 dias de exposição a 0, 15, 25 e 50 µM, foram avaliados parâmetros biométricos, biomassa e pigmentos fotossintéticos. A parte aérea diminuiu a partir de 25 µM, enquanto o diâmetro do caule, número de folhas e área foliar foram reduzidos a partir de 15 µM, acompanhados por menor biomassa. O comprimento radicular não foi alterado. Clorofilas *a* e *b* e carotenoides diminuíram apenas em 25 µM, indicando resposta não monotônica. Os resultados demonstram efeitos fitotóxicos da imipramina em condições controladas e reforçam a relevância de plantas na avaliação ambiental de resíduos farmacêuticos.

INTRODUÇÃO

Resíduos farmacêuticos são contaminantes emergentes de interesse ambiental, pois podem alcançar águas e solos, persistir nesses compartimentos e expor organismos não alvo. Plantas constituem componentes importantes dessa avaliação por estarem diretamente expostas à solução do solo. Amitriptilina e nortriptilina, antidepressivos tricíclicos, podem persistir em solos, evidenciando a permanência de compostos dessa classe em matrizes ambientais (LI; SUMARAH; TOPP, 2013).

Além da persistência ambiental, antidepressivos podem interagir diretamente com tecidos vegetais: a clomipramina é absorvida e metabolizada por *Lepidium sativum* (REICHL et al., 2018). Entretanto, os efeitos da imipramina sobre plantas permanecem pouco conhecidos. Assim, este estudo avaliou seus efeitos sobre crescimento, biomassa e pigmentos fotossintéticos de *E. heterophylla*, contribuindo para ampliar o conhecimento sobre a fitotoxicidade de resíduos farmacêuticos.

MATERIAIS E MÉTODOS

As sementes foram germinadas por 96 h em papel umedecido, em câmara BOD a 25 °C e fotoperíodo de 12 h. As plântulas foram transferidas para sistema hidropônico com 100 mL de solução de Hoagland (HOAGLAND; ARNON, 1950) e expostas à imipramina por 12 dias, com renovação da solução a cada 48 h. Após triagem entre 15 e 200 µM, foram selecionados 0, 15, 25 e 50 µM para as análises quantitativas. Avaliaram-se parâmetros biométricos, índice SPAD, biomassas fresca e seca, clorofilas a e b, carotenoides e espectro de absorbância dos extratos pigmentares. Os dados foram submetidos à ANOVA no GraphPad Prism®, adotando-se $p \leq 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As vistas das plântulas (Figuras 1 e 2) evidenciaram redução progressiva do porte com o aumento da imipramina, sobretudo na parte aérea e na expansão foliar.



Figura 1 – Vista lateral de *E. heterophylla* exposta à imipramina (0, 15, 25 e 50 µM). Fonte: autoria própria (2025).



Figura 2 – Vista superior de *E. heterophylla* exposta à imipramina (0, 15, 25 e 50 µM). Fonte: autoria própria (2025).

A análise biométrica confirmou esse padrão (Figura 3). O comprimento radicular não diferiu do controle, enquanto a parte aérea diminuiu a partir de 25 µM. Diâmetro do caule, número de folhas verdadeiras e área foliar foram reduzidos a partir de 15 µM, e o índice SPAD diminuiu em 25 µM. Em conjunto, os dados evidenciam comprometimento do desenvolvimento vegetativo sob exposição à imipramina.

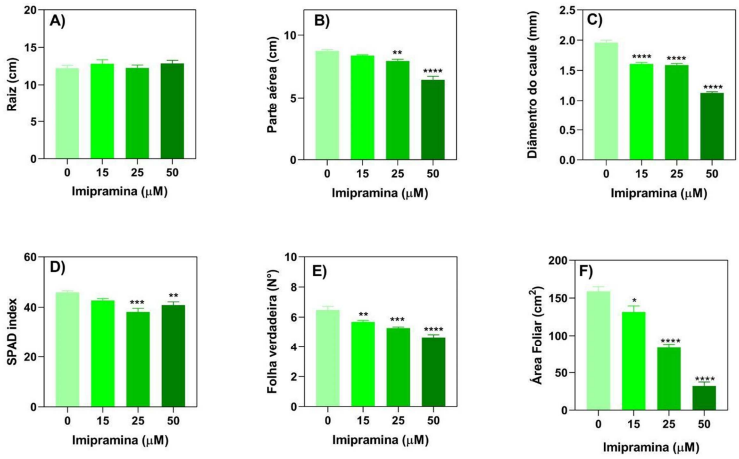


Figura 3 – Efeitos da imipramina sobre comprimento radicular (A), parte aérea (B), diâmetro do caule (C), SPAD (D), folhas verdadeiras (E) e área foliar (F) de *E. heterophylla*. Asteriscos indicam diferença significativa em relação ao controle (ANOVA; p ≤ 0,05).

A biomassa também foi afetada (Figura 4). As biomassas fresca e seca de raízes e folhas verdadeiras diminuíram a partir de 25 µM, enquanto na parte aérea as reduções ocorreram a partir de 15 µM. Esses resultados mostram que a imipramina interferiu principalmente no crescimento aéreo e no acúmulo de matéria vegetal em condições hidropônicas.

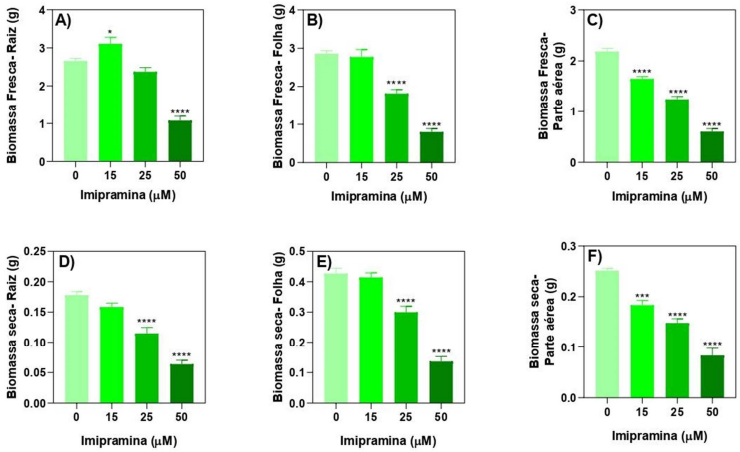


Figura 4 – Efeitos da imipramina sobre biomassas fresca (A-C) e seca (D-F) de raiz, folhas verdadeiras e parte aérea de *E. heterophylla*. Asteriscos indicam diferença significativa em relação ao controle (ANOVA; p ≤ 0,05).

Os pigmentos responderam de forma distinta (Figura 5): clorofilas a e b e carotenoides diminuíram apenas em 25 µM, com recuperação parcial em 50 µM. O espectro de absorbância (Figura 6) apresentou menor intensidade nos tratamentos de 25 e 50 µM. Esse padrão não monotônico recomenda cautela: os dados indicam alteração do conteúdo ou perfil de pigmentos, mas não permitem concluir degradação de clorofila ou inibição direta da fotossíntese. A interação de

antidepressivos tricíclicos com processos vegetais é consistente com observações anteriores em outras espécies (REICHL et al., 2018).

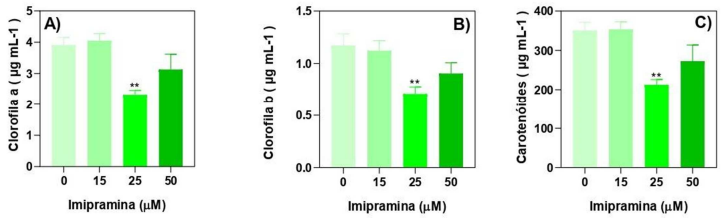


Figura 5 – Teores de clorofila a (A), clorofila b (B) e carotenoides (C) em folhas de *E. heterophylla* expostas à imipramina. Asteriscos indicam diferença significativa em relação ao controle (ANOVA; p ≤ 0,05).

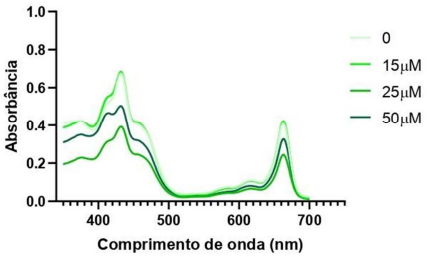


Figura 6 – Espectro de absorbância dos extratos pigmentares (350–800 nm) sob diferentes concentrações de imipramina.

CONCLUSÕES

A imipramina alterou o crescimento de *E. heterophylla*, reduzindo parte aérea, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e biomassas fresca e seca, sem efeito significativo sobre o comprimento radicular. Os pigmentos apresentaram resposta não monotônica. Esses efeitos, observados em condições hidropônicas, reforçam a relevância de plantas na avaliação de contaminantes farmacêuticos. Como as concentrações foram experimentais, estudos futuros devem incluir níveis ambientalmente relevantes e diferentes matrizes de exposição.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Universidade Estadual de Maringá (UEM) e ao Laboratório de Bioquímica de Plantas (BIOPLAN).

REFERÊNCIAS

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station, Circular 347, 1950.

LI, H.; SUMARAH, M. W.; TOPP, E. Persistence of the tricyclic antidepressant drugs amitriptyline and nortriptyline in agriculture soils. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 32, n. 3, p. 509-516, 2013. DOI: https://doi.org/10.1002/etc.2112.

REICHL, B.; HIMMELSBACH, M.; EMHOFER, L.; KLAMPFL, C. W.; BUCHBERGER, W. Uptake and metabolism of the antidepressants sertraline, clomipramine, and trazodone in a garden cress (*Lepidium sativum*) model. **Electrophoresis**, v. 39, n. 9-10, p. 1301-1308, 2018. DOI: https://doi.org/10.1002/elps.201700482.