



EFEITOS DO MANGANÊS NA MORFOLOGIA DA *Lemna minor* L. (Araceae)

Autor correspondente:

Samarah Christina Cantanhede
Ferreira

samarahferreira15@gmail.com

Submissão: 04/10/2023

Aceite: 17/01/2023

Publicação: 21/02/2024

Samarah Christina Cantanhede Ferreira ¹, Karine Sousa da Silva ², Priscya Etielle Silva Farias², Arthur Baeta Coutinho², Ilisandra Zanandrea ²

¹ Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966 – CEP 65080-805, Vila Bacanga, São Luís, MA, Brasil.

² Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, 1966 – CEP 65080-805, Vila Bacanga, São Luís, MA, Brasil.

EFEITOS DO MANGANÊS NA MORFOLOGIA DA *Lemna minor* L. (Araceae)

RESUMO

O presente trabalho objetivou comparar as respostas fisiológicas da espécie *Lemna minor* L. frente ao aumento da concentração do metal manganês (Mn) em solução nutritiva, e se essas plantas são capazes de fitorremediar ambientes com altas concentrações deste metal pesado. As plantas foram coletadas em lagos artificiais, sem aparente contaminação por manganês, localizado no Viveiro Tracoá na região de São José de Ribamar – MA. O experimento foi realizado em placas de petri, onde foram adicionados 350 ml de solução nutritiva de Hoagland acrescida de doses crescentes de Mn (0; 0,2; 0,5 e 0,7mM)) na forma de MnCl₂, com 1/4 de força iônica. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, sendo a unidade experimental constituída por 30 plantas. Foram avaliadas características morfológicas da espécie submetidas a concentrações crescentes de Mn. Os indivíduos de todos os tratamentos, exceto o tratamento controle, apresentaram sintomas visuais de toxidez, observando-se, cloroses, enrugamento e enrolamento da lâmina foliar e necroses. Apesar disso, não houve morte de nenhuma planta de *L. minor*, o que sugere que é uma espécie que possui capacidade para acumular este elemento sem grandes prejuízos para as plantas. Dessa maneira, conclui-se que a espécie *L. minor*, apresenta potencial para ser utilizada na fitorremediação e oferece um novo recurso para explorar e descobrir os mecanismos de acúmulo do Mn nas plantas, além de auxiliar na limpeza de águas contaminadas.

Palavras-chave: Fitorremediação; Poluição; Macrófita aquática.

EFFECTS OF MANGANESE ON THE MORPHOLOGY OF *Lemna minor* L. (Araceae)

ABSTRACT

The present work aimed to compare the physiological responses of the species *Lemna minor* L. to increased concentrations of the metal manganese (Mn) in nutrient solution, and whether these plants are capable of phytoremediating environments with high concentrations of this heavy metal. The plants were collected in artificial lakes, without apparent manganese

contamination, located at Viveiro Tracoá in the region of São José de Ribamar - MA. The experiment was carried out in petri dishes, where 350 ml of Hoagland's nutrient solution were added plus increasing doses of Mn (0; 0.2; 0.5 and 0.7mM) in the form of MnCl₂, with 1 / 4 of ionic strength. The experiment was conducted in a completely randomized design, with five replications, with the experimental unit consisting of 30 plants. Morphological characteristics of the species subjected to increasing concentrations of Mn were evaluated. Individuals from all treatments, except the control treatment, showed visual symptoms of toxicity, including chlorosis, wrinkling and curling of the leaf blade and necrosis. Despite this, there was no death of any *L. minor* plant, which suggests that it is a species that has the capacity to accumulate this element without major damage to the plants. Therefore, it is concluded that the *L. minor* species has the potential to be used in phytoremediation and offers a new resource to explore and discover the mechanisms of Mn accumulation in plants, in addition to helping to clean contaminated water.

Keywords: Phytoremediation. Pollution. Aquatic macrophyte.

INTRODUÇÃO

A poluição da água é um dos grandes desafios enfrentados pelas economias emergentes. Mais de um bilhão de pessoas são afetadas por problemas de contaminação da água, especialmente em países em desenvolvimento. Os recursos de água doce foram amplamente vistos como um receptáculo para resíduos domésticos e industriais. Dentre os principais poluentes, encontra-se o manganês (Mn), este metal em ambiente aquático está relacionado, em grande parte, às interferências antrópicas, como processos de manufatura de papel, resíduos de esgotos domésticos e resíduos de mineração (Martins & Lima, 2001).

Porém há diversos meios para recuperação de áreas aquáticas contaminadas por metais pesados, e a fitorremediação vem sendo altamente utilizada por ser uma técnica atraente, ecologicamente viável e de menor custo. A fitorremediação é um processo que utiliza plantas como agentes de purificação em ambientes aquáticos e terrestres, que possam estar contaminados e poluídos (Pio *et al.*, 2013).

Um grupo de plantas bastante utilizadas é o das macrófitas aquáticas, que possuem potencial de degradar, remover ou inativar possíveis contaminantes do meio, atenuando seus efeitos em organismos vivos e no ambiente, sendo uma alternativa econômica e sustentável (Lamego, 2007). Um bom exemplo de macrófitas com capacidade de remoção de contaminantes ambientais e de metais em particular, é a espécie *Lemna minor*. Esta é uma espécie de pequenas macrófitas flutuantes pertencentes à família das Araceae (Cabrera *et al.*, 2008), conhecida popularmente como lentilha-de-água é considerada um modelo adequado para estudos ecotoxicológicos devido a seu tamanho reduzido, rápida taxa de crescimento, reprodução vegetativa, facilidade de cultivo e de adaptação a diferentes condições do meio e sensibilidade a numerosos poluentes (Aliferis *et al.*, 2009). Alguns estudos indicam que o gênero *Lemna* consegue tolerar elevadas concentrações de diversos metais, havendo já alguns dados referentes à acumulação de cádmio (Cd), zinco (Zn) e manganês (Mn) (Fechine, 2020., Khellaf, 2009., Jain *et al.*, 1988).

Diante disso, este estudo tem como objetivo avaliar a capacidade do Mn em afetar as plantas e seus efeitos na morfologia na macrófita *Lemna minor* a fim de investigar o potencial dessa espécie em processos de fitorremediação.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Maranhão (UFMA), em São Luís, MA. Para a realização do experimento foi utilizada a espécie de macrófita *Lemna minor*. As plantas foram coletadas

em lagos naturais, localizados no Viveiro Tracoá na região de São José de Ribamar - MA. Em seguida, as plantas foram levadas para casa de vegetação no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Maranhão (UFMA), em São Luís, MA, onde foram lavadas em água corrente e cultivadas para adaptação, aclimatização e obtenção de biomassa. Estas foram colocadas em placas de petri contendo solução nutritiva de Hoagland (Hoagland & Arnon, 1950), com 1/4 de força iônica, com o pH 5,8, sendo esta solução renovada a cada três dias. As plantas foram cultivadas em temperatura ambiente e 12 horas de fotoperíodo.

Procedimento Amostral

As plantas-filhas foram selecionadas quanto ao tamanho, número de folhas e ausência de clorose para uniformização das plantas utilizadas no experimento. As plantas controle foram mantidas apenas em solução nutritiva, sendo o pH das soluções medido e, quando necessário, corrigido para 5,8 com HCl (1M) ou NaOH (1M). A observação da sintomatologia da espécie que foi exposta às diferentes concentrações de Mn foi realizada diariamente, seguida de registro fotográfico utilizando uma câmera digital e lupa quando necessário.

O experimento foi realizado em placas de Petri, onde foram adicionados 350 ml de solução nutritiva de Hoagland acrescida de doses crescentes de Mn (0; 0,2; 0,5 e 0,7mM)) na forma de MnCl₂, com 1/4 da força iônica. No décimo dia após o início do experimento, as plantas foram removidas das placas de Petri, lavadas em solução de ácido nítrico 1% com água destilada e fotografadas.

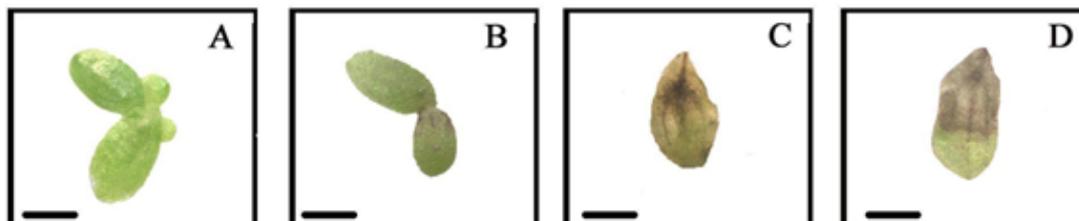
O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, sendo a unidade experimental constituída por uma placa contendo 30 plantas.

RESULTADOS

Houve alterações morfológicas nas estruturas da *L. minor* cultivadas nas diferentes concentrações de Manganês. Os indivíduos de todos os tratamentos utilizados, exceto o tratamento controle (Figuras 1A), apresentaram sintomas visuais de toxidez, observando-se cloroses, enrugamento e enrolamento da lâmina foliar, além de necroses. As lesões identificadas nas margens das lâminas foliares de *L. minor* foram caracterizadas como clorose (Figuras 1B), início de necrose e necrose (Figuras 1C e 1D, respectivamente). Nos pecíolos e lâminas foliares observou-se desidratação com enrolamento e enrugamento (Figuras 1C e 1D). Outro efeito do aumento da concentração do Mn na solução foi a redução do surgimento de indivíduos jovens, principalmente nas concentrações de 0,5 e 0,7 mM de Mn.

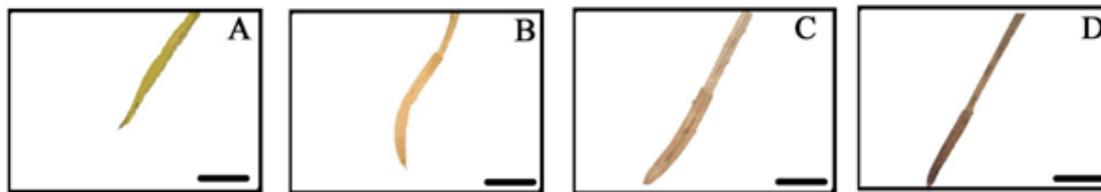
Com o aumento da concentração de manganês foram observadas maiores lesões nas plantas, incluindo lesões foliares, e alterações na coloração das raízes (Figuras 2). As plantas de *L. minor* começaram a apresentar alterações morfológicas a partir do quarto dia de experimento, em todos os tratamentos, exceto o controle, sendo clorose nas folhas os mais evidentes. Na maior concentração testada, várias folhas estavam senescentes ao final do experimento (Figuras 1).

Figura 1. Detalhes dos sintomas visuais de toxidez nas folhas de *Lemna minor* expostas a diferentes concentrações de Mn durante 10 dias. A: controle; B: 0,2mM; C: 0,5mM e D: 0,7mM.



Foi observada modificação na coloração de raízes, que foi proporcional ao aumento da concentração de Mn na solução nutritiva (Figura 2). A redução do sistema radicular nas plantas submetidas a maiores concentrações foi devido à morte das raízes.

Figura 2. Detalhes da coifa das raízes de *Lemna minor* expostas a diferentes concentrações de Mn durante 10 dias. A: controle; B: 0,2mM; C: 0,5mM e D: 0,7mM.



DISCUSSÃO

Este trabalho demonstrou que a intensidade dos sintomas de toxicidade das plantas ao Mn depende do estado fisiológico da planta, absorção e translocação do elemento nas raízes e entre as diferentes partes da planta, da idade foliar, bem como da

maneira que ocorre a distribuição de Mn e a sua concentração dentro célula, evidenciado na diferenciação de sintomas de uma planta para outra ou de uma folha para outra (Kitao *et al.*, 2001).

No presente estudo, plantas de *L. minor* apresentaram clorose e pontos marrons nas folhas. Essa sintomatologia tem sido relatada por pesquisadores da área como sendo sintomas específicos de toxicidade por Mn (Wisseimeier & Horst, 1992). A clorose também pode estar associada à redução do conteúdo de clorofila nas folhas. Acredita-se que o enrolamento foliar e a clorose em folhas jovens, são decorrentes da deficiência de Ca e Fe, respectivamente, que tem sua absorção diminuída pela sua competição com o Mn (Eckhard *et al.*, 2012).

Por também ser um micronutriente, o Mn é um elemento requerido em baixas concentrações para atuar de forma favorável ao funcionamento do metabolismo vegetal e, conseqüentemente, podem facilmente atingir níveis tóxicos que acabam implicando no metabolismo e saúde das plantas. No caso específico da espécie *L. minor*, no final do período experimental, as plantas sob excesso de Mn apresentaram clorose marginal, manchas marrons nas folhas, dobras, rachaduras e necrose foliar, essa sintomatologia segundo a literatura é constituída de plantas sob excesso de Mn (Santos *et al.*, 2017).

Em baixas concentrações de Mn, as plantas não apresentaram sintomas de toxidez ou qualquer outra indicação de que o metabolismo estivesse sendo alterado. Altas concentrações de Mn no sistema radicular influenciam não somente o modo de crescimento radicular, como também afetam a morfologia (raio médio, coloração e desenvolvimento de pelos radiculares) e a arquitetura radicular (número e comprimento de raízes laterais), o que leva à inibição do crescimento e ao engrossamento e encurtamento das raízes.

CONCLUSÃO

Plantas de *Lemna minor* expostas ao Mn sofreram efeitos tóxicos, principalmente, em concentrações elevadas, apresentando alteração na coloração das raízes, cloroses, necroses, enrugamento e enrolamento da lâmina foliar. *L. minor* foi sensível ao excesso de Mn, porém mostrou boa performance nas concentrações testadas, evidenciando índice de sobrevivência e capacidade em gerar plantas saudáveis. Todos esses fatores podem ser úteis para um diagnóstico de campo da toxicidade do Mn.

Isso também pode demonstrar o potencial para a aplicação da espécie como indicadora precoce de contaminação em água por meio de sintomas foliares e radiculares visíveis distintos de toxicidade de Mn.

REFERÊNCIAS

- ALIFERIS, K. A., MATERZOK, S., PAZIOTOU, G. N., & CHRYSAYI-TOKOUSBALIDES, M. (2009). *Lemna minor* L. as a model organism for ecotoxicological studies performing ¹H NMR fingerprinting. *Chemosphere*, 76(7), 967–973.
- CABRERA, L. I., SALAZAR, G. A., CHASE, M. W., MAYO, S. J., BOGNER, J., & DÁVILA, P. (2008). Phylogenetic relationships of aroids and duckweeds (Araceae) inferred from coding and noncoding plastid DNA. *American Journal of Botany*, 95(9), 1153–1165.
- ECKHARD, G.; HORST, W.J.; NEUMANN, E. (2012). Adaptation of Plants to Adverse Chemical Soil Conditions. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*, 409–472.
- FECHINE, J. M. (2020). Proteômica diferencial de *Lemna aequinoctialis* sob estresse por cádmio (Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco).
- HOAGLAND, D. R., & ARNON, D. I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. Circular. *California agricultural experiment station*, 347(2).
- JAIN, S. K., GUJRAL, G. S., JHA, N. K., & VASUDEVAN, P. (1988). Heavy metal uptake by *Pleurotus sajor-caju* from metal-enriched duckweed substrate. *Biological Wastes*, 24(4), 275–282.
- KHELLAF, N., & ZERDAOUI, M. (2009). Phytoaccumulation of zinc by the aquatic plant, *Lemna gibba* L. *Bioresource technology*, 100(23), 6137–6140.
- KITAO, M., LEI, T. T., NAKAMURA, T., & KOIKE, T. (2001). Manganese toxicity as indicated by visible foliar symptoms of Japanese white birch (*Betula platyphylla* var. japonica). *Environmental Pollution*, 111(1), 89–94.
- LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. (2007). Fitorremediação: plantas como agentes de despoluição? Pesticidas: *Revista de ecotoxicologia e meio ambiente*, 17, 12–13.
- MARTINS, I., & LIMA, I. V. (2001). Ecotoxicologia do manganês e seus compostos. *Cadernos de referência ambiental*, 7, 18–42.
- PIO, M. C. S., SOUZA, K. S., SANTANA, G. P. (2013). Capacidade da *Lemna aequinoctialis* para acumular metais pesados de água contaminada. *Acta Amaz.*, 43(2), 203–210.
- SANTOS, E. F., SANTINI, J. M. K., PAIXÃO, A. P., JÚNIOR, E. F., LAVRES, J., CAMPOS, M., & DOS REIS, A. R. (2017). Physiological highlights of manganese toxicity symptoms in soybean plants: Mn toxicity responses. *Plant physiology and biochemistry*, 113, 6–19.
- WISSEMEIER, A. H., & HORST, W. J. (1992). Effect of light intensity on manganese toxicity symptoms and callose formation in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Plant and Soil*, 143, 299–309.

