

## AVALIAÇÃO DA TOLERÂNCIA, DISTRIBUIÇÃO E ACÚMULO DE COBRE EM *TRIDAX PROCUMBENS* L. (ASTERACEAE)

JÚNIOR EUGÊNIO BORKOWSKI <sup>1,2</sup>, THALÍA LOPES FRIEDRICH <sup>2,3</sup>, NESSANA  
DARTORA <sup>2,4</sup>, FABIANO CASSOL <sup>2,5</sup>, MARLEI VEIGA <sup>2,6</sup>.

### 1. INTRODUÇÃO

O cobre (Cu) é um micronutriente essencial para os seres vivos, mas a alta concentração deste metal pode causar problemas ambientais (YRUELA, 2009). Solos de uso agrícola são locais com contaminação potencial por Cu, devido aplicação de fungicidas contendo este elemento em sua constituição (PIETRZAK; MCPHAIL, 2004). Nesse sentido, buscando minimizar os efeitos prejudiciais do Cu no solo, a fitorremediação é uma alternativa. Esta técnica consiste na utilização de plantas capazes de absorver, translocar para a parte aérea ou imobilizar no sistema radicular os contaminantes presentes no solo de forma a remediar a área contaminada de maneira mais barata e menos agressiva ao ambiente, tornando-a uma boa alternativa ao método de remoção física da camada do solo contaminada (OLIVEIRA et al., 2007).

Tendo em vista que há poucas informações sobre o comportamento da *Tridax procumbens* L. (Erva-de-touro) quando cultivada com altos teores de Cu, e sobre a possibilidade desta planta vir a ser utilizada para fitorremediação, propôs-se investigar o potencial fitorremediador desta espécie, uma planta herbácea, da família Asteraceae e nativa em todas as regiões do Brasil. Kumar e colaboradores (2013) encontraram a *T. procumbens* e outras plantas nativas crescendo espontaneamente em uma área contaminada com diferentes metais, entre eles o Cu, e obtiveram altos teores de acumulação de metais nas plantas. Isso indica que esta espécie possui boa capacidade de suportar e desenvolver-se em áreas com níveis elevados de metais, podendo ser utilizada para recuperar áreas contaminadas com metais em nível tóxico (KUMAR et al., 2013).

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* Cerro Largo, **Bolsista IC-UFFS**, contato: [juniorborkowski@gmail.com](mailto:juniorborkowski@gmail.com)

<sup>2</sup> Grupo de pesquisa: Núcleo de síntese e aplicação de compostos Orgânicos e Inorgânicos – NUSAACOI.

<sup>3</sup> Pós-graduanda em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo, **Bolsista UFFS**.

<sup>4</sup> Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo. **Colaboradora**.

<sup>5</sup> Prof. Dr., Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo. **Colaborador**.

<sup>6</sup> Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo. **Orientadora**.

## 2. OBJETIVOS

Avaliar a tolerância, a distribuição e o acúmulo de cobre em mudas de *Tridax procumbens*.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1 Cultivo das plantas

O sistema hidropônico foi composto por bandejas com 2,5 L de solução nutritiva. As condições de fotoperíodo (12h) e aeração foram controlados por microcontrolador Arduino Uno, e a temperatura do ambiente foi mantida a 23 °C.

As mudas de *T. procumbens* foram obtidas através de aquênios coletados de plantas na área experimental da UFFS/Cerro Largo, sendo estas, selecionadas manualmente, germinadas em caixas gerbox na BOD (*Biological Oxygen Demand*) a 30 °C durante 7 dias e usando como substrato a vermiculita. Após emergidas, as plântulas foram transplantadas para copos plásticos de 50 mL, com vermiculita, onde permaneceram por 60 dias antes da aclimação, sendo irrigadas com a solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950). A aclimação das mudas foi feita em duas etapas: primeiro colocando-as na estrutura projetada para a hidroponia, ainda na vermiculita, durante 4 dias, e em seguida, transplantando-as para a solução hidropônica sem adição extra de Cu por mais 6 dias. Para o cultivo hidropônico foi utilizada a solução nutritiva de Dutt & Bergman (1966).

Após os 10 dias de aclimação, as plantas foram colocadas na solução nutritiva contaminada com doses crescentes de Cu: 0,235 (controle), 5, 25, 100 e 200  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de Cu. As plantas permaneceram na solução com Cu durante 39 dias e os tratamentos foram denominados de TC, T1, T2, T3 e T4 com 4 repetições. A solução nutritiva foi substituída a cada 10 dias e seu pH foi ajustado para 5,50 após o preparo.

### 3.2 Preparo das amostras e determinação do acúmulo de cobre nas plantas

Após a coleta, as plantas foram divididas em parte aérea (PA) e sistema radicular (SR). A PA foi lavada por enxague triplo com água destilada, enquanto o SR foi submerso em água destilada em banho ultrassônico por 15 minutos para a remoção do Cu possivelmente adsorvido a sua superfície. Após a lavagem as amostras foram secas em estufa de circulação forçada por 72 horas a 65 °C e trituradas em moinho analítico A11 basic (IKA).

As amostras trituradas foram digeridas em bloco digestor (TE-007MP Tecnal) com uma mistura dos ácidos nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) e perclórico ( $\text{HClO}_4$ ) na proporção de 4:1 (v/v). O cobre foi determinado em um espectrômetro de absorção atômica com chama (SavantAA, GBC).

### 3.3 Índices de fitorremediação e análise estatística

O fator de translocação (FT) e o índice de tolerância (IT) foram calculados com base nas seguintes equações:  $FT (\%) = \text{Cu acumulado na PA} / \text{Cu acumulado na planta inteira} * 100$ ;  $IT (\%) = \text{massa seca total das plantas do } T_n / \text{massa seca das plantas do TC} * 100$ . Os resultados foram avaliados estatisticamente no software R 4.1.0, com a finalidade de verificar a variância das concentrações médias de Cu absorvidas, e a variância dos parâmetros massa total, IT e FT de cada tratamento. Para isso, realizou-se a análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de comparação múltipla de *Tukey*, assumindo um nível de significância de 5%.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de Cu no SR e PA aumentou de maneira proporcional às concentrações de Cu na solução nutritiva, sendo que os maiores acúmulos foram observados nos tratamentos com 100 e 200  $\mu\text{mol L}^{-1}$ . Entretanto, o SR apresentou um acúmulo superior quando comparado a PA (Tabela 1). Apesar de a *T. procumbens* conseguir absorver e acumular Cu em suas raízes, ela não pode ser considerada uma planta fitorremediadora pelo mecanismo de fitoextração, uma vez que os valores de FT (Tabela 1) foram inferiores a cem ( $FT < 100\%$ ). Sabe-se que a maioria das espécies não possuem mecanismos capazes de barrar a entrada de metais tóxicos quando estão inseridas em locais com grande concentração (YRUELA, 2009). Ao invés de barrar a entrada do metal no SR, essas plantas desenvolvem estratégias eficazes para evitar a translocação do metal para a PA, imobilizando-o na parede celular de suas raízes a fim de evitar toxicidade (ZANCHETA et al., 2011; LASAT, 2002).

Tabela 1 - Concentração de cobre e fator de translocação por tratamento.

Tratamento	Cu adicionado na solução nutritiva ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	Cu absorvido na PA ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Cu absorvido no SR ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	FT (%)
T <sub>C</sub>	0	8,84 ± 1,49 <sup>b</sup>	16,99 ± 7,38 <sup>c</sup>	34,21 ± 15,12 <sup>a</sup>
T <sub>1</sub>	5	12,77 ± 1,80 <sup>b</sup>	36,50 ± 11,40 <sup>c</sup>	25,92 ± 8,80 <sup>a</sup>
T <sub>2</sub>	25	58,74 ± 7,43 <sup>b</sup>	719,14 ± 108,97 <sup>c</sup>	7,55 ± 1,25 <sup>b</sup>
T <sub>3</sub>	100	240,40 ± 50,44 <sup>a</sup>	2.806,62 ± 381,38 <sup>b</sup>	7,89 ± 1,79 <sup>b</sup>
T <sub>4</sub>	200	324,40 ± 94,46 <sup>a</sup>	4.067,54 ± 683,53 <sup>a</sup>	7,39 ± 1,65 <sup>b</sup>

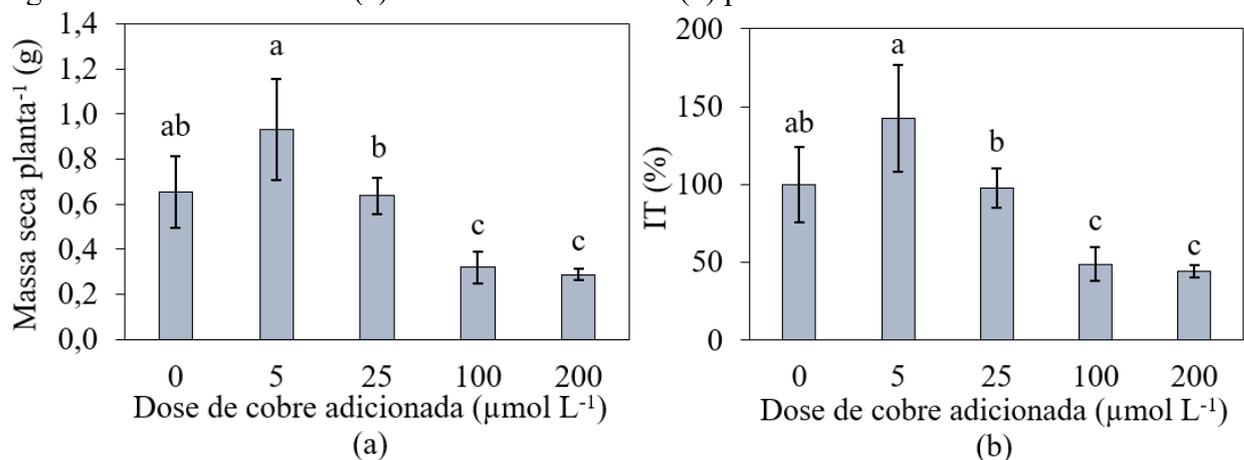
Os dados representam as médias ± desvio padrão (n = 4) e os índices resultantes do teste *Tukey*, no qual letras diferentes indicam que há diferença significativa entre os valores médios de cada tratamento. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Nesse contexto, os tratamentos com 0,235 e 5  $\mu\text{mol L}^{-1}$  tiveram os maiores valores de FT com 34,21 e 25,92% do Cu total translocado para a PA, respectivamente, enquanto os demais tratamentos tiveram valores de FT próximos a 7,5%, indicando a diminuição da translocação em doses de 25  $\mu\text{mol L}^{-1}$  ou superiores. Zancheta e colaboradores (2011) obtiveram valores semelhantes de FT para Cu ao cultivar diferentes espécies em hidroponia, e

concluíram que a baixa translocação é um fator que limita a utilização dessas plantas para fitorremediar áreas contaminadas por esse metal.

Quanto ao IT, apenas o tratamento com 5  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de Cu obteve índice superior ao controle, enquanto o tratamento com 25  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de Cu apresentou valores menores que o TC, mas sem diferença significativa (Figura 1 b), indicando tolerância da planta a essas concentrações de Cu. Esses mesmos tratamentos, apresentaram comportamento semelhante de acúmulo de massa seca total (MS), no qual os T1 e T2 não apresentaram diferença significativa de MS em relação ao TC (Figura 1 a).

Figura 1 - Massa seca total (a) e índice de tolerância (b) por tratamento.



Os dados representam as médias  $\pm$  desvio padrão ( $n = 4$ ) e os índices resultantes do teste *Tuckey*, no qual letras diferentes indicam que há diferença significativa entre os valores médios de cada tratamento. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Já os demais tratamentos tiveram uma diminuição significativa de MS, com o aumento da concentração de Cu, apresentando sintomas de toxicidade com 100  $\mu\text{mol L}^{-1}$  e morte de todas as plantas cultivadas com 200  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de Cu. Sintomas de toxicidade, tais como murcha, clorose e necrose, ocorrem em função da diminuição de pigmentos fotossintéticos nas folhas, como a clorofila (SHABBIR et al., 2020), sendo causada pela geração e acúmulo de espécies reativas de oxigênio devido a perturbação que o íon de  $\text{Cu}^{2+}$  causa no transporte de elétrons durante a fase fotoquímica da fotossíntese (MARQUES et al., 2019). Com a redução da fotossíntese, tem-se uma diminuição na produção de energia, fixação de carbono e, conseqüentemente, de acúmulo de MS (MARQUES et al., 2018) conforme foi observado nas plantas cultivadas com 100 e 200  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de Cu (Figura 1 a).

## 5. CONCLUSÃO

A *T procumbens* acumulou maiores quantidades de Cu no SR do que na PA, o que é considerado uma estratégia da planta para tolerar o metal, indicando baixa fitoextração, dados comprovados pelos FT calculados. Ressalta-se pelo IT que as concentrações de

100-200  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de Cu foram críticos, ocasionando a morte de algumas plantas na última semana de cultivo.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DUTT, J. O.; BERGMAN, E. L. **Nutriente Solution Culture of Plants**. Pages 10-11 in Pa. Agric. Ext. Ser. Veg. Crops. 2. 16p., 1966.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.T. **The water culture method for growth plants without soil**. California Agriculture Experiment Station, Berkeley. 1950.

KUMAR N.; et al. Accumulation of metals in weed species grown on the soil contaminated with industrial waste and their phytoremediation potential. **Ecological Engineering**. 61, 491-495, 2013.

LASAT, M. M. Phytoextraction of toxic metals: A review of biological mechanisms. **Journal of Environmental Quality**, v. 31, p. 109-120, 2002.

MARQUES, D. M.; et al. Root morphology and leaf gas exchange in *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Caesalpinioideae) exposed to copper-induced toxicity **South African Journal of Botany**, v. 121, p. 186-192, 2019.

OLIVEIRA, D. M.; et al. **Fitorremediação: o estado da arte**. Rio de Janeiro. CTEM/MCT. 2007.

PIETRZAK, U.; MCPHAIL, D. C. Copper accumulation, distribution and fractionation in vineyard soils of Victoria, Australia. **Geoderma**, v. 122, p. 151–166, 2004.

SHABBIR, Z.; et al. Copper uptake, essentiality, toxicity, detoxification and risk assessment in soil-plant environment. **Chemosphere** v. 259, p. 0-28, 2020.

YRUELA, I. Copper in plants: Acquisition, transport and interactions. **Functional Plant Biology**, v. 36, n. 5, p. 409–430, 2009.

ZANCHETA, A. C. F. et al. Fitoextração de cobre por espécies de plantas cultivadas em solução nutritiva. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 737-744, 2011.

**Palavras-chave:** Cultivo hidropônico; Metais a nível tóxico; Fitorremediação de metais.

**Nº de Registro no sistema Prisma:** PES 2020 - 0440

**Financiamento:** IC/UFFS