

**MATÉRIA SECA DE MUDAS DE CEDRO AUSTRALIANO CULTIVADO EM SOLUÇÃO
NUTRITIVA SOB RAZÕES DE Zn/Cd**

GUILHERME AMARAL DE SOUZA¹, DANIELA APARECIDA DE ANDRADE², MINA TOMAS VILLAFORT³, PAULO ADEMAR AVELAR FERREIRA⁴, THIAGO HENRIQUE PEREIRA REIS⁵, JANICE GUEDES DE CARVALHO⁶

RESUMO

A identificação de espécies arbóreas pouco sensíveis a variadas condições de estresses químicos, principalmente tolerantes a altas concentrações de metais pesados, é muito importante para o processo de fitorremediação de áreas degradadas, uma vez que normalmente possuem um longo ciclo reprodutivo, permitindo o recobrimento da área por maior período de tempo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação sob o delineamento experimental de blocos casualizados com seis tratamentos, representados por: solução de Clark completa - Controle; razão Zn/ Cd de 10/1 μM ; razão 50/5 μM ; razão 100/10 μM ; razão 200/20 μM e razão 300/30 μM e seis repetições. O ensaio foi conduzido por 50 dias em exposição aos tratamentos. Ao final da fase experimental, determinou-se a produção de matéria seca das plantas. As Razões de 10/1 e 50/5 μM de Zn/Cd não afetaram as produções de matéria seca de mudas de cedro australiano. A partir da razão 100/10 μM a produção de matéria seca de mudas de cedro australiano foi comprometida. A razão 300/30 Zn/Cd foi a que mais afetou a produção de matéria seca de raiz.

Palavras-chave: Fitorremediação, Elementos-traço, *Toona ciliata*, Nutrição Mineral de Plantas, Solução Nutritiva.

INTRODUÇÃO

A atividade mineradora e de beneficiamento de metais, assim como a produção de resíduos industriais ocasionam a deposição de elementos contaminantes na superfície do solo, destacando-se alguns denominados elementos traço (metais pesados e metalóides) tais como cádmio (Cd), chumbo (Pb) e zinco (Zn), os quais são importantes poluentes ambientais, sendo muitos desses tóxicos mesmo em pequenas concentrações (Memon & Schroder, 2009). Nessa condição, há um risco de contaminação para todo o ecossistema, inclusive o homem que se encontra presente na área. Nas plantas, a principal causa da toxidez pelo Cd parece ser pela sua combinação com grupos tiólicos (-SH) de enzimas e proteínas provocando desordens no metabolismo vegetal (Lagriffoul et al., 1998).

A identificação de espécies arbóreas pouco sensíveis a variadas condições de estresses químicos, principalmente tolerantes a altas concentrações de metais pesados, é muito importante para o processo de fitorremediação de áreas degradadas uma vez que normalmente possuem um longo ciclo reprodutivo, permitindo o recobrimento da área por maior período de tempo. Plantas, quando submetidas à ambientes contaminados por metais pesados, apresentam uma série de distúrbios fisiológicos e nutricionais (Mengel & Kirkby, 1982; Kabata-Pendias & Pendias, 1984; Bergmann, 1992; Marschner, 1995; Soares, 1999; Paiva, 2000). Entre os distúrbios nutricionais tem-se a interferência desses metais sobre a absorção, a translocação e as funções dos nutrientes.

Estudos com espécies arbóreas nesse enfoque são pouco conhecidos nas condições brasileiras, onde a contaminação do solo e a existência de áreas degradadas pelo excesso de metais têm aumentado muito. Sendo assim, considera-se relevante a realização de trabalhos para a identificação de espécies arbóreas tolerantes a estresses químicos, sendo importantes para potencializar a fitorremediação dessas áreas (Carneiro et al., 2002).

¹ Doutorando em Ciência do Solo, DCS/ UFLA, amaraluflla@gmail.com

² Mestranda em Ciência do Solo, DCS/UFLA, danibio08@hotmail.com

³ Mestranda em Ciência do Solo DCS/UFLA, minavillafort@hotmail.com

⁴ Doutorando em Ciência do Solo, DCS/UFLA, avelaruflla@gmail.com

⁵ Doutorando em Ciência do Solo, DCS/UFLA, thiagohpreis@yahoo.com.br

⁶ Professora Titular do Departamento de Ciência do Solo, janicecg@ufla.br

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi verificar a influência das relações de zinco e cádmio na produção de matéria seca em mudas de cedro australiano cultivado em solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, MG, localizada, geograficamente, nas coordenadas 21°14' de latitude sul, 45°00' de longitude oeste e altitude de 918 m.

As mudas de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*) foram obtidas com aproximadamente 60 dias junto ao Viveiro Belo Vista[®] em substrato comercial Plantmax[®].

As mesmas foram transferidas para uma bandeja plástica, com capacidade de 24 litros, contendo solução de Clark (1975) para adaptação (1/5, 2/5, 3/5 e 4/5 da força iônica) por 15 dias em cada concentração até serem individualizadas nos tratamentos com solução a 5/5 da força iônica e mantidas sob aeração constante.

As soluções estoques foram preparadas com reagentes P.A. contendo: 7,26 mM N-NO₃⁻; 0,90 mM N-NH₄⁺; 0,07 mM P; 1,80 mM K; 2,60 mM Ca; 0,60 mM Mg; 0,50 mM S; 7,0 μM Mn; 2 μM Zn; 0,5 μM Cu; 19 μM B; 0,60 μM Mo; e 38 μM Fe complexado com Na₂-EDTA. Para os tratamentos que receberam as razões de Zn/Cd foram utilizados como fonte os sais ZnSO₄ e CdSO₄.

Após o período de adaptação, as plantas foram individualizadas em recipientes plásticos, com capacidade de três litros e mantidas sob aeração constante. As soluções nutritivas foram renovadas quinzenalmente e o volume dos vasos completado sempre que necessário com água deionizada. Como suporte para as plantas foi utilizado placas de isopor de 15 centímetros de diâmetro e dois centímetros de espessura.

O delineamento experimental foi o blocos casualizados com seis tratamentos (tabela 1) e seis repetições. As plantas foram mantidas por um período de 50 dias em exposição aos metais.

Tabela 1. Tratamentos e relações Zn/Cd em mudas de cedro australiano cultivado em solução nutritiva.

1 - Solução de Clark Completa - Controle	4 - Razão 100 μM Zn / 10 μM Cd
2 - Razão 10 μM Zn / 1 μM Cd	5 - Razão 200 μM Zn / 20 μM Cd
3 - Razão 50 μM Zn / 5 μM Cd	6 - Razão 300 μM Zn / 30 μM Cd

Ao final do experimento as plantas foram colhidas e divididas em parte aéreas (folhas e caule) e raízes. Posteriormente, foram lavadas com água deionizadas e secas em estufa de circulação forçada de ar (65 e 75°C) até atingir peso constante.

O material vegetal resultante foi pesado em balança de precisão (0,01g) para a obtenção das massas de matéria seca. A partir dos valores obtidos foi determinada a relação parte aérea/raiz, representando uma correlação de desenvolvimento, expressando o fato de que o crescimento radicular pode afetar o da parte aérea e vice-versa (Correia & Nogueira, 2004). A relação parte aérea/raiz foi obtida pela fórmula:

$$\text{Relação Parte Aérea/Raiz} = \frac{\text{Peso da matéria seca da parte aérea (folhas+caule)}}{\text{Peso da matéria seca de raízes}}$$

Os resultados foram submetidos à análise de variância por meio do uso do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos influenciaram de forma significativa a produção de matéria seca das diferentes partes das plantas (tabela 2).

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

Tabela 2. Produção de matéria seca de folhas (MSF), matéria seca de caule (MSC), matéria seca de raiz (MSR) e relação parte aérea/raiz (Relação PA/R) de mudas de cedro australiano cultivado em solução nutritiva sob razões de Zn/Cd.

Tratamento	MSF	MSC	MSR	Relação PA/R
Completo	19,11 a	14,11 a	12,64 a	2,50 a
Razão 10/1	18,90 a	15,29 a	13,70 a	2,50 a
Razão 50/5	17,11 a	14,35 a	14,28 a	2,17 a
Razão 100/10	13,73 b	11,19 b	10,89 b	2,33 a
Razão 200/20	13,54 b	10,20 b	9,05 c	2,67 a
Razão 300/30	10,71 b	8,51 b	6,65 d	3,17 a
CV (%)	20,08	24,68	17,54	24,05

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott a 5%.

Produção de matéria seca de folhas (MSF)

Para mudas de cedro australiano cultivadas em solução nutritiva, os tratamentos onde foram observadas as maiores produções de MSF foram controle, Razão 10/1 e Razão 50/5, sendo que esses tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas, porém, o primeiro foi respectivamente, 1,1 e 10,46% superior aos dois últimos. Paiva (2000) trabalhando com doses de Cd em mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) verificou nas menores doses aplicadas (22 μ M Cd) uma redução de 15% na produção de MSF.

As menores produções foram verificadas nas razões de Zn/Cd de 100/10, 200/20 e 300/30, as quais não apresentaram diferenças estatísticas e onde se observou redução de, respectivamente, 28,15, 29,14 e 43,96% em relação ao tratamento controle. Paiva (2000) observou redução de 88% em MSF para *Cedrela fissilis* Vell. submetidas à dose de 132 μ M Cd em solução nutritiva, ao passo que Soares et al. (2005) verificaram redução de 75% na produção de MSPA de plantas de *E. urophylla* cultivadas em solução nutritiva contendo 180 μ M Cd.

Produção de matéria seca de caule (MSC)

Para MSC de mudas de cedro australiano verificou-se que os maiores médias foram encontrados nos tratamentos contendo as razões Zn/Cd de 10/1, 50/5 e completo que não apresentaram diferenças estatísticas, sendo os dois primeiros 8,36 e 1,70%, respectivamente, maiores que o tratamento completo. Esse resultado diverge daquele encontrado por Paiva (2000) em mudas de cedro quando verificou redução de 14% para a MSC em mudas de cedro cultivado em solução nutritiva contendo 22 μ M de Cd.

No caule, as menores produções de matéria seca, foram encontradas nos tratamentos razão Zn/Cd de 100/10, Razão 200/20 e Razão 300/30 em que não foram observadas diferenças estatísticas apresentando redução de 20,69, 27,71 e 39,69%, respectivamente, em relação ao tratamento completo.

Produção de matéria seca de raiz (MSR)

Para esse parâmetro, os maiores valores foram encontrados nos tratamentos Razão 50/5, Razão 10/1 e completo que não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Os dois primeiros tratamentos foram 12,97 e 8,39% superiores ao tratamento completo. Assim como aconteceu para MSC, Paiva (2000) encontrou redução de 15% para a MSR em plantas de cedro cultivada em solução nutritiva contendo 22 μ M Cd.

Os menores valores de MSR foram encontrados no tratamento sob a Razão de 300/30 que foi 47,39% inferior ao tratamento completo. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Soares et al. (2005) que verificaram redução de 48% na MSR de plantas de *E. urophylla* e 36% para plantas de *E. maculata* cultivadas em solução nutritiva contendo 45 μ M Cd.

Relação parte aérea/raiz

A relação parte aérea/raiz é uma correlação de desenvolvimento, expressando o fato de que o crescimento radicular pode afetar o desenvolvimento da parte aérea e vice-versa (Correia & Nogueira, 2004).

Verifica-se, por meio da tabela 2 que não ocorreu diferenças estatísticas entre os tratamentos, todavia, pelo gráfico da Figura 1, verifica-se que o cedro australiano apresentou uma flexibilidade no ajuste da relação PA/R, em função das mudanças no ambiente nutricional, proporcionadas pelos tratamentos. Verifica-se pela mesma figura que tanto a parte aérea quanto as raízes foram igualmente afetadas pelo metal nas razões de Cd/Zn mais elevadas. Esse resultado concorda com aqueles verificados por Soares et al. (2005) para plantas de *E. urophylla* cultivadas em solução nutritiva contendo 45 μM Cd. Observou-se também que a medida que se aumentaram as doses dos metais, a matéria seca, tanto da parte aérea como das raízes decresceram de forma similar.

É importante ressaltar que foram adotados os valores de MSPA e MSR iguais a 100% para o tratamento completo permitindo assim observar os tratamentos que mais afetaram essa relação PA/R.

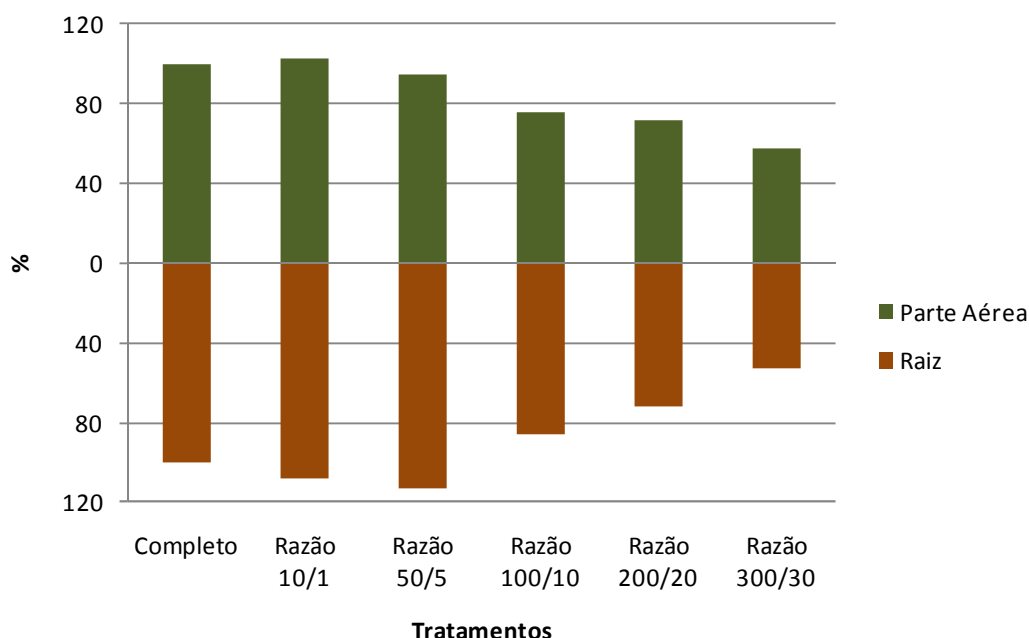


FIGURA 1. Produção relativa de matéria seca de parte aérea e raiz de plantas de cedro australiano cultivado sob Razões de Zn/Cd em solução nutritiva.

CONCLUSÃO

As produções de matéria seca de mudas de cedro australiano obtidas por meio do cultivo em solução nutritiva contendo razões de Zn/Cd de 10/1 e 50/5 foram estatisticamente iguais as encontradas para o tratamento controle sendo que a exposição das mudas aos demais tratamentos reduziu seu crescimento e, conseqüentemente, sua massa seca.

A razão Zn/Cd de 300/30 foi a que mais afetou a produção de matéria seca de raiz.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants:** developments, visual and analytical diagnoses. New York: Gustav Fisher Verlag Jena, 1992. 741p.

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

- CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Comportamento de espécies herbáceas em misturas de solo com diferentes graus de contaminação com metais pesados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.11, p.1629-1638, nov. 2002.
- CLARK, R. B. Characterization of phosphatase of intact maize roots. **Journal of Agriculture and food Chemistry**, v.23, n3, p. 458-460, 1975.
- CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 1-8, jul./dez. 2004.
- FERREIRA, D.F. **SISVAR software: versão 4.6**. Lavras: DEX/UFLA, 2003. Software.
- LAGRIFFOUL, A.; MOCQUOT, B.; MENCH, M. Cadmium toxicity effects on growth, mineral and chlorophyll content and activities of stress related enzymes in young maize plants (*Zea mays* L.) **Plant and Soil**, London, v.200, n.1, p.241-250, Mar. 1998.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 1984. 315p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MEMON, A. R.;SCHODER, P. Implications of metal accumulation mechanisms to phytoremediation. **Environment Science Polluted**. Dec. 2009, p. 162-175.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 3.ed. Woeblanfen: Interneteional Potash Institute, 1982. 655p.
- PAIVA, H. N. **Toxidez de Cd, Ni, Pb e Zn em mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) e ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.)**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 283p. Tese (doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2000.
- SOARES, C. R. F.S. **Toxidez de zinco, cobre, cádmio e chumbo para o eucalipto em solução nutritiva**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999. 132p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, 1999.
- SOARES, C. R. F. S.; SIQUEIRA, J. O.; CARVALHO, J.G.; MOREIRA, F. M. S. Fitotoxidez de cádmio para *Eucalyptus muculata* e *E. urophylla* em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.2, p.175-183, 2005.