

NUTRIÇÃO MINERAL DE CEDRO-AUSTRALIANO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE BORO E ZINCO

BRENO VIANA NASCIMENTO SILVA¹; MAYKOM FERREIRA INOCÊNCIO²; DAVI LOPES DO CARMO³; JULIANA DE SOUZA DIAS⁴; ANTONIO EDUARDO FURTINI NETO⁵; JANICE GUEDES DE CARVALHO⁶

RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar os teores médios de nutrientes nas folhas e no caule de mudas de cedro-australiano em função de doses de boro e zinco em solução nutritiva de Hoagland e Arnon. O estudo foi realizado em casa-de-vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, no esquema fatorial 3x4, sendo três doses de boro (0,0; 0,5 e 1,5 mg L⁻¹) e quatro doses de zinco (0,0; 0,025; 0,05 e 0,1 mg L⁻¹), com quatro repetições. As mudas foram adquiridas de uma empresa, com idade de 30 dias, os quais passaram por um período de aclimação por mais 30 dias e após esse período foram transferidas para vasos de polietileno com capacidade de 3 L, com uma planta cada, os quais permaneceram por 90 dias, sendo utilizada a solução nutritiva de Hoagland e Arnon, a qual foi trocada a cada 15 dias. Na colheita as mudas foram separadas em caule e folha e submetidas à lavagem em água corrente e destilada e posteriormente secos, triturados e submetidos às análises de nutrientes. A aplicação de boro reduz os teores médios de potássio, magnésio e cobre e aumenta os de cálcio, boro, ferro, manganês e zinco em mudas de cedro-australiano. Os maiores teores de nitrogênio, magnésio, enxofre, boro, ferro, manganês e zinco são encontrados nas folhas e de cálcio e cobre no caule de mudas de cedro-australiano.

Palavras-chaves: *Toona ciliata var. australis*. Micronutrientes. Macronutrientes.

INTRODUÇÃO

O cedro-australiano (*Toona ciliata var. australis*), é uma espécie originária da Austrália e no Brasil encontrou condições favoráveis ao seu desenvolvimento sendo uma espécie que apresenta uma madeira de boa qualidade, especialmente para a fabricação de móveis. A produtividade de espécies arbóreas com alto potencial de crescimento é freqüentemente limitada por restrições nutricionais, o que torna importante o conhecimento dos seus requerimentos nutricionais (SANGINGA et al., 1991). Porém pouco se conhece sobre a nutrição mineral do cedro-australiano, sendo que o manejo realizado para a cultura é o mesmo para as outras espécies como o cedro-brasileiro e o eucalipto. Dessa forma estudos, principalmente sobre as necessidades nutricionais podem levar ao manejo correto da planta.

Como o cultivo do cedro-australiano vem crescendo, principalmente em solos do cerrado, que são solos pobres em nutrientes, principalmente em boro e zinco, o uso desses micronutrientes certamente levará ao aumento do crescimento e desenvolvimento do cedro-australiano. Porém são necessários estudos respeito desse assunto para identificar as doses adequadas de cada nutriente à espécie. Na literatura são encontrados muitos trabalhos sobre o efeito benéfico do boro e do zinco (LIMA FILHO, 1991; CORRÊA et al., 2002), porém, nenhum sobre o cedro-australiano.

O boro e o zinco atuam no crescimento meristemático das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2004), sendo que para o cedro-australiano a morte da gema apical pode prejudicar a qualidade da madeira. Assim, o suprimento adequado desses micronutrientes pode garantir um melhor desenvolvimento da planta, uma vez que em situações de deficiência pode retardar o crescimento, devido à quebra da dominância apical. O zinco exerce efeitos significativos sobre a translocação de fósforo, cálcio e enxofre nas espécies de eucalipto (Soares et al., 2001). De acordo com o trabalho realizado por Paiva et al. (2003) testando doses crescentes de zinco em mudas de cedro-brasileiro, o teor de fósforo na matéria seca de caule e folha apresentou aumento com as doses de zinco. Houve aumento no teor de

¹ Tecnólogo em Gestão Ambiental, breordi@gmail.com

² Doutorando em Ciência do Solo, DCS/UFLA, maykomagronomia@yahoo.com.br

³ Mestrando em Ciência do Solo, DCS/UFLA, davigoldan@yahoo.com.br

⁴ Mestranda em Zootecnia, DZO/UFLA, juju_zoo@hotmail.com

⁵ Professor do Departamento de Ciência do Solo, DCS/UFLA, afurtini@ufla.br

⁶ Professora Titular do Departamento de Ciência do Solo, DCS/UFLA, janicegc@ufla.br

potássio com a aplicação de doses crescentes de Zn, enquanto que nenhum efeito significativo foi observado para o teor foliar.

O objetivo do estudo foi avaliar os teores de macro e micronutrientes em folhas e no caule de cedro-australiano em função da aplicação de doses de boro e zinco em solução nutritiva de Hoagland e Arnon.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do experimento

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, situada geograficamente nas coordenadas de 21°14 de latitude Sul e 45°00 de longitude Oeste, à altitude de 910 m. Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado em um esquema fatorial 3x4, com três doses de boro (0,0; 0,5 e 1,5 mg L⁻¹), quatro doses de zinco (0,0, 0,025, 0,05 e 0,1 mg L⁻¹), com quatro repetições, totalizando 36 parcelas experimentais, sendo que cada uma era composta por uma planta. As fontes utilizadas para o fornecimento de boro e zinco foram o ácido bórico (17% de B) e sulfato de zinco (23% de Zn), respectivamente.

As mudas com idade de 30 dias foram obtidas no Viveiro Bela Vista, do município de Campo Belo, MG, onde foram inicialmente aclimatadas em casa-de-vegetação durante 30 dias. Após um mês, foram retiradas dos tubetes e as raízes foram lavadas com água destilada para eliminar os resíduos do substrato. As mudas de cedro-australiano foram colocadas em uma solução nutritiva completa de Hoagland & Arnon (1950) a 10% da força iônica durante 15 dias. Após esse período as mudas foram transferidas para as parcelas experimentais com capacidade de 3 L, permanecendo durante uma semana na solução nutritiva a 25% da força iônica e depois a força iônica passou para 50%, com renovação a cada 15 dias.

Análise química de macronutrientes

Aos 90 dias após a adição dos tratamentos foram colhidas as mudas de cedro-australiano, as quais foram separadas em raiz, caule e folhas, onde para esse estudo foram considerados apenas os dois últimos compartimentos. O material foi lavado em água corrente e destilada, seco em estufa de circulação forçada de ar a 65°C durante três dias e triturado em moinho tipo Willey. O material triturado foi submetido à digestão nitroperclórica para a determinação de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, sódio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, digestão sulfúrica para o nitrogênio e o método da incineração para o boro.

Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000) e quando significativo foi ajustado a regressão para cada macro e micro nutriente pelo SigmaPlot 11.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Macronutrientes

As doses de boro na média das doses de zinco e dos compartimentos (folha e caule) apresentaram diferença nos teores de potássio, cálcio e magnésio (Tabela 1). No caso do potássio e do magnésio, a ausência de aplicação de boro possibilitou um maior teor desses nutrientes nas mudas de cedro-australiano, enquanto para o cálcio foi a maior dose de boro (1,5 mg L⁻¹).

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

Tabela 1. Teores de macronutrientes em cedro-australiano (*Toona ciliata var. australis*) em função de doses de boro na média das doses de zinco (Lavras, MG).

Boro mg L ⁻¹	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
 g kg ⁻¹					
0,0	26,92 a	4,43 a	14,44 a	9,21 c	2,51 a	2,22 a
0,5	26,00 a	3,97 a	12,81 c	11,39 b	2,24 b	2,18 a
1,5	27,50 a	4,21 a	13,52 b	14,87 a	2,29 b	2,30 a
Média	26,81	4,20	13,59	11,83	2,35	2,23
C.V.(%)	13,73	17,79	6,32	22,64	14,32	14,79

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De maneira geral, o boro como é absorvido na forma de H₃BO₃, que não apresenta carga e sendo assim, diretamente não influenciaria a absorção de nutrientes. Isso ficou evidente nos teores de nitrogênio, fósforo e enxofre. No entanto, as três doses escolhidas de 0,0; 0,5 e 1,5 mg L⁻¹, representam condições de deficiência, adequada e toxidez de boro às plantas, respectivamente (HOAGLAND & ARNON, 1950). Por isso, no caso do potássio e do magnésio, a ausência de aplicação de boro, pode ter reduzido o desenvolvimento das plantas e pelo efeito de concentração e diluição, levou um enriquecimento relativo de potássio no tecido vegetal (FAQUIN, 2005). Para o potássio, a concentração considerada como acima do nível crítico (1,5 mg L⁻¹) favoreceu o desenvolvimento da planta e como a relação folha e caule vai decrescendo ao longo do tempo, associado ao fato que o cálcio está ligado à formação da parede celular, há acréscimo nos teores de cálcio no caule (TAIZ & ZEIGER, 2004). Esse fato fica evidente, pois apenas considerou os teores e não os conteúdos de nutrientes nesse estudo.

Considerando apenas os teores médios de macronutrientes em folhas e no caule de cedro-australiano, foi possível identificar que os maiores teores de nitrogênio, magnésio e enxofre foram encontrados nas folhas e de cálcio no caule, enquanto que o fósforo e o potássio não diferiram entre os compartimentos (Tabela 2).

Tabela 2. Teores de macronutrientes na folha e no caule de cedro-australiano (*Toona ciliata var. australis*) em função de doses de boro e zinco (Lavras, MG).

Compartimento	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
 g kg ⁻¹					
Folha	34,58 a	4,25 a	14,57 a	6,52 b	2,86 a	2,61 a
Caule	19,03 b	4,16 a	12,61 a	17,13 a	1,83 b	1,86 b
Média	26,81	4,20	13,59	11,83	2,35	2,23
C.V.(%)	13,73	17,79	6,32	22,64	14,32	14,79

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Como a folha é o órgão de maior atividade na planta (MARSCHNER, 1995; FAQUIN, 2005), sendo responsável pela obtenção da energia via fotossíntese, transformação de compostos primários em fotoassimilados e direcionamento para as demais regiões da planta é necessário que os macronutrientes estejam em maiores concentrações nesse compartimento. Por isso que o nitrogênio e o enxofre apresentam teores maiores nas folhas, sendo que suas funções estão ligadas principalmente na formação de proteínas, no metabolismo primário e na composição de inúmeras organelas e enzimas (TAIZ & ZEIGER, 2004).

No caso do magnésio, a sua maior concentração foi encontrada nas folhas, visto que é um nutriente ligado a fotossíntese, sendo o núcleo central da molécula de clorofila, além de estar ligado a composição e ativação enzimática e ao processo de respiração. O cálcio por ser constituinte da parede celular, os maiores teores encontrados foram no caule, que apresenta um enriquecimento relativo de lignina, celulose e hemicelulose e conseqüentemente de parede celular.

Para o fósforo e o potássio, que são nutrientes muito móveis nas plantas, não se obteve diferença nos dois compartimentos. Soares et al. (2001) trabalhando com *Eucalyptus maculata* e

Eucalyptus urophylla em função da aplicação de zinco, observou aumento nas concentrações de fósforo e conseqüentemente no conteúdo das folhas. Dessa forma a interação entre nutrientes é um fator de grande importância para o crescimento e desenvolvimento de qualquer espécie (MALAVOLTA, 1980).

De acordo com o trabalho realizado por Paiva et al. (2003) testando doses crescentes de zinco em mudas de cedro, o teor de fósforo na matéria seca de caule e folha apresentou aumento com as doses de zinco. Os maiores teores obtidos de potássio nas folhas de cedro-australiano foi quando aplicado 0,5 mg L⁻¹ de boro, que provavelmente conferiu um equilíbrio nutricional e favoreceu o desenvolvimento adequado das mudas. Paiva et al. (2003) observaram que com o aumento das doses de zinco houve redução dos teores de cálcio nas folhas de cedro-brasileiro.

Micronutrientes

Em relação aos teores de micronutrientes em mudas de cedro-australiano, na média das doses de zinco e dos compartimentos avaliados, foram encontradas diferenças significativas para todos os micronutrientes (Tabela 3). Com exceção do cobre, os demais micronutrientes apresentaram os maiores teores quando aplicado 1,5 mg L⁻¹ de boro.

Tabela 3. Teores de micronutrientes em cedro-australiano (*Toona ciliata var. australis*) em função de doses de boro na média das doses de zinco (Lavras, MG).

Boro mg L ⁻¹	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
	mg kg ⁻¹
0,0	14,32 c	3,24 a	74,11 b	50,98 c	40,96 b
0,5	37,47 b	2,26 b	82,87 b	74,37 b	39,14 b
1,5	85,95 a	2,54 b	127,33 a	93,36 a	50,60 a
Média	45,91	2,68	94,77	72,90	43,57
C.V.(%)	14,76	19,78	17,03	32,97	27,48

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O aumento dos teores de micronutrientes em plantas de cedro-australiano pode indicar que o boro é um micronutriente que pode facilitar a absorção dos outros nutrientes ou estimular simplesmente a absorção pela sua presença em quantidade adequada. Como o boro atua também no crescimento meristemático, divisão celular, assim como o zinco (TAIZ & ZEIGER, 2004), o crescimento das mudas é mais rápido, reduzindo o tempo de viveiro e a otimização do espaço físico, associado ao fato da melhor nutrição mineral dessas mudas e a maior possibilidade de pegamento em nível de campo. Para o cobre, que foi o único micronutriente que teve seu teor reduzido com o aumento das doses de boro, pode indicar uma interação não competitiva desses nutrientes, uma vez que o boro não apresenta carga e o cobre é um cátion, absorvido na forma bivalente.

A importância do boro para mudas de eucalipto foi observada por Barretto et al. (2007) trabalhando com doses crescentes de boro onde a aplicação do micronutriente via solução nutritiva, promoveu maior crescimento, com as maiores produções de biomassa nas concentrações de 0,33 a 0,44 mg L⁻¹ de boro, com ganhos em altura e biomassa entre 35 e 54% e entre 21 e 64%, respectivamente.

Soares et al. (2001) observaram que altas doses de zinco reduzem as concentrações de ferro na parte aérea a níveis considerados deficientes para o crescimento das duas espécies de eucalipto estudadas. Além da translocação de ferro é inibida pelo excesso de zinco, e esta deficiência induzida é uma das possíveis causas da fitotoxicidade do zinco no eucalipto. Paiva et al. (2003) observaram que no caule, os teores de cobre e de ferro apresentaram resposta quadrática positiva ao zinco caindo com as menores doses e aumentando em doses maiores, indicando que, até determinada dose do metal, há restrição do transporte de cobre e ferro da raiz para a parte aérea, enquanto que na folha apresentou aumento do teor de ferro.

Soares et al. (2001) trabalhando com *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla*, verificaram que, de maneira geral, os conteúdos de Cu, Fe e Mn sofreram redução de seus valores com a elevação de zinco em solução. A dose mais baixa de zinco em solução (400 mM) foi suficiente para

reduzir em 57% a concentração de manganês na matéria seca da parte aérea das espécies. Paiva et al. (2003) observaram o teor de manganês no caule não foi afetado pelas doses crescentes de Zn, ao passo que o teor foliar apresentou resposta linear negativa. De acordo com Locatelli et al. (2007) com relação aos micronutrientes estudados (boro e zinco), o que mais limitou o crescimento inicial do cedro rosa em altura e diâmetro do caule foi a omissão de zinco.

Em um trabalho realizado por Salvador et al. (2003) não encontrou diferença significativa das doses crescentes de boro sobre a produção de matéria seca do caule, folhas e total demonstrando que a faixa entre deficiência e toxicidade do boro na goiabeira não é estreita, como Malavolta et al. (1997) relata para a maioria das culturas. As doses de boro causaram diferenças significativas nos teores foliares de boro, originando uma resposta linear com o uso do nutriente e um considerável acréscimo estabelecido entre a dose 1,5 e 3,0 mg L⁻¹ de boro. De acordo com Malavolta et al. (1997), as interações entre nutrientes, em plantas superiores, ocorrem quando o suprimento de um nutriente afeta a absorção, redistribuição ou a função de outro nutriente, induzindo deficiência ou toxidez, podendo modificar o desenvolvimento vegetal.

Para os teores médios de micronutrientes encontrados nas folhas e no caule de cedro-australiano, apenas o cobre apresentou maiores teores no caule (Tabela 4).

Tabela 4. Teores de micronutrientes em folhas e caule de cedro-australiano (*Toona ciliata* var. *australis*) em função de doses de boro e zinco (Lavras, MG).

Compartimento	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
 mg kg ⁻¹				
Folha	75,45 a	2,53 b	141,10 a	111,95 a	60,98 a
Caule	15,87 b	2,83 a	48,44 b	33,85 b	26,15 b
Média	45,91	2,68	94,77	72,90	43,57
C.V.(%)	14,76	19,78	17,03	32,97	27,48

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores teores de boro e zinco nas folhas se devem principalmente aos processos de síntese proteica, crescimento meristemático e principalmente da composição e ativação de enzimas, que em sua maior parte são encontradas em regiões de alta atividade meristemática, e nesse caso são as folhas. Da mesma forma que o boro e o zinco, o ferro e o manganês apresentaram os maiores teores nas folhas das mudas de cedro-australiano, devido ao fato de o ferro participar e ativar enzimas no processo fotossintético, como a leghemoglobina. No caso do manganês, a sua função nas folhas está principalmente na ativação de enzimas do complexo de oxirredução, com a transferência de elétrons. O manganês pode até ser substituído pelo magnésio, porém a sua eficiência é muito maior na ativação dessas enzimas.

CONCLUSÃO

A aplicação de boro reduz os teores médios de potássio, magnésio e cobre e aumenta os de cálcio, boro, ferro, manganês e zinco em mudas de cedro-australiano.

Os maiores teores de nitrogênio, magnésio, enxofre, boro, ferro, manganês e zinco são encontrados nas folhas e de cálcio e cobre no caule de mudas de cedro-australiano.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

BARRETTO, V. C. M.; VALERI, S. V.; SILVEIRA, R. L. V. A.; TAKAHASHI, E. N. Eficiência de uso de boro no crescimento de clones de eucalipto em vasos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 76, n. 6, p. 21-33, nov./dez. 2007.

CORRÊA, F. L. O.; SOUZA, C. A. S.; MENDONÇA, V.; CARVALHO, J. G. Acúmulo de nutrientes em mudas de aceroleira adubadas com fósforo e zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 765-769, dez. 2002.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras, UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR: Sistema de Análise de Variância**. Lavras – MG: UFLA. 2000.

- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method of growing plants without soil.** Berkeley: University of California/College of Agriculture/Agricultural Experiment Station, 1950. 32 p. (Circular, 347).
- LIMA FILHO, O. F. **Calibração de boro e zinco para o cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí amarelo).** Piracicaba, 1991. 100p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP.
- LOCATELLI, M.; MACÊDO, R. S; VIEIRA, A. H. Avaliação de altura e diâmetro de mudas de cedro-rosa (*Cedrela odorata* L.) submetidas a diferentes deficiências nutricionais. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 645-647, jul. 2007.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo, Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutritional of higher plants.** London: Academic, 1995. 889p.
- PAIVA, H. N.; CARVALHO, J. G.; SIQUEIRA, J. O.; CORRÊA, J. B. Teor, conteúdo e índice de translocação de nutrientes em mudas de cedro (*Cedrela fissilis* VELL.) submetidas a doses crescentes de zinco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 1-10, jan./mar. 2003.
- SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C.P. Influência do boro e do manganês no crescimento e na composição mineral de mudas de goiabeira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n.2, p.325-331, mar./abr. 2003.
- SANGINGA, N.; GWAJE, D.; SWIFT, M. J. Nutrient requirements of exotic tree species in Zimbabwe. **Plant and Soil**, The Hague, v. 132, p. 197-205. 1991
- SOARES, C. R. F. S.; GRAZZIOTTI, P. H.; SIQUEIRA, J. O.; CARVALHO, J. G.; MOREIRA, F. M. S. Toxidez de zinco no crescimento e nutrição de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 339-348, fev. 2001.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** Trad: SANTARÉM, E. R. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.