

Respostas de clones de *Eucalyptus grandis* e  
*E. grandis* x *E. urophylla* à supressão de boroResponse of *Eucalyptus grandis* and  
*E. grandis* x *E. urophylla* clones to boron suppressionSusie Meire Maximino Leite<sup>1</sup>, Celso Luis Marino<sup>2</sup> e César Augusto Valencise Bonine<sup>3</sup>**Resumo**

O presente trabalho teve por objetivo analisar a resposta de clones de *Eucalyptus grandis* e de *E. grandis* x *E. urophylla* em supressão de boro quanto ao crescimento em altura e diâmetro, desenvolvimento de sintomas de deficiência, teor de boro foliar e à produção de polióis. Para isso um experimento foi conduzido em casa de vegetação, usando recipientes contendo sílica moída irrigados com solução nutritiva. O delineamento experimental usado foi o de blocos casualizados, com 32 tratamentos (16 clones e duas doses de boro – 0,5 mg L<sup>-1</sup> de B e 0,0 mg L<sup>-1</sup> de B) e cinco repetições totalizando 160 parcelas. Cada parcela foi constituída por um vaso contendo uma planta. Após iniciada a supressão do boro, as plantas foram avaliadas semanalmente quanto à expressão de sintomas de deficiência e, mensalmente, quanto à altura total, diâmetro de coleto e teor foliar de boro em diferentes partes das plantas. O teor de polióis foi avaliado em dois momentos, aos 162 dias de condução do experimento e aos 192 dias. Foi observada uma redução acentuada de crescimento e evolução rápida de sintomas de deficiência a partir de 40 dias da supressão de boro, assim como redução na síntese de polióis nessa condição. As análises foliares, em suplementação de boro, detectaram a presença de manitol e sorbitol em concentrações elevadas o suficiente para que as plantas avaliadas fossem consideradas ricas nesses polióis. Resultados de teores foliares de boro em diferentes porções de ramos e caule de plantas sob supressão de boro, assim como a presença de manitol e sorbitol revelam indícios de mobilidade condicional de boro em *Eucalyptus*.

**Palavras-Chave:** Polióis, Nutrição mineral de plantas, Mobilidade de boro, Síntese de carboidratos

**Abstract**

The present work had as objective the study of clones of *Eucalyptus grandis* and *E. grandis* x *E. urophylla* under boron suppression on growth in height and diameter, development of symptoms of deficiency, boron content in leaf and polyols production. Plants were cultivated in pots with quartz in a greenhouse using two levels of boron per solution (0 and 0.5 mg L<sup>-1</sup> of B). The 32 treatments followed a factorial scheme: 16 x 2 - 16 clones and two doses of boron in a randomized block experimental design, with five repetitions, totaling 160 plots. Plants were evaluated weekly for deficiency symptoms and monthly for height, stem diameter and leaf content of boron in different plant parts. The content of polyols was measured in two occasions: at 162 days and 192 days after starting the experiment. Decrease of growth and quick development of deficiency symptoms 40 days after boron suppression were observed, as well as a decrease of polyols synthesis. Foliar analysis, with boron supplement, resulted in the presence of mannitol and sorbitol in high enough concentration so that the evaluated plants could be considered rich in those polyols. Under boron suppression, boron levels in different portions of branches and stems of plants, as well as the presence of mannitol and sorbitol, indicated a conditional mobility of boron in *Eucalyptus*.

**Keywords:** Polyols, Plant mineral nutrition, Boron mobility, Carbohydrate synthesis

**INTRODUÇÃO**

O avanço das fronteiras de reflorestamento no Brasil em direção a solos menos férteis, como o cerrado, tem trazido problemas de deficiências nutricionais que afetam a produ-

tividade e o custo da produção florestal (FARIA *et al.*, 2002). Dentre as condições nutricionais apresentadas pelos solos de cerrado, o zinco e o boro aparecem como os micronutrientes mais limitantes ao desenvolvimento das plantas, sendo a deficiência de boro relacionada às condi-

<sup>1</sup>Professora Doutora da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade de Marília - Rua Hygino Muzzi Filho, n.1001 - Marília, SP - 17525-902 - E-mail: [sleite-fca@unimar.br](mailto:sleite-fca@unimar.br)

<sup>2</sup>Professor Livre Docente do Departamento de Genética do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista - Distrito de Rubião Jr., s/n - Botucatu, SP - 18618-000 - E-mail: [clmarino@ibb.unesp.br](mailto:clmarino@ibb.unesp.br)

<sup>3</sup>Gerente Geral de Biotecnologia da Fibria Celulose S.A. - Rod. General Euryale de Jesus Zerbini - Km 84 - Caixa Postal 94 - Jacareí, SP - 12340-010 - E-mail: [cesar.bonine@fibria.com.br](mailto:cesar.bonine@fibria.com.br)

ções de origem do solo, aliada ao baixo teor de matéria orgânica (MALAVOLTA e KLIEMANN, 1985; FERREIRA e CRUZ, 1991).

O efeito negativo da deficiência de boro na produtividade já foi observado em 132 culturas de 80 países (SHORROCKS, 1997). Para contornar este problema, é possível trabalhar o manejo, com adubações de implantação e manutenção, assim como através do melhoramento genético, selecionando materiais mais tolerantes a estas condições ambientais (SOUZA *et al.*, 2004). Devido à ocorrência de variabilidade genética para respostas nutricionais já serem conhecidas há muito tempo (NOVELINO *et al.*, 1982; BARRETTO *et al.*, 2007), o melhoramento genético, visando buscar materiais mais eficientes no uso do boro, tem sido uma opção de empresas florestais brasileiras na tentativa de maximizar a produtividade e reduzir os custos embutidos nas práticas de adubações.

Sabendo-se que a absorção de boro pelas plantas se encontra estreitamente relacionada à disponibilidade de água no solo, a retranslocação deste elemento dentro da planta torna-se muito importante em épocas de déficit hídrico. Na maioria das espécies, a distribuição de boro entre os órgãos e os sintomas de deficiência e toxidez desse nutriente, indica que ele apresenta uma restrita mobilidade dentro da planta. Entretanto, em espécies que produzem quantidades significantes de determinados polióis nas folhas, o boro é prontamente retranslocado (BROWN e HU, 1996). O boro é o único entre os elementos essenciais para as plantas que tem mobilidade restrita em algumas espécies e é livremente móvel em outras. Nenhum outro elemento é conhecido por variar tanto quanto à mobilidade (BROWN e SHELP, 1997).

A relação entre açúcares e boro parece estreita há muito tempo, como sugerido por Berger (1949). Até meados da década de 50 acreditava-se que o boro tinha uma importante função no transporte de açúcares, mas trabalhos recentes têm comprovado que, na verdade, este elemento depende de polióis (açúcares-álcoois) para ser remobilizado dentro da planta (BROWN *et al.*, 1999). Em algumas espécies, tanto o sorbitol quanto o manitol formam complexos estáveis com o boro e são os principais polióis envolvidos nesse processo de remobilização. Essa relação entre boro e açúcares também foi abordada em *Eucalyptus* por Leite *et al.* (2008), identificando e quantificando ambos os polióis citados acima.

Aparentemente esses mecanismos envolvendo polióis como sorbitol e manitol estão realmente relacionados com maior ou menor tolerância à deficiência de boro em algumas espécies. Sendo assim, a relação entre esses metabólitos e a tolerância ou mesmo maior eficiência do uso de boro pode ser usada como uma característica para seleção de genótipos superiores.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a resposta de clones de *Eucalyptus grandis* e de *E. grandis* x *E. urophylla* em supressão de boro quanto ao crescimento, desenvolvimento de sintomas de deficiência, teor de boro foliar e à produção de polióis.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação com cobertura de filme plástico no viveiro de pesquisa da Fibria Celulose S.A., em Luiz Antônio, SP (nas coordenadas geográficas 21°34'48" de latitude Sul e 47°35'44" de longitude Oeste). Foram usadas mudas de cinco clones de *Eucalyptus grandis* e onze clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, produzidas em tubetes com capacidade de 55 cm<sup>3</sup>.

Aos 90 dias de idade, as mudas foram transplantadas para baldes plásticos com capacidade de 8 L, pintados de prata e tendo sílica moída como substrato inerte. Na base dos baldes foi feito um orifício de aproximadamente 0,8 cm de diâmetro por onde se passou uma pequena mangueira para possibilitar o escoamento da solução nutritiva e a coleta dessa em garrafas âmbar pintadas de branco.

As plantas foram regadas diariamente com 1L de solução nutritiva de Hogland e Arnon (1950) modificada, com a seguinte formulação: 250 mg L<sup>-1</sup> de P, 220 mg L<sup>-1</sup> de N, 223 mg L<sup>-1</sup> de Cl, 180 mg L<sup>-1</sup> de Ca, 180 mg L<sup>-1</sup> de K, 62 mg L<sup>-1</sup> de S, 50 mg L<sup>-1</sup> de Mg, 5 mg L<sup>-1</sup> de Fe, 0,67 mg L<sup>-1</sup> de Mn, 0,5 mg L<sup>-1</sup> de B (0,0 mg L<sup>-1</sup> B para solução de supressão de boro), 0,32 mg L<sup>-1</sup> de Cu, 0,091 mg L<sup>-1</sup> de Zn, 0,024 mg L<sup>-1</sup> de Mo e 0,011 mg L<sup>-1</sup> de Na. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos casualizados, com 32 tratamentos (16 clones e duas doses de boro – 0,5 mg e 0,0 mg de B L<sup>-1</sup>) e cinco repetições, totalizando 160 parcelas. Cada parcela foi constituída por um vaso contendo uma planta.

O experimento foi conduzido dessa maneira por um período de 210 dias, sendo que nos 120 dias iniciais as plantas receberam solução completa (todos os nutrientes, inclusive com a

suplementação de boro); nos 60 dias seguintes as plantas receberam solução com supressão de boro (todos os nutrientes, menos o boro) e; nos últimos 30 dias foi retornada à solução completa. Em dias muito quentes a rega se dava duas vezes ao dia para evitar déficit hídrico. Diariamente a solução teve seu volume completado para 1 L, sendo renovada a cada 15 dias.

Para possibilitar maior controle do crescimento dos ramos durante os períodos de suplementação e supressão de boro, o último par de folhas jovens foi marcado com barbante no momento da troca da solução de suplementação para supressão de boro e ao final de cada mês completo.

### **Avaliação sintomatológica**

As plantas foram avaliadas semanalmente a partir do momento da supressão do nutriente boro da solução nutritiva. Foi atribuída esta escala de notas aos diferentes sintomas de boro: 0 - folhas normais, 2 - folhas avermelhadas, 3 - folhas muito avermelhadas, 5 - início da queima de ponteiro, 7 - maior parte dos ponteiros com queima, 10 - queima em todos ponteiros, 11 - envergamento. As plantas que apresentavam mais de um sintoma de deficiência receberam nota referente ao sintoma de maior peso.

### **Avaliação de crescimento**

Mensalmente foram coletados dados de altura total de plantas e diâmetro de coleto durante o período de supressão de boro. Foi determinada a taxa de crescimento durante um determinado período, considerando os valores de altura e diâmetro do mês anterior como base de cálculo.

### **Determinação do teor foliar de boro**

Aos 120 dias foi feita a primeira coleta de folhas para determinação do teor foliar de boro. Para isto, foi escolhido o primeiro par de folhas recém maduras dos ramos superiores. O processo repetiu-se aos 30 dias de supressão de boro. Aos 60 dias de supressão do boro foi realizada uma coleta diferenciada, onde as plantas foram virtualmente divididas em três partes (basal, mediana e apical) quanto ao eixo vertical e amostradas folhas de um ramo correspondente a cada uma destas partes. Estes ramos, por sua vez, também foram divididos em três partes (proximal, mediana e distal) sendo usados como guia os barbantes que marcavam o crescimento a cada 30 dias de supressão de boro.

### **Determinação de polióis**

Para determinação de polióis foram amostradas folhas recém maduras em duas situações: aos 162 dias (42 dias de supressão de boro) e aos 192 dias (30 de retorno do boro na solução nutritiva). Para a extração da seiva e isolamento de polióis foi utilizada a metodologia sugerida por Bellaloui *et al.* (1999) com modificações, como se segue: três gramas de folhas frescas foram maceradas na presença de aproximadamente 10 mL de etanol a 80%. O extrato foi centrifugado e ao sobrenadante foi adicionado um padrão interno na forma de 50 µL de uma solução de xilitol 1 µg µL<sup>-1</sup>. As amostras foram secas em banho-maria a 50 °C até serem reduzidas a uma pasta bastante densa e então foram acondicionadas em freezer até o momento da análise. Para a análise, foram adicionados às amostras 400 µL de anidrido acético e 60 µL de 1- methylimidazol. Após 10 minutos a reação foi interrompida com a adição de 2 mL de água destilada e 2 mL de diclorometano e agitada com o auxílio de um vórtex. O sobrenadante foi removido e repetiu-se a operação por mais duas vezes com o sedimentado restante. Novamente, as amostras foram secas em banho-maria a 50 °C e fluxo de ar. As amostras já contendo açúcares acetilados foram dissolvidas em 100 µL de acetona e analisadas com Índice de refração em cromatógrafo a gás da marca Perkin-Elmer (modelo 8320). Algumas amostras também foram analisadas em Espectrômetro de Massa (MS) da Hewlett-Packard (modelo 5970) com o objetivo de confirmar os tempos de retenção e a presença dos polióis de maior interesse. As análises foram realizadas no laboratório de cromatografia do Pomology Department da Universidade da Califórnia em Davis, Estados Unidos.

Para avaliar as diferenças entre tratamentos usaram-se o teste F e o teste de Tukey, ambos a 5% de significância, através do software SANEST (ZONTA e MACHADO, 1984). Os dados da avaliação sintomatológica e os teores de polióis foram transformados pela equação:  $y = \sqrt{x+0,5}$  para proceder à análise.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Avaliação sintomatológica e de crescimento**

A evolução no aparecimento e agravamento de sintomas de deficiência de boro foi observada logo após os primeiros 40 dias de supressão do elemento. No intervalo de 7 dias, entre 42 e 49

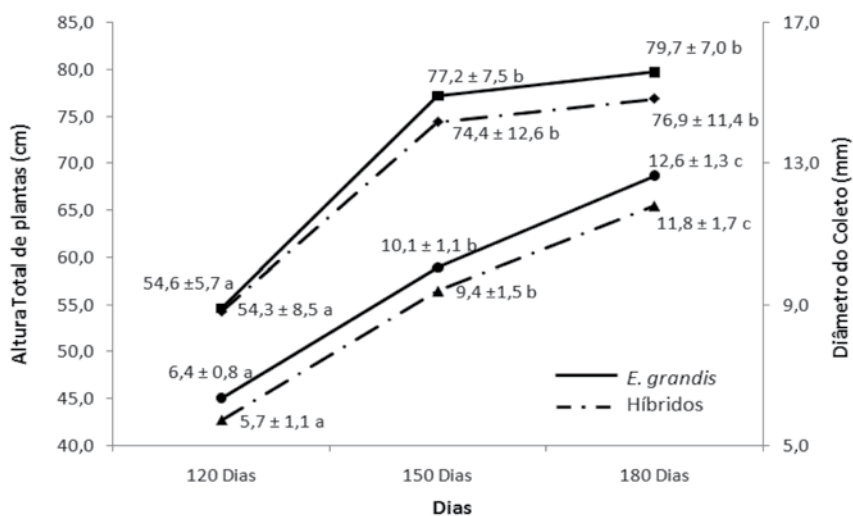
dias de supressão de boro, os sintomas evoluíram de folhas avermelhadas com queimas esparsas de ponteiros para a maior parte dos ponteiros queimados. Esta queima, ou necrose dos tecidos, se dá principalmente com o impedimento do transporte no floema devido à formação de caloses em seus vasos (MARSHNER, 1995).

Após 49 dias de supressão de boro, os sintomas evoluíram para o envergreenamento das plantas, embora este sintoma não tenha sido tão comum entre as plantas quanto à queima de ponteiros. O envergreenamento da planta decorrente da deficiência de boro também foi observado por Silva *et al.* (2005) em seringueira, sendo justificado pela redução da lamela média, ou seja, a falta de boro inviabilizou a estabilização do cálcio com as pectinas e com isso houve redução no conteúdo de pectato de cálcio da lamela média. Isso provavelmente foi a causa de uma menor coesão entre as células do lenho das plantas com sintomas, não havendo uma relação direta com a lignina, que é a substância mais representativa da rigidez das plantas, mas indireta com a coesão das células que contém lignina.

A avaliação de dados de altura total de plantas e diâmetro de coleto revelou o efeito da supressão do boro sobre o crescimento (Figura 1). No período de 120 a 150 dias (totalizando 30 dias de supressão de boro), clones de *E. grandis* e *E. grandis* x *E. urophylla* apresentaram taxa de crescimento em altura de 41,4% e 37,0%, respectivamente. Aos 180 dias de supressão de boro, o crescimento praticamente cessou, tendo a taxa caído significativamente para 3,2% para *Eucalyptus grandis* e 3,4% para *E. grandis* x *E. urophylla*. Embora o incremento no diâmetro de

coleta entre o primeiro e segundo mês de supressão de boro não tenha apresentado queda tão acentuada quanto à altura total de plantas, essa também foi expressiva, diminuindo de 57,8% aos 30 dias para 24,8% aos 60 dias em *Eucalyptus grandis* e de 64,5% para 25,5% em *E. grandis* x *E. urophylla*. Não houve diferença significativa entre os clones de *E. grandis* e de *E. grandis* x *E. urophylla* quanto ao efeito da supressão de boro no crescimento, tanto em altura total quanto em diâmetro de coleto.

A essencialidade do elemento boro para plantas superiores tem sido confirmada por vários experimentos desde Warrington (1923), assim como o efeito de sua deficiência sobre o crescimento em diferentes espécies vegetais, inclusive *Eucalyptus* (ACCORSI *et al.*, 1961; BARRETTO *et al.*, 2007), sendo apontada como principal causa desse efeito a função essencial do boro na formação da parede celular. Trabalhos têm demonstrado que alterações em nível celular já podem ser observadas poucas horas após a remoção de boro do meio (MARSHNER, 1995; MORAES-DALLAQUA *et al.*, 2000). Tendo a deficiência de boro respostas tão rápidas, a taxa de crescimento das plantas em torno de 40%, mesmo 30 dias após a supressão do elemento, poderia ser vista como um indício da mobilidade do boro não-fixado dos tecidos mais antigos para aqueles em desenvolvimento. A acentuada redução no crescimento observada ao final de 60 dias de omissão de boro poderia ser justificada pelo simples esgotamento das reservas desse elemento disponível nos tecidos, além de danos fisiológicos causados pela deficiência prolongada do elemento, como por exemplo, impedimento de vasos.



**Figura 1.** Variação de altura total de plantas e diâmetro de coleto de clones de *Eucalyptus grandis* e de *E. grandis* x *E. urophylla*. Valores de média e desvio padrão aos 120, 150 e 180 dias de supressão de boro.

**Figure 1.** Variation in total plant height and stem diameter of clones of *Eucalyptus grandis* and *E. grandis* x *E. urophylla*. Mean values and standard deviations at 120, 150 and 180 days from boron suppression.

## Teor foliar de boro

A comparação entre o teor foliar de boro ao final do primeiro período de suplementação do elemento (120 dias) e o teor apresentado nas folhas da mesma região da planta, decorridos 60 dias de supressão de boro, revelou redução de 51  $\mu\text{g}$  de B  $\text{g}^{-1}$  de matéria seca para aproximadamente 15  $\mu\text{g}$  de B  $\text{g}^{-1}$  de matéria seca, respectivamente. O gradiente de concentração do boro em folhas de diferentes idades já foi usado como evidências da mobilidade do elemento em plantas por Brown e Shelp (1997). Segundo os autores, a retranslocação de boro é sugerida devido à redução da concentração deste elemento em folhas velhas de plantas submetidas à sua deficiência, sendo o acúmulo do elemento em órgãos que transpiram uma evidência da mobilidade condicional em situações de baixo suprimento de boro.

O teor foliar de boro aos 60 dias de supressão do elemento também revelou diferenças significativas entre as idades das folhas ao longo dos ramos e entre posição de ramos ao longo do eixo das plantas, mas não entre *E. grandis* e *E. grandis* x *E. urophylla*. O teor de boro na região apical do caule foi significativamente superior ao da região basal, sendo que as folhas de ramos da região basal apresentaram maiores concentrações de boro na porção proximal do que na distal. Entretanto, folhas de ramos da região apical da planta apresentaram comportamento diferente, sendo observada maior concentração de boro na porção distal. (Figura 2). O maior teor do elemento na região apical, após 60 dias de supressão de boro, poderia ser explicado pelo efeito de diluição, pois nesta região se apresen-

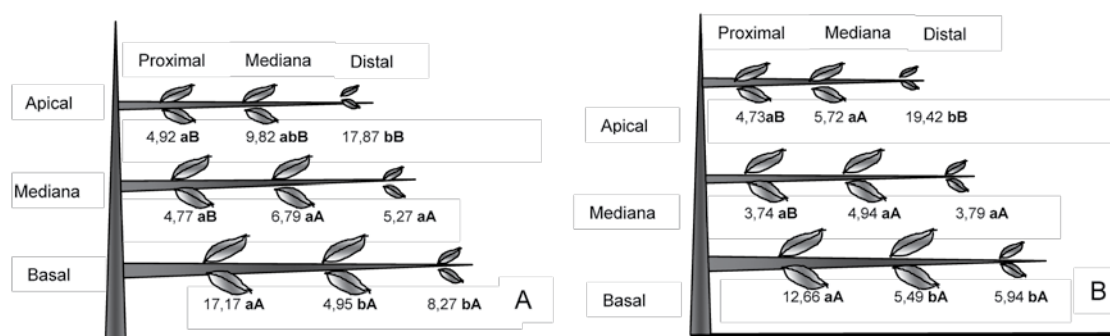
tam folhas menores e, portanto, haveria uma concentração de nutrientes por massa de matéria seca maior do que nas folhas maiores da região basal da planta.

## Determinação de polióis

A determinação de polióis em folhas jovens das plantas revelou a presença de sorbitol e manitol, reforçando a evidência de mobilização de boro em *Eucalyptus*, uma vez que estes polióis têm mostrado estreita relação com a retranslocação desse elemento em outros vegetais (HU *et al.*, 1997). Pelos teores observados nesse trabalho em condição de suplementação de boro, *Eucalyptus* pode ser considerado também rico em sorbitol, uma vez que apresenta teor semelhante desse poliól aos dos gêneros *Pyrus*, *Malus* e *Prunus*, que foram assim classificados por apresentar de 300 a 1000 mMol de sorbitol (BROWN e HU, 1996).

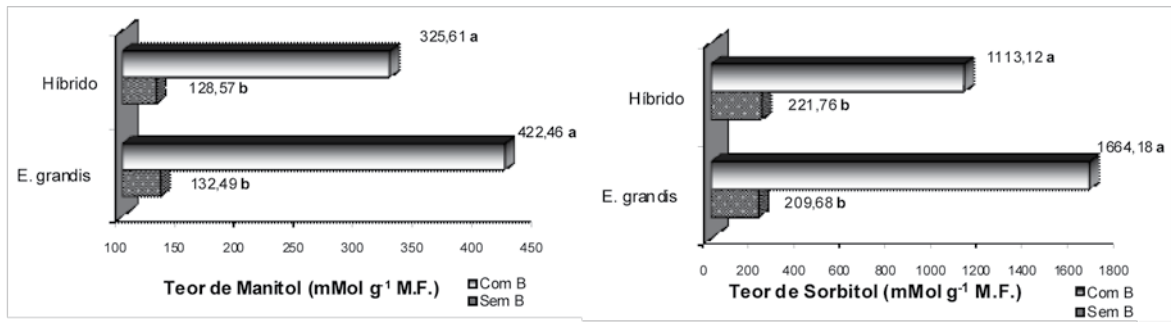
Foi possível observar também o efeito da disponibilidade de boro no metabolismo de sorbitol e manitol. Na Figura 3 observa-se que a síntese de manitol aumenta em aproximadamente 253% com a suplementação de boro em *E. grandis* x *E. urophylla* e 319% em *E. grandis*, enquanto na síntese de sorbitol esse incremento foi da ordem de 502% e 794%, respectivamente.

Prejuízos fisiológicos causados pela deficiência de boro no metabolismo e transporte de açúcares em plantas superiores já haviam sido mencionados por Parr e Loughman (1983), mas em *Eucalyptus* esta resposta ainda não havia sido relatada. O significativo aumento na síntese destes polióis comprova a estreita relação, seja ela direta ou indireta, entre o elemento boro e a síntese desses carboidratos.



**Figura 2.** Teores de boro nas folhas ( $\mu\text{g g}^{-1}$  M.S.) em clones de *E. grandis* (A) e de *E. grandis* x *E. urophylla* (B) aos 60 dias de supressão de boro nas porções basal, mediana e apical do caule da planta e do ramo. Nota: Médias seguidas de mesma letra minúscula entre as folhas de diferentes idades ao longo dos ramos não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre porção dos ramos em relação à posição na copa não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $P > 0,05$ ). M.S. = matéria seca.

**Figure 2.** Foliar boron content ( $\mu\text{g g}^{-1}$  d.wt.) in *E. grandis* (A) and *E. grandis* x *E. urophylla* (B) 60 days from boron suppression in the basal portions, middle and apical stem of the plant and branch. Note: Means followed by same small letter between the leaves of different ages along the branches do not differ by Tukey test ( $P > 0,05$ ). Averages followed by same capital letter between portions of branches relative to position in the canopy did not differ by Tukey test ( $P > 0,05$ ). M.S. = dry weight.



**Figura 3.** Teor de manitol (A) e sorbitol (B) em folhas de *E. grandis* (A) e de *E. grandis* x *E. urophylla* (Híbrido) nas situações de suplementação e supressão de boro. (M.F.: matéria fresca).

**Figure 3.** Mannitol (A) and sorbitol (B) content in *E. grandis* (A) and in *E. grandis* x *E. urophylla* (hybrid) under boron supplement and suppression. (M.F.: fresh weight).

Segundo Brown e Hu (1997), as respostas à deficiência de boro, como a inibição da síntese de polióis e do crescimento, podem ser explicadas pela função do elemento na estrutura da parede celular primária. Segundo os autores, o boro é um componente estrutural da parede primária de tecidos em crescimento, sendo que todos os outros efeitos metabólicos da sua deficiência ocorreriam como uma consequência da inibição do crescimento das plantas pela ausência do elemento. Se isto se aplicar ao *Eucalyptus*, justificaria a inibição da síntese dos polióis analisados, do crescimento das plantas, assim como a evolução dos sintomas visuais de deficiência observados.

De qualquer forma, a supressão de boro mostrou ter amplo espectro de respostas, tanto visuais quanto metabólicos, que em campo têm ocasionado graves perdas de produtividade e da qualidade da madeira, quando o estágio de deficiência se estende por tempo prolongado.

#### Diferenças entre materiais genéticos

Embora não tenha sido possível detectar diferenças significativas entre *E. grandis* e *E. grandis* x *E. urophylla* avaliados, a análise comparativa entre clones revelou haver variabilidade nos dezesseis genótipos testados, especialmente quanto à resposta sintomatológica. Considerando-se que grande parte das perdas econômicas observadas no campo devido à deficiência de boro são consequências de sintomas acentuados, este resultado demonstra que há variação intraespecífica suficiente para possibilitar a seleção de genótipos superiores quanto à tolerância a esta condição.

#### CONCLUSÃO

De acordo com os resultados, constatou-se que a supressão de boro afetou significativamente o crescimento e síntese de polióis nessas

plantas, não sendo observadas diferenças significativas entre os clones de *Eucalyptus grandis* e de *E. grandis* x *E. urophylla*. Esses clones apresentaram altos teores de manitol e sorbitol em condições de suplementação de boro e baixos teores em condições de supressão de boro. Há indicativos de que o boro apresenta mobilidade condicional em *Eucalyptus*.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos pesquisadores Patrick Brown, Nacer Bellaloui e Hening Hu, do Department of Pomology da University of California, Davis, Estados Unidos pela colaboração na realização das análises de polióis.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCORSI, W.R.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Sintomas externos (morfológicos) e internos (anatômicos) observados nas folhas de *Eucalyptus tereticornis* cultivado em séries de soluções nutritivas com omissão de micronutrientes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BOTÂNICA DO BRASIL, 1961, São Paulo. Anais... São Paulo, 1961. p.38-39.

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

BELLALOU, N.; BROWN, P.H.; DANDEKAR, A.M. Manipulation of in vivo sorbitol production alters boron uptake and transport in tobacco. *Plant Physiology*, Oxford, v.119, p.735-741, 1999.

BERGER, K.C. Boron in soils and crops. In: Norman, A.G. (Ed.). *Advances in agronomy*. New York: Academic Press, 1949. v.1



- BROWN, P.; HU, H. Does boron play only a structural role in the growing tissues of higher plants? **Plant and Soil**, Dordrecht, v.196, p.211-215, 1997.
- BROWN, P.; HU, H. Phloem mobility of boron is species dependent: evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. **Annals of Botany**, Oxford, v.77, p.497-505, 1996.
- BROWN P.; SHELP, B.J. Boron mobility in plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.193, p.85-101, 1997.
- BROWN, P.; BELLALOU, N.; HENING, H.; DANDEKAR, A. Transgenically enhanced sorbitol synthesis facilitates phloem boron transport and increases tolerance of tobacco to boron deficiency. **Plant Physiology**, Bethesda, v.119, p.17-20, 1999.
- FARIA, G.E.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.5, p.577-584, 2002.
- FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fosfato, 1991. 734p.
- HOGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water-culture method for growing plants without soil. **Circular California Experiment Station**, Berkeley, n. 347, p.1-32, 1950.
- HU, H.; PENN, S.G.; LEBRILLA, C.B.; BROWN, P.H. Isolation and characterization of soluble B-complexes in higher plants. **Plant Physiology**, Oxford, v.113, p.649-655, 1997.
- LEITE, S.M.M.; VALLE, C.F.; BONINE, C.A.V.; MARINO, C.L. Influence on concentration of polyols and other sugars in *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.5, p.815-820, 2008.
- MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1985. 136p.
- MARSHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. p.379-396.
- MORAES-DALLAQUA, M.A.; BELTRATI, C.M.; RODRIGUES, J.D. Anatomia de ápices radiculares de feijão cv. carioca submetidos a níveis de boro em solução nutritiva. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.3, p.425-430, 2000.
- NOVELINO, J.O.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; MUNIZ, A.S. Efeito de níveis de boro em solução nutritiva no crescimento de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.6, n.1, p.45-51, 1982.
- PARR, A.J.; LOUGHMAN, B.C. Boron and membrane function in plants. In: ROBB, D.A.; PIERPOINT, W.S. (Eds.) **Metals and micronutrients, uptake and utilization by plants**. New York: Academic Press, 1983. p.87-107
- SHORROCKS, V.M. The occurrence and correction of boron deficiency. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.193, p.121-148, 1997.
- SILVA, L.M.; YEDO, A.; CAVALLET, V.J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.19, p.183-194, 2005.
- SOUZA, A.; OLIVEIRA, M.F.; CASTIGLIONI, V.B.R. **O boro na cultura do girassol**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.25, n.1, p.27-34, 2004.
- WARRINGTON, K. The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. **Annals of Botany**, Oxford, v.37, p.629-72, 1923.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **Sistema de análise estatística para microcomputadores -SANEST**. Pelotas, 1984. 109p.

Recebido em 07/10/2008

Aceito para publicação em 27/11/2009

