

MICRONUTRIENTES EM *PINUS CARIBAEA* MORELET I.
EFEITOS DA OMISSÃO SOBRE O DESENVOLVIMENTO
E SINTOMAS DE CARÊNCIA*

H.E.P. Martinez**

H.P. Haag***

M.L.T.de Moraes****

RESUMO: Com o objetivo de determinar os sintomas visuais de carência e os efeitos da omissão de micronutrientes na produção de matéria seca e crescimento em altura de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e *Pinus caribaea* var. *caribaea* realizou-se um experimento com vasos, em casa de vegetação, em Piracicaba, SP. Foram empregados os tratamentos: completo, com omissão de ferro, com omissão de ferro, com omissão de manganês e com omissão de zinco. Usou-se sílica lavada como substrato, irrigando-se as plantas duas vezes ao dia com as soluções correspondentes. Após o estabelecimento dos sintomas de carência as plantas foram colhidas e separadas em acículas, ramos e raízes, secas a 75°C e pesadas. Descreveram-se

* Os autores agradecem a Openflora Agropecuária e Reflorestamento S/A pelo financiamento parcial do presente experimento - Conde, BA.

** Bolsista do CNPq - Departamento de Mitotecnia da UFV, Viçosa.

*** Departamento de Química da E.S.A. "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo - 13.000 - Piracicaba, SP.

**** Departamento de Agricultura da FEIS/UNESP, Ilha Solteira, SP.

os sintomas de carência, sendo bastante característicos os de Fe e B para as três variedades e os de cobre para *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. caribaea* var. *bahamensis*. A deficiência de cobre reduziu severamente a produção de matéria seca de *P. caribaea* var. *bahamensis* e *P. caribaea* var. *caribaea*. A deficiência de boro reduziu a produção de matéria seca de *Pinus caribaea* var. *caribaea* e a de ferro a de *P. caribaea* var. *hondurensis*. A deficiência de boro limitou preponderantemente o crescimento em altura de *P. caribaea* var. *hondurensis*.

Termos para indexação: *Pinus caribaea*. Omissão de micronutrientes. Sintomas.

DIAGNOSIS OF MICRONUTRIENTS DEFICIENCY IN CARIBAEAN PINE

ABSTRACT: A pot experiment was conducted in a green house in Piracicaba, Brazil, in order to determine the visual symptoms of deficiency, and the effects of micronutrient omission in *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *bahamensis* and *P. caribaea* var. *caribaea* seedling height and dry matter production. The following treatments were employed: complete, without boron, without copper, without iron, without manganese and without zinc. Washed sand was used as a substrate. The plants were watered twice a day with the corresponding nutrient solution. After the deficiency symptoms were established, the plants were cut and separated into needles, branches and roots, washed, dried at 75°C and weighed. Visual symptoms were described. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* and *P. caribaea* var. *caribaea* were more affected than *P. caribaea* var. *bahamensis* seedlings by boron omission. *P. caribaea* var. *bahamensis* and *P. caribaea* var. *caribaea* were more affected than *P. caribaea* var. *hondurensis* seedlings by copper omission. *Pinus caribaea* var.

hondurensis was the most affected by iron omission.

Index terms: *Pinus caribaea*. Omission of micronutrients. Deficiency symptoms.

INTRODUÇÃO

Poucos são os estudos sobre a nutrição mineral das espécies do gênero *Pinus*, no entanto, por ser há muito reconhecidas como pouco exigentes, seu uso em reflorestamento de áreas inaptas para agricultura, ou mesmo depauperadas e erodidas tem crescido, ao mesmo tempo que crescem, os problemas de ordem nutricional. MARTINEZ *et alii* (1985 e 1986) referem-se à escassez de trabalhos sobre a nutrição das variedades de *Pinus caribaea* Morelet, com respeito aos macronutrientes. Com relação aos micronutrientes a falta de informação é ainda maior, resumindo-se a poucos trabalhos que abordam principalmente a carência de boro e cobre.

Sintomas de deficiência de B tem sido descritos para algumas espécies do gênero *Pinus*, em diferentes locais, em plantas adultas ou mudas (BROWN, 1955; WILL *et alii*, 1963; STONE & WILL, 1965; STONE *et alii*, 1982; SNOWDON, 1982; GONZALEZ *et alii*, 1984 e HOPMANS & FLINN, 1984), entretanto, quanto às variedades de *P. caribaea* a literatura é bastante escassa. WARING (1971) observou as desordens nutricionais que ocorrem em *P. caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr & Golf. na Malásia, atribuindo guias múltiplas, ramos tortos, ramos de raposa, ramos guia sem acículas à deficiência de micronutrientes, como o B por exemplo, mas não pode explicar o comportamento dessas árvores com os resultados de análises do solo e acículas por ele realizados. No Brasil, VAN GOOR (1965/66), observou sintomas de carência de B em plantas adultas de *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. patula* Schiede e Deppe, *P. elliottii* Engelm. e *P. khesya* Royle em diversas regiões do

Estado de São Paulo.

As várias espécies do gênero apresentam sintomas de deficiência semelhantes, embora haja variabilidade entre elas quanto à sensibilidade a carência. BOWN (1955), observou serem as mudas de *P. echinata* Mill, menos sensíveis à falta de boro que os *P. taeda* L. VAN GOOR (1965/66) observaram que *P. khesya* e *P. patula* extraem maiores quantidades de B que *P. elliottii* e *P. caribaea* var. *hondurensis*, apresentando também sintomas menos severos de deficiência.

Tanto em mudas quanto em plantas adultas os sintomas mais marcantes são a redução no crescimento das plantas, decorrente das anomalias provocadas pela carência desse elemento às regiões meristemáticas, e à morte das gemas apicais (SNOWDON, 1982; STONE & WILL, 1965; BROWN, 1955).

Em mudas, frequentemente forma-se uma coroa com grande número de acículas curtas e duras ao tato próximo à gema apical (SNOWDON, 1982; STONE *et alii*, 1982). O grande número de acículas, dando o aspecto de coroa, parece ser decorrente da alongação muito pequena, ou mesmo nula do caule antes da necrose (STONE & WILL, 1965; SNOWDON, 1982). As acículas podem apresentar-se fundidas por excesso de liberação da resina (STONE & WILL, 1965; SNOWDON, 1982). Acículas das regiões sub-apical e basais por vezes mostram-se dobradas ou curvas, com ângulo de inserção modificado, dando à planta um aspecto filotáxico desorganizado (BROWN, 1955).

A gema apical comumente exuda resina, morre e entra em necrose (BROWN, 1955; WILL *et alii*, 1963; SNOWDON, 1982), sendo a morte às vezes precedida por bronzeamento ou avermelhamento. Em mudas de *P. taeda* apareceu uma região clorótica peculiar nas acículas da parte superior de cada fascículo, que evoluiu para a morte da parte apical dos ramos (BROWN, 1955). Logo abaixo da gema necrosada surgem ramos subsidiários de coloração clara ou verde azulada, às vezes anormais, morfológicamente tortos, inchados, com nós e extremamente

frágeis. As acículas primárias ficam alargadas e superdesenvolvidas, com forma irregular. As acículas secundárias tornam-se contorcidas, menores que metade do normal de arranjo muito irregular (BROWN, 1955; SNOWDON, 1982). Nos novos ramos logo se repete o processo de morte da gema apical. O resultado final pode ser uma muda com muitos ramos distorcidos perto do topo da planta (SNOWDON, 1982; STONE *et alii*, 1982).

A redução na altura das plantas é tanto maior quanto maior o tempo necessário para a iniciação de novos ramos, do número de novos ramos iniciados e do desenvolvimento da dominância apical em um dos ramos individuais (SNOWDON, 1982). O peso de matéria seca, por sua vez é, dentro de certos limites, bem menos afetado, já que o boro não tem efeito direto sobre a fotossíntese e a produção de fotoassimilados (SNOWDON, 1982).

BROWN (1955) estudou as alterações anatômicas provocadas pela carência de B em *P. echinata* e *P. taeda*. A princípio ambas as espécies apresentavam células do mesófilo grandes e com paredes finas, além de protoplastos com diversos graus de atrofia. Em muitas células o protoplasto ocupava menos que metade do lumen celular e em outras aparecia inteiramente degenerado. As células da endoderme apresentavam tamanho normal, mas não apresentavam acúmulo de amido. O tecido vascular era bem formado, mas de tamanho reduzido em ambas as espécies. Uma pequena redução na atividade meristemática apical foi por vezes verificada. Aos seis meses *P. echinata* apresentava pequena mudança na estrutura interna das acículas, porém as de *P. taeda* apresentavam mesófilo reduzido, desintegração do tecido do câmbio, floema desorganizado e superdesenvolvido, menor número de elementos do xilema e organização geral das acículas completamente afetada.

STONE *et alii* (1982) relatam que a deficiência de boro na fase de viveiro resulta em plantas incapazes de crescer normalmente por um ou dois anos após o transplante no campo. Em viveiros do norte da Flórida, esses

autores atribuíram a carência de B para *P. elliotii* e *P. taeda* e frações argila e silte muito baixas, níveis de matéria orgânica menores que 1% e, irrigações com água com altos teores de Ca, com capacidade de elevar o pH acima de 6,0. Os autores indicam ainda, que o elemento da matéria orgânica do solo não só facilita a manutenção de suprimento adequado de B, como também alarga a estreita faixa entre deficiência e toxidez.

Em plantas adultas de *P. radiata* D. Don, *P. elliotii*, *P. khesya*, *P. patula*, *P. pinaster* Ait. e *P. caribaea* var. *hondurensis* de modo geral os sintomas de carência consistem em acículas pequenas e amarelas na ponta do ramo guia seguida por necrose das acículas recém formadas, frequentemente com coloração laranja avermelhada e *dieback* da ponta. A morte da gema apical do ramo guia, às vezes com exudação de resina, e sua substituição por ramos dos fascículos causam árvores com guias múltiplas (HOPMANS & FLINN, 1984) e/ou deformação do tronco em regiões pouco lignificadas do ápice (STONE & WILL, 1965; VAN GOOR, 1965/66).

GONZALES *et alii* (1984) relatam ainda morte das gemas apicais de todos os ramos durante o período de rápida elongação, produção de grande quantidade de ramos que emergem de gemas laterais ou fascículos, aumentando a densidade da copa, causando arbustamento extremo das árvores, além de manchas brancas de resina e medula com manchas café nas zonas de transição, o que também é referido por STONE & WILL (1965).

Os sintomas aparecem com mais frequência após anos secos, uma vez que a perfeita nutrição bórica está estreitamente ligada a um suprimento contínuo, dada à sua imobilidade no floema. Aplicações de boro ao solo normalmente são eficazes na solução do problema, especialmente em locais com deficiência marginal do elemento (HOPMANS & FLINN, 1984).

VAN GOOR (1965/66), no Brasil, indica além desses sintomas típicos, o crescimento tortuoso do ponteiro, dando árvores tortas, que não se recuperam mesmo

com a adição do elemento ao solo, prejudicando o seu valor comercial, embora continuem com aspecto e coloração de plantas sadias. Salientam que a morte do ponteiro ocorre em plantas com vitalidade reduzida, enquanto que a tortuosidade ocorre em árvores com boa vitalidade aparente.

BROWN (1955) estudou a deficiência de cobre em mudas de *P. echinata* e *P. taeda* cultivadas em solução nutritiva com omissão do elemento e, GEORGÉ *et alii* (1985) em *P. radiata* com concentrações externas de 0,03 μ mol/l, 0,3 μ mol/l e 3 μ mol/l de solução nutritiva. O primeiro obteve alguns sintomas pouco definidos que se iniciaram três meses após a instalação do experimento, e os últimos não obtiveram sintomas visuais da carência em plantas submetidas a 0,03 μ mol Cu/l solução, além da baixa taxa de crescimento e menor acúmulo de matéria seca em acículas, caules e raízes.

Os sintomas obtidos por BROWN (1955) consistiram de cor verde azulada, que foi escurecendo por várias semanas, aparentemente sem afetar o desenvolvimento. Durante o quinto mês, a região de crescimento de *P. echinata* passou a apresentar leve clorose, seguida por redução no crescimento e morte das pontas das acículas. As plantas de *P. taeda* mantiveram-se ativas até o final do experimento, com nove meses de idade. Anatomicamente, aos seis meses de idade tanto *P. taeda* como *P. echinata* mostravam reduzido desenvolvimento do xilema e floema pouco organizado. As células do mesófilo apareciam anormal e radialmente alongadas, causando compressão das células de endoderme. A desorganização apareceu primeiro nas pontas das acículas, mas se estendeu gradualmente na direção basipétala, resultando na degeneração de todos os tecidos internos e necrose das pontas das acículas.

A nível metabólico, GEORGÉ *et alii* (1985) observaram que uma queda na concentração externa de cobre de 0,3 μ mol/l reduziu o fluxo eletrônico no fotossistema I, provavelmente devido a queda na síntese de plastocianina. Consequentemente houve também redução nas taxas de

assimilação de CO₂, resultando em baixa taxa de crescimento e baixo acúmulo de matéria seca em plantas de seis e nove meses de idade.

Adams (1979) citado por GONZALEZ *et alii* (1984) refere-se a deformação de ramos, ângulos de inserção no caule mais abertos, deformação do ramo guia, que em casos muito severos pode se inclinar e crescer horizontalmente, fusão de acículas e acículas com pontas amarelas ou pardas como sintomas de carência de cobre em plantas adultas de *P. radiata*. RAUPACH *et alii* (1978) correlacionam distorção dos troncos, aparecimento de acículas amarelas e excesso de brotações laterais a baixos teores de Cu na matéria seca de plantas dessa mesma espécie, em 124 locais diferentes de Count Grey no sudoeste da Austrália. Estiveram associados a esses sintomas também o menor crescimento em altura e maior diâmetro dos troncos.

Em Melvine Is e Humpt Doo, na Austrália, CAMERON *et alii* (1982) avaliaram os efeitos de N, P, K e micronutrientes combinados com cálcio e enxofre, sobre o crescimento de plantas adultas de *P. caribaea* var. *hondurensis*, concluindo que zinco e possivelmente cobre foram os elementos do tratamento com micronutrientes que mais contribuíram para resposta no crescimento. VAN GOOR (1965/66) encontrou teores baixos de Cu em plantas adultas de *P. khesya*, *P. patula*, *P. elliottii* e *P. caribaea* var. *hondurensis* embora não houvesse observado sintomas de carência, o que atribuiu a forte carência de magnésio, que estaria limitando o desenvolvimento em maior grau. Cabe salientar, entretanto, que os teores aciculares de Cu, parecem não ser bom parâmetro para avaliar o estado nutricional de plantas, já que sofrem grande flutuação ao longo do ano (KNIGHT, 1978 e VIDAL *et alii*, 1984). De acordo com KNIGHT (1978) numa população de plantas adultas, para se avaliar o estado nutricional quanto ao cobre através da análise de acicular, cada amostra deve ser média de no mínimo vinte árvores.

Em mudas de *P. echinata* e *P. taeda* a deficiência de zinco deu origem a plantas anãs, com ápices com aparência de roseta. A deficiência foi mais pronunciada em *P. echinata* que em *P. taeda*. Em *P. echinata*, seis semanas após o início dos tratamentos, doze das quinze mudas submetidas à omissão de zinco apresentavam acículas secundárias com menos que metade do comprimento normal, estando muito próximas umas das outras, e exibindo diferentes graus de clorose, enquanto que apenas quatro de *P. taeda* apresentaram sintomas, porém mais brandos. Ao final de doze semanas todas as plantas de *P. echinata* apresentavam graus variáveis de nanismo e clorose. Cinco tornaram-se necróticas e apresentaram coloração marrom púrpura no ápice. Várias mudas de *Pinus taeda* desenvolveram clorose extrema. A elongação praticamente cessou e as acículas secundárias recém formadas eram muito pequenas, rígidas e extremamente quebradiças. Nas plantas remanescentes as acículas mostravam-se medianamente cloróticas, mas seu crescimento, bem como o de toda a planta era bastante retardado (BROWN, 1955).

A nível anatômico a deficiência de zinco deu origem a plantas com células epidérmicas e hipodérmicas de paredes finas, com maior quantidade de resina. As células do mesófilo exibiam vários graus de hipertrofia, algumas com quase o dobro da expansão lateral. As células da endoderme tiveram paredes finas e continham mais amido que as células do tratamento controle. O tecido condutor exibia hipertrofia e, muitas das células sob pressão estavam distorcidas ou praticamente colapsadas. Os elementos do xilema e do floema de *P. echinata* tinham tamanho bastante reduzido e o câmbio pareceu inativo. Seis meses após o início dos tratamentos, as acículas de *P. echinata* mostravam completa desintegração do tecido condutor e da endoderme, desorganização e colapso do xilema e, canais resiníferos pouco organizados. Nesse estágio as acículas de *P. taeda* exibiam grande superdesenvolvimento do tecido condutor, resultando em disrupção do mesófilo, causando ondulações irregulares no tecido epidermal (BROWN, 1955).

Em ensaio de adubação realizado com plantas adultas de *F. varibaea* var. *hondurensis* em duas localidades australianas CAMERON *et alii* (1982) atribuem as respostas ao tratamento com micronutrientes predominantemente a zinco e possivelmente cobre. RANCE & CAMERON (1982) correlacionam as desordens observadas na copa das árvores de uma dessas duas localidades a deficiência de zinco. Em ensaio por eles realizado, pequeno número de acículas por pé, acículas curtas, queda prematura de acículas, exudação de resina no tronco, gemas múltiplas e *dieback* da ponta do tronco foram sanados pela aplicação foliar de zinco. VAN GOOR (1965/66) encontrou teores baixos de Zn em acículas de *P. caribaea* var. *hondurensis* em reflorestamento do Estado de São Paulo, no Brasil. Cabe salientar que embora a flutuação anual reduza a precisão da análise foliar como método de diagnóstico, para o elemento em questão as flutuações não são tão acentuadas quanto para B, Cu e Mn (KNIGHT, 1978).

A deficiência de manganês não foi acentuada, nem produziu sintomas claros em *P. echinata* e *F. taeda*. Dois meses e meio após o início dos tratamentos de omissão BROWN (1955) observou o aparecimento de leve clorose, especialmente nos ápices. Ao final do quarto mês todas as mudas de *P. echinata* estavam cloróticas, e muitas acículas exudavam uma resina clara. *F. taeda* apresentou sintomas menos severos. Três semanas mais tarde, ambas as espécies desenvolveram pontos necróticos, quase circulares nas acículas superiores, seguidas pela morte de suas pontas. Aos seis meses, todas as mudas permaneciam vivas, porém pequenas e de aparência pouco vigorosa. A nível anatômico houve redução no número de células do mesófilo das acículas e degeneração interna do tecido nos locais necrosados (BROWN, 1955).

Em plantas adultas de *F. radiata*, RAUPACH *et alii* (1978) associaram distorção do tronco e amarelhecimento de acículas a baixos teores de Cu e Mn e altos de K, Na e talvez Zn.

O ferro é um elemento bastante exigido por mudas

de *Pinus* (ALABAMA, 1970), porém a literatura é escassa em trabalhos sobre a nutrição mineral do gênero com esse elemento. INGESTAD (1960) submeteu mudas de *P. radiata* a níveis crescentes de Fe, porém obtiveram sintomas incipientes e inespecíficos nos níveis externos de 0 e 0,02ppm de Fe, caracterizados por clorose generalizada das acículas.

A revisão anterior permite verificar a lacuna existente quanto à carência de micronutrientes em *Pinus*, e mais acentuadamente em *P. caribaea*. Dessa forma, o presente trabalho visa obter os sintomas de carência de boro, cobre, ferro, manganês e zinco, bem como seus efeitos sobre a produção de matéria seca de mudas de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr & Golf, *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* Barr & Golf e *Pinus caribaea* var. *caribaea* Morelet.

MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Química da E.S.A. "Luiz de Queiroz"-USP, em Piracicaba-SP, empregando-se vasos de polietileno de 1,5ℓ de capacidade, munidos de drenos laterais, contendo sílica finamente moída, previamente submetida a lavagem ácida.

Testaram-se três variedades de *P. caribaea* em seis tratamentos de omissão de micronutrientes e com três repetições, em delineamento experimental inteiramente casualizado.

O experimento foi instalado em 14-04-1984. Nessa ocasião cada vaso recebeu uma muda de 2 a 3cm de altura de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e *Pinus caribaea* var. *caribaea*.

Tais plantas foram irrigadas duas vezes ao dia com solução nutritiva de HOAGLAND & ARNON (1950), modificada quanto à concentração de ferro e diluída a 1:4, sendo o excesso drenado descartado, até seu completo

pegamento.

Em 03-05-1984 encerrou-se o período pré-experimental, e após irrigação com abundante quantidade de água desmineralizada, iniciaram-se os tratamentos de omissão em 05-03-1984.

Durante o período experimental as plantas foram irrigadas duas vezes ao dia com 1 l de solução tratamento, preparada com base na solução de HOAGLAND & ARNON (1950) modificada quanto à concentração de Fe e diluída a 1:2, que era recoletada em frasco escuro, cujo volume era completado diariamente com água desmineralizada.

As soluções completas continham 7,5 mM de nitrogênio, 3mM de potássio, 2,5mM de cálcio, 1,0mM de magnésio e enxofre, 0,5 μ M de fósforo, 89,62 μ M de ferro, 23,06 μ M de boro, 6,29 μ M de manganês, 0,65 μ M de zinco, 0,16 μ M de cobre e 0,05 μ M de molibdênio por litro, e as dos tratamentos de omissão concentrações idênticas, exceto quanto ao nutriente omitido.

Os tratamentos empregados foram:

- Completo (N, P, K, Ca, Mg, S e micronutrientes).

- Omissão de boro + macronutrientes.

- Omissão de cobre + macronutrientes.

- Omissão de ferro + macronutrientes.

- Omissão de manganês + macronutrientes.

- Omissão de zinco + macronutrientes.

As soluções foram trocadas duas vezes no decorrer do experimento, quando as plantas do tratamento completo começaram a exibir sinais de deficiência de nitrogênio.

As soluções estoque de macronutrientes, ou seja $\text{KH}_2\text{PO}_4\text{M}$, KNO_3M , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\text{M}$ e MgSO_4M , empregadas para o preparo das soluções nutritivas usadas tanto no período pré-experimental, quanto no período experimental, foram

purificadas usando amoníopirrolidina ditiocarbamato como complexante de metais pesados, procedendo-se sua extração com clorofórmio, conforme o descrito por MANSELL & EMMEL (1965).

Dezessete dias após o início dos tratamentos as plantas submetidas a omissão de ferro apresentavam-se totalmente cloróticas, sendo necessário fornecer 2ml de Fe-EDTA 89.62mM a cada vaso desse tratamento, para impedir-lhes a morte prematura. O mesmo ocorreu com as plantas submetidas a omissão de B, que receberam 1ml de solução de ácido bórico 46,13mM, cinquenta dias após o início dos tratamentos.

A colheita dos tratamentos com omissão de boro, ferro e cobre deu-se em 19/10/1984, e os restantes em 05/12/1984.

As plantas colhidas sofreram lavagem rigorosa e foram divididas em acículas, ramos e raízes. Tais amostras foram secas a 75°C em estufa de circulação forçada de ar, sendo pesadas em seguida.

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados visualmente, através da matéria seca total produzida, da matéria seca produzida pelas diversas partes e da altura final das plantas.

Os dados de peso de matéria seca foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$ e os de altura em $\sqrt{x + 1,0}$, submetidos a teste de normalidade (Lilliefors), de homogeneidade das variâncias dentro de tratamentos e variedades (Bartlett) e, a análise da variância, sendo as médias em cada caso comparadas com as obtidas no tratamento completo pelo teste "t", a 10%, 5% e 1% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomas de Deficiência

De modo geral as carências de B, Cu, Fe, Mn e Zn afetaram o tamanho das acículas, o vigor e/ou a altura

das plantas. A deficiência de ferro foi a primeira a se manifestar, seguindo-se a esta a de B e Cu e, finalmente as de Mn e Zn. Os sintomas de deficiência de B, Cu e Fe foram bastante evidentes, não acontecendo o mesmo para Mn e Zn.

Ferro

Sete dias após o início dos tratamentos, as três variedades de *P. caribaea* já apresentavam sinais de deficiência de ferro com a mesma intensidade e características. Houve amarelecimento das acículas da região apical da planta, ao que se seguiu descoloração do caule, murcha e necrose pardo esbranquiçada da ponta para a base das acículas. Dez dias mais tarde, essas plantas apresentavam-se completamente cloróticas, sendo necessário fornecer-lhes 2ml de Fe - EDTA 89,62mM para evitar sua morte. Os sintomas então desapareceram e as plantas adquiriram aspecto vigoroso e cresceram normalmente. Somente aos cinco meses após o início do experimento é que os sintomas reapareceram, com as mesmas características anteriores. Atingiram primeiro a região apical do ramo guia, e posteriormente as brotações laterais, começando também, pelo ápice.

Tais sintomas progrediram do ápice para a base das plantas e ao final a necrose apresentava pontos escuros, intercalados com regiões claras. No caule os sintomas apareceram primeiro nas acículas dos fascículos, enquanto que as que emergiam diretamente do caule permaneciam verdes.

Tais sintomas, são coerentes com os papéis do Fe nas plantas. O ferro, além de participar de grupos prostéticos de enzimas, das reações de transporte eletrônico nos citocromos, dos pigmentos heme, da fitoferritina e ferredoxinas, participa diretamente da formação da clorofila. Em deficiência de ferro succinil Co A e glicina não se unem para formar ácido -amino levulinico, que é o precursor das porfirinas. O Fe parece ser necessário também para a oxidação de coproporfirinogenio a protoporfirinogenio na síntese da clorofila

(MENGEL & KIRKBY, 1982).

Embora a literatura seja escassa quanto às exigências de ferro de mudas de *Pinus* ALABAMA (1970) indica ser este gênero exigente no elemento em sua fase de desenvolvimento inicial. Em trabalho anterior, em solução nutritiva, os autores do presente trabalho observaram que as três variedades de *P. caribaea* aqui estudadas exigiram o dobro da concentração de Fe-EDTA indicada por HOAGLAND & ARNON (1950) para um desenvolvimento normal. A esse respeito MENGEL & KIRKBY (1982) discutem os mecanismos fisiológicos radiculares que regulam a absorção de Fe. Plantas eficientes seriam aquelas capazes de baixar o pH do meio e aumentar a capacidade redutora da superfície das raízes, aumentando assim a disponibilidade e absorção do elemento. Por outro lado, essa espécie e variedade de *Pinus* normalmente são cultivadas em solos tropicais ácidos, ricos em minerais de ferro, como hematita e goetita, não havendo deficiência em condições de campo.

Boro

Foi o segundo sintoma a se manifestar. Os trabalhos foram iniciados em 05/05/1984 e em 04/06/1984 já se observavam os sinais dessa carência. Cinquenta dias após o início dos tratamentos foi necessário adicionar 1ml de ácido bórico 46,13mM à todas as plantas em que se omitia o B, para evitar sua morte prematura.

A deficiência de boro causou grande redução no desenvolvimento das três variedades estudadas. Os sintomas foram bastante característicos especialmente para *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. caribaea* var. *caribaea*.

Pinus caribaea var. *hondurensis*

A deficiência caracterizou-se por parada no crescimento apical, apresentando-se a gema apical amarelada e com as acículas emergentes intumescidas. As acículas ao redor do meristema apical apresentavam-se curtas,

duras ao tato, e com maior exudação de resina. Seguiu-se a necrose das pontas das acículas da região apical, sendo que essa necrose iniciava-se por branqueamento, tornando-se depois pardo esbranquiçadas e marrom-avermelhado. A região apical tornou-se clorótica e com superbrotamento. As acículas da parte basal da planta apresentavam um aspecto emaranhado. Os caules apresentavam crescimento tortuoso.

Após a aplicação de ácido bórico, o aspecto geral das plantas melhorou, e as brotações laterais cresceram, porém o crescimento apical não foi retomado e, posteriormente os mesmos sintomas já descritos se repetiram nas brotações laterais.

Pinus caribaea var. *bahamensis*

Essa variedade foi a menos afetada pela deficiência de boro, não apresentando sintomas iniciais tão característicos quanto as duas outras.

Os sintomas caracterizaram-se por avermelhamento, endurecimento e deformação das acículas do meristema apical, que se mostraram também mais curtas. Posteriormente, surgiram pontos amarelados nas acículas da região apical, e algumas vezes anéis amarelos em sua parte mediana. Não houve superbrotamento na região apical, mas as brotações fasciculares concentraram-se nessa região.

Apareceram deformações na base de alguns fascículos da região mediana e apical. Essas deformações parecem ser características dessa variedade, pois apareceram apenas nela, e também nas plantas deficientes em Me e Zn, embora com maior intensidade nas deficientes em boro. As acículas conseguiram romper as bainhas, ficando engruvinhadas dentro delas, conferindo-lhes um aspecto globoso. Uma vez rompidas as bainhas, tais acículas mostravam-se deformadas.

Além do já descrito, as plantas apresentavam um gradiente de coloração da base para o ápice, sendo o ápice amarelado, e uma redução gradativa no número de

acículas que emergiam do caule, na mesma direção. Também nesta variedade os caules mostravam crescimento tortuoso.

Da mesma forma que em *P. caribaea* var. *hondurensis* a aplicação de B melhorou o estado geral das plantas, reaparecendo os sintomas cerca de três meses mais tarde.

Pinus caribaea var. *caribaea*

Esta foi a variedade mais sensível à carência de boro, sendo os sintomas visuais caracterizados por redução no crescimento e no tamanho das acículas, especialmente as do meristema apical, que se mostravam duras.

Houve superbrotamento na região apical e brotações fasciculares concentradas na região mediana da planta com as bainhas dos fascículos apresentando coloração marrom-esbranquiçada ao invés de marrom característico. Algumas das acículas dos fascículos apresentavam-se coladas e com pontas necrosadas, encurvadas e exudando resina.

A adição de boro teve os mesmos efeitos que nas outras duas variedades, porém os sintomas reapareceram primeiro em *P. caribaea* var. *caribaea*.

Os sintomas descritos acima, de maneira geral não diferem dos apresentados para mudas de *P. echinata* e *P. taeda* por BROWN (1955), de *P. radiata* por SNOWDON (1982), de *P. elliottii* e *P. taeda* por STONE *et alii* (1982) e, também dos apresentados para plantas de um ano de *P. radiata* e *P. pinaster* por STONE & WILL (1965).

Segundo GUPTA (1979) é necessário um suprimento contínuo de B para manter a atividade meristemática. A razão dessa necessidade não é ainda bem conhecida, mas parece que o B está envolvido com a síntese de bases nitrogenadas com a uracila (ALBERT, 1968), que é um componente essencial do RNA. Segundo MENGEL & KIRKBY (1982) a síntese de ácido ribonucleico, formação de ribose e

síntese de proteínas constituem os processos mais importantes dos tecidos meristemáticos, e na ausência de uracila, os ribossomos sequer se formam.

Além disso, parece haver efeito do B sobre o metabolismo das auxinas. O boro complexaria inibidores de AIA, oxidase e portanto, em sua ausência, o AIA se acumularia nos tecidos deficientes, promovendo a necrose dos pontos de crescimento (MENGEL & KIRKBY, 1982).

Cobre

A deficiência de cobre surgiu depois das de Fe e B, por volta de 48, 55 e 75 dias após o início dos tratamentos, respectivamente para *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *bahamensis* e *P. caribaea* var. *caribaea*.

Os sintomas foram mais evidentes em *P. caribaea* var. *bahamensis*, não sendo tão expressivos em *P. caribaea* var. *caribaea*.

Nas três variedades os sintomas iniciaram-se por murcha da ponta das acículas da região apical e aparecimento de pontuações amareladas nos limbos das mesmas, ao que se seguiu necrose, que progredia da ponta para a base. Em *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e *P. caribaea* var. *caribaea* a necrose iniciava-se por coloração branco-parda, e em *P. caribaea* var. *hondurensis* por coloração avermelhada.

Tais sintomas progrediam do ápice para a base das plantas, sendo que com o tempo estas adquiririam coloração verde mais claro, passando também as brotações laterais a apresentar os sintomas.

Em *P. caribaea* var. *caribaea* os sintomas foram pouco evidentes, no entanto a deficiência culminou com o surgimento de uma coloração verde-cinzenta em toda a planta, e morte da gema apical. BROWN (1955) obteve para mudas de *P. echinata*, sintomas semelhantes aos aqui descritos para *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. caribaea* var. *bahamensis*, no entanto, para *P. taeda* não

observou sinais de carência de Cu, em nove meses de cultivo sob omissão, em solução nutritiva. GEORGE *et alii* (1985) também não observaram sintomas em mudas de *P. radiata* cultivadas em solução nutritiva contendo 0,03 μ M de cobre.

Manganês

Os sintomas de deficiência de manganês foram pouco específicos e demoraram mais tempo para se manifestar.

Pinus caribaea var. *hondurensis*

Por volta de 150 dias após o início dos tratamentos desenvolveu-se uma coloração verde-claro na porção apical da planta, acompanhada de flacidez das acículas, murcha e necrose de suas pontas. O sintoma foi semelhante ao de deficiência de ferro, progredindo do ápice para a base da planta, além de surgirem brotações laterais tortuosas.

Pinus caribaea var. *bahamensis*

Apareceu uma coloração levemente mais clara nas acículas das brotações fasciculares, sendo apenas essa a manifestação da carência até quase o final do experimento (210 dias após o início dos tratamentos). Nessa ocasião, os fascículos que saem do caule começaram a mostrar-se deformados, e as curtas acículas da região apical começaram a apresentar pontas laranja-avermelhadas, que lhes davam um aspecto queimado. Na região apical começaram a surgir tufo de brotações fasciculares deformadas, como ocorreu com plantas deficientes em Boro.

Pinus caribaea var. *caribaea*

Esta variedade apresentou acículas espetadas, pequenas e duras, sendo pequeno o número de acículas emergentes do caule e havendo grande brotação fascicular na região mediana e apical das plantas. As acículas dessas

brotações fasciculares apresentavam-se bem desenvolvidas, contrastando com as demais. Havia brotações laterais raquíticas e amareladas na base.

Com o tempo as pontas das acículas adquiriram coloração laranja avermelhada, como as de *P. caribaea* var. *bahamensis*.

Leve clorose e necrose das pontas das acículas da região apical foram também os sintomas de deficiência de manganês observados por BROWN (1955) em *P. echinata* e *P. taeda*. Turgor reduzido em plantas de aveia deficientes em Mn foi observado por FINCK (1956).

Tais sintomas são coerentes com o referido por BISHOP (1971) de que o Mn é essencial ao fotossistema II, onde de alguma forma ainda não esclarecida, participa da fotólise, e, com as observações de Possighan *et alii* (1964) citados por MENGEL & KIRKBY (1982) de que em ausência de Mn os cloroplastos são aparentemente a única organela celular cuja estrutura é afetada.

Tanto no trabalho de BROWN (1955) como neste, a carência de Mn demorou a manifestar-se visualmente, e não afetou de forma marcante o desenvolvimento das mudas das espécies de *Pinus* estudadas. A esse respeito os seguintes aspectos devem ser considerados: a) A exigência de Mn das plantas cultivadas varia largamente, com acúmulos que vão desde cerca de dez a centenas de partes por milhão na matéria seca (SARRUGE & HAAG, 1974), podendo estar as do gênero *Pinus* entre as pouco exigentes; b) Em suas funções de ativador enzimático de descarboxilases e desidrogenase do ciclo do ácido tricarboxílico e, de ponte entre o complexo enzimático e ATP em fosfoquinases e fosfotransferases, o Mn^{+2} pode em maior ou menor grau ser substituído pelo Mg^{+2} (MENGEL & KIRKBY, 1982); c) O Mn aparece na proporção de 0,0003% como contaminante do sulfato de zinco, empregado para o preparo das soluções nutritivas; d) As mudas usadas no experimento foram provenientes de viveiro comercial, desconhecendo-se a adubação a que foram submetidas. Embora não tivessem mais que 3cm de

altura, podem ter absorvido o elemento em quantidade suficiente para inibir o aparecimento de sintomas de carência durante o período experimental.

Zinco

Os sintomas de deficiência de zinco foram os mesmos característicos dentre os micronutrientes estudados, e só apareceram pouco antes do final do experimento, entre 190 a 200 dias após o início dos tratamentos.

Pinus caribaea var. *hondurensis*

Nesta variedade a deficiência caracterizou-se por coloração verde claro e necrose da ponta das acículas da região apical.

Pinus caribaea var. *bahamensis*

As plantas mostraram redução no espaço entre acículas no caule e necrose laranja avermelhada nas pontas das acículas da região apical.

A região sub-apical apresentou fascículos deformados, como os que ocorreram em plantas deficientes em boro.

Pinus caribaea var. *caribaea*

Nas plantas dessa variedade, houve redução no espaço entre acículas no caule, e também redução em seu número, acompanhada de grande brotação fascicular na região apical. Ocorreram pontuações amareladas no limbo das acículas, ao que se seguiu amarelecimento e avermelhamento das pontas. Surgiram algumas acículas deformadas.

Em contraste com os resultados obtidos neste trabalho BROWN (1955) observou sintomas típicos de deficiência de Zn em mudas de *P. echinata* e *P. taeda* quando as cultivou em solução nutritiva sob regime de omissão. Tais plantas apresentaram nanismo, ápices em "roseta", diversos graus de clorose e necrose das pontas das

acículas da região apical.

No presente estudo, nem mesmo houve redução no crescimento, sintoma mais característico da carência de Zn, resultante de sua participação na síntese do triptofano, precursor do ácido indol acético. Uma possível explicação para o fato seria a presença de Zn como contaminante ao cloreto de manganês, sulfato de cobre e sulfato ferroso, que segundo os fabricantes está entre 0,001% e 0,02% em peso, aliado a uma exigência possivelmente baixa da espécie e variedades estudadas. Outro aspecto bastante importante, é o fato, já discutido anteriormente, das mudas terem sido provenientes de viveiro comercial, onde geralmente se usam doses elevadas de adubos. Cabe ressaltar, ainda, que o processo de purificação das soluções estoque baseado na complexação de metais pesados pela amoníopirrolidina ditio-carbamato, com posterior extração com clorofórmio, não se aplica às soluções contendo micronutrientes. O uso de métodos de purificação adequados para as soluções estoque fornecedoras de Fe, Cu e Mn, e de mudas isentas de adubação, certamente levará a obtenção de sintomas de deficiência de zinco mais pronunciados.

Efeitos na Produção de Matéria Seca e Altura das Plantas

As produções de matéria seca de acículas, ramos e raízes das três variedades de *Pinus* em estudo foram significativamente ($p = 0,01$, Tabelas 1 e 2) afetadas pela omissão de micronutrientes.

Mudas de *P. caribaea* var. *hondurensis* produziram 42,05% menos acículas, 31,62% menos caules, 26,92% menos raízes e 36,64% menos matéria seca total quando submetidas à omissão de ferro, tendo os pesos de matéria seca de acículas e total diferido dos produzidos pelo tratamento completo pelo teste t ao nível de 10% de probabilidade. As carências de cobre e manganês proporcionaram quedas da ordem de 25 a 30% na produção total de matéria seca dessa variedade, porém estas não diferiram significativamente das produções de matéria

Tabela 1. Peso da matéria seca (g) das acículas, ramos e raízes de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *bahamensis* e *P. caribaea* var. *caribaea* submetidas a cinco tratamentos de omissão de micronutrientes e um completo. Médias de três repetições

Variedade	Tratamento	P.M.S. acículas			P.M.S. ramos			P.M.S. raízes			P.M.S. total			Altura (cm)
		(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	
<i>Hondurensis</i>	Completo	3,56 ^a	(12,77) ^b	2,01 ^a	(3,70) ^b	2,36 ^a	(5,20) ^b	4,62 ^a	(21,67) ^b	5,41 ^c	(28,67) ^b			
	Omis. B	3,50	(11,90)	2,14	(4,10)	2,60	(6,40)	4,75	(22,40)	3,68***	(33,50)			
	Omis. Cu	2,93	(8,77)	1,72	(2,97)	2,12	(4,33)	3,87	(15,77)	5,83	(33,00)			
	Omis. Fe	2,72*	(7,40)	1,61	(2,53)	1,99	(3,80)	3,60*	(13,73)	5,31	(28,67)			
	Omis. Mn	3,07	(9,00)	1,77	(2,67)	2,20	(4,33)	4,05	(16,00)	5,63	(30,57)			
Omis. Zn	3,74	(13,67)	2,58*	(6,17)	2,96**	(8,33)	5,33	(28,17)	6,34*	(39,33)				
<i>Bahamensis</i>	Completo	3,45	(11,43)	2,02	(3,60)	2,35	(5,07)	4,54	(21,10)	4,42	(18,33)			
	Omis. B	3,36	(10,90)	2,21	(4,43)	2,26	(4,63)	4,51	(19,97)	4,88	(23,00)			
	Omis. Cu	2,08***	(3,97)	0,98***	(0,50)	1,38***	(1,47)	2,49***	(5,93)	3,74	(13,17)			
	Omis. Fe	2,99	(8,50)	1,62	(2,13)	2,07	(3,80)	3,85	(14,43)	4,71	(21,23)			
	Omis. Mn	2,82	(7,53)	1,80	(2,77)	1,88	(3,10)	3,71	(13,40)	4,90	(23,17)			
Omis. Zn	3,48	(11,67)	2,12	(4,03)	2,19	(4,33)	4,52	(20,03)	4,71	(21,33)				
<i>Caribaea</i>	Completo	3,01	(8,80)	1,71	(2,47)	2,11	(4,03)	3,93	(15,30)	4,03	(15,33)			
	Omis. B	2,06**	(3,80)	1,42	(1,53)	1,66	(2,27)	2,83*	(7,60)	3,88	(14,33)			
	Omis. Cu	1,87**	(3,13)	1,14**	(0,83)	1,48**	(1,77)	2,47**	(5,73)	3,72	(13,00)			
	Omis. Fe	2,70	(6,90)	1,71	(2,43)	1,82	(2,83)	3,54	(12,17)	5,10**	(25,17)			
	Omis. Mn	2,35	(5,17)	1,44	(1,60)	1,68	(2,40)	3,07	(9,17)	3,88	(14,17)			
Omis. Zn	2,82	(7,60)	1,78	(2,77)	2,06	(3,80)	3,79	(14,17)	3,74	(13,33)				

a = Médias dos dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$

b = Médias dos dados originais

c = Médias dos dados transformados em $\sqrt{x + 1,0}$

* Difere do tratamento completo pelo teste "t" ao nível de 10% de probabilidade

** Difere do tratamento completo pelo teste "t" ao nível de 5% de probabilidade

*** Difere do tratamento completo pelo teste "t" ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 2. Análise da variância dos dados de peso de matéria seca (g) das partes de mudas de *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *bahamensis* e *P. caribaea* var. *caribaea* submetidas a cinco tratamentos de omissão de micronutrientes e um completo

Causas de variação	Graus de Liberdade	Quadrados médios					Totala (g)	Alturab (cm)
		Acículas ^c (g)	Caulesa (g)	Raízes ^a (g)	Totala (g)	Alturab (cm)		
Tratamentos (T)	3	1,4369**	0,8293**	0,6602**	3,0544**	1,0033		
Variedades (V)	2	2,9604**	0,8769**	1,4860**	5,4854**	7,8307**		
T x V	10	0,2617	0,1704	0,1398	0,5471	1,4240**		
T x V ₁ (<i>Hondurensis</i>)	5	0,4909	0,3791**	0,3810*	1,2503	2,4522*		
T x V ₂ (<i>Bahamensis</i>)	5	0,8620**	0,6110**	0,3754*	1,9105**	0,5768		
T x V ₃ (<i>Caribaea</i>)	5	0,6074	0,1800	0,1834	0,9879	0,8223		
Resíduo	36	0,2797	0,1033	0,1265	0,4828	0,4210		
Coefficiente de Variação (%)		18,12	18,20	16,80	17,99	13,92		

a = Dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$

b = Dados transformados em $\sqrt{x + 1,0}$

seca das mudas cultivadas sob tratamento completo.

A produção de matéria seca de mudas de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* foi bastante sensível a omissão de cobre. Acículas tiveram decréscimos da produção de 65,3%, ramos sofreram redução de 51,5%, raízes de 71,00% e matéria seca total de 71,89%, diferindo das produções fornecidas pelas plantas do tratamento completo pelo teste t ao nível de 1% de probabilidade. A omissão de manganês promoveu um decréscimo de 36,49% na produção de matéria seca total de *P. caribaea* var. *bahamensis*, porém os valores obtidos não diferiram significativamente entre si (Tabelas 1 e 2).

Pinus caribaea var. *caribaea*, teve sua produção de matéria seca afetada predominantemente pela omissão de cobre. Tanto na matéria seca das partes, quanto na total, as plantas carentes em cobre acumularam significativamente menos matéria seca que as bem supridas ($p = 0,05$). Acículas tiveram um decréscimo de 64,4%, ramos de 66,4%, raízes de 56,08% e matéria seca total de 62,55% em relação ao tratamento completo. Aos efeitos da omissão de cobre seguiram-se os da omissão de boro ($p = 0,1$) que resultaram em 50,33% de redução da matéria seca total. A omissão de manganês resultou em produção de matéria seca total 40,06% menor por parte das plantas, entretanto a diferença em gramas não é significativa.

A altura das plantas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* foi sensível e significativamente reduzida pela omissão de boro ($p = 0,01$) e elevada ($p = 0,1\%$) pela omissão de zinco. A das plantas de *Pinus caribaea* var. *caribaea* foi elevada ($p = 0,05$) pela omissão de ferro. Um maior crescimento como resposta a adubação com boro é referido por WILL *et alii* (1963), STONE & WILL (1965) e HOPMANS & FLINN (1984) para plantas adultas de *P. radiata* e *P. pinaster*.

Como se pode verificar as três variedades de *P. caribaea* estudadas diferem quanto à sua sensibilidade à carência de micronutrientes. Em termos de produção de

matéria seca *P. caribaea* var. *caribaea* foi a mais sensível à carência de boro, tendo sofrido redução de 50,33% na produção de matéria seca total, enquanto que *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. caribaea* var. *bahamensis* não mostraram reduções significativas. Por outro lado, a carência de boro limitou o crescimento em altura de *P. caribaea* var. *hondurensis* em 52,93%, enquanto que os de *P. caribaea* var. *bahamensis* e *P. caribaea* var. *caribaea* não foram limitados. SNOWDON (1982), trabalhando com mudas de *P. radiata*, em experimentos de vasos com dezoito diferentes tipos de solos australianos observou que em seis deles as alturas das plantas foram significativamente menores em ausência de boro, estando a magnitude desse efeito correlacionada à severidade dos sintomas visuais. O autor não verificou um efeito muito claro da omissão de boro sobre a produção de matéria seca, e afirma ser esse parâmetro menos efetivo que a altura para avaliar os efeitos da carência de B, já que o aumento não tem efeito direto sobre a fotossíntese.

A carência de cobre prejudicou severamente *P. caribaea* var. *bahamensis* e *P. caribaea* var. *caribaea*. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* foi mais sensível que as outras duas à carência de ferro. GEORGÉ *et alii* observou reduções no crescimento e produção de matéria fresca de acículas, ramos e raízes de mudas de *P. radiata* de 6 e 9 meses de idade cultivadas em solução nutritiva contendo 0,03 μmol Cu/l. Aos seis meses, o melhor desenvolvimento foi proporcionado por uma concentração externa de 3,0 μmol /l e, aos nove meses por 0,3 μmol /l. GONZALEZ *et alii* (1984) atribui severa restrição no crescimento de plantas adultas de *P. radiata* a deficiência acentuada de cobre e marginal de boro, ou vice-versa.

No trabalho de BROWN (1955) *P. echinata* e *P. taeda* também tiveram comportamentos diferentes quanto a sua sensibilidade à carência de micronutrientes. *Pinus echinata* sofreu drástica redução no crescimento em altura, acompanhado por cerca de 80% de perda na

produção de matéria seca quando submetido a carência de zinco, enquanto que *Pinus taeda* mostrou-se mais sensível à carência de boro. Para ambas as espécies os maiores danos foram causados pelas omissões de zinco e boro, não se verificando efeito pronunciado da omissão de Mn e Cu sobre o seu crescimento em altura e sua produção de matéria seca. *Pinus taeda*, de modo geral foi menos afetada que *P. echinata* pelas omissões.

Na análise dos resultados deve ser salientado que todas as plantas dos tratamentos com omissão de ferro e omissão de boro receberam pequena quantidade do elemento pouco tempo após o início dos tratamentos, de modo que as carências de boro e ferro podem ser consideradas as mais prejudiciais para mudas de *P. caribaea* em fase de viveiro, sendo *P. caribaea* var. *hondurensis* mais sensível que as demais à carência de Fe, e *P. caribaea* var. *bahamensis* a menos sensível à carência de boro. A carência de cobre viria em seguida, prejudicando principalmente *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e *P. caribaea* var. *caribaea*.

Como já foi discutido anteriormente, a exigência de zinco desse gênero é provavelmente muito pequeno, tendo sido satisfeita pelas impurezas contidas nos sais de manganês, cobre e ferro e/ou pela absorção inicial das mudas. Talvez em maior período experimental a carência se manifestasse. RANCE & CAMERON (1982) referem-se a desordens provocadas pela carência de zinco em plantas adultas de *P. caribaea* var. *hondurensis*.

CONCLUSÕES

- Os sintomas de carência de Fe e B em mudas de *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *bahamensis* e *P. caribaea* var. *caribaea* foram de fácil reconhecimento, caracterizando-se por:

Ferro: Clorose, do ápice para a base das plantas, que adquirem tom verde claro, verde amarelado, amarelo, com posterior necrose pardo esbranquiçada do ápice para

a base das acículas.

Boro: Morte da gema apical, com exudação de resina, redução no desenvolvimento, aparecimento de acículas curtas, grossas, duras ao tato, fundidas às vezes cloróticas ou avermelhadas na porção apical da planta. Superbrotamento na porção apical e crescimento tortuoso do caule também podem ocorrer.

- Sintomas de carência de cobre foram facilmente identificáveis em *P. caribaea hondurensis* e *P. caribaea bahamensis*, caracterizando-se por murcha da ponta das acículas da região apical, aparecimento de pontuações amareladas em seus limbos, seguida por necrose branco parda ou avermelhada do ápice para a base das acículas.

- As respostas à carência de micronutrientes avaliadas pela sintomatologia, crescimento em altura e produção de matéria seca diferiram entre as três variedades de *P. caribaea* estudadas. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *P. caribaea* var. *caribaea* foram mais sensíveis que *P. caribaea* var. *bahamensis* à carência de boro. *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e *P. caribaea* var. *caribaea* foram mais sensíveis que *P. caribaea* var. *hondurensis* à carência de cobre. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* foi mais sensível que as duas outras à omissão de ferro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERT, L.S. Induction and antagonism of boron like deficiency symptoms of tomato plants by selected nitrogen bases. *Plant Physiology*, Lancaster, 43: 51-4, 1968.
- BISHOP, N.I. Photosynthesis: the electron transport-system of green plants. *Annual Review of Biochemistry*, Palo Alto, 40:197-226, 1971.

- BROWN, C.L. The response of shortleaf and loblolly pines to micronutrient deficiencies of zinc, boron, manganese and copper. Athens, 1955. 67p. (M.S. - University of Georgia).
- CAMERON, P.M.; RANCE, S.J.; WILLIAMS, E.R. Effects of fertilizers on growth, form and concentration of nutrients in needles of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Northern Territory. *Australian Forestry Research*, Melbourne, 12:105-19, 1982.
- FINCK, A. Manganese requirement for oats at various growth stages. *Plant and Soil*, The Hague, 7:389-96, 1956.
- GEORGÊ, J.L.; LASTRA, O.; CHUECA, A.; LACHICA, M. Use of photosynthetic parameters for the diagnosis of copper deficiency in *Pinus radiata* seedling. *Physiologia Plantarum*. Copenhagen, 65:508-12, 1985.
- GONZALEZ, C.; KONOW, V.; LACHICA, M. El *Pinus radiata* D. Don en Chile, ensayos de fertilizacion con cobre y boro. *Anales de Edafologia y Agrobiologia*, Madrid, 42(9/10):1599-613, 1984.
- GUPTA, U.C. Boron nutrition of crops. *Advances in Agronomy*, New York, 31:273-307, 1979.
- HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. *Circular. California Agriculture Experiment Station*, Berkeley, (347), 1950.
- HOPMANS, P. & FLINN, D.W. Boron deficiency in *Pinus radiata* D. Don and the effect of applied boron on height and nutrient uptake. *Plant and Soil*, The Hague. 79:295-8, 1984.
- INGESTAD, T. Studies on the nutrition of forest tree seedlings. III. Mineral nutrition of Pine. *Physiologia Plantarum*, Oxford, 13:513-31, 1980.
- KNIGHT, P.J. Foliar concentrations of ten mineral nutrients in nine *Pinus radiata* clones during a 15 months period. *New Zealand Journal of Forestry*

Science, Private Bag, 8(3):351-67, 1978.

- MANSELL, R.E. & EMMEL, H.W. Trace metal extractions from brine with APDC and oxine. *Atomic Absorption Newsletter*, Dambury, 4(10):365-6, 1965.
- MARTINEZ, H.E.P.; HAAG, H.P.; BRUCKNER, C.H.; DECHEN, A. R. Diagnóstico da carência de macronutrientes em três variedades de *Pinus caribaea* I. Sintomas visuais e efeitos sobre a produção de matéria seca. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 42(2):539-69, 1985.
- MARTINEZ, H.E.P.; HAAG, H.P.; BRUCKNER, C.H. Macronutrientes em *Pinus caribaea* Morelet. I. Níveis internos sob suficiência e sob omissão. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 43(1):97-146, 1986.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. 3.ed. Bern, International Potash Institute, 1982. 655p.
- RANCE, S.J. & CAMERON, D.M. Correction of crown disorders of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* by applications of zinc. *Plant and Soil*, The Hague, 65:293-6, 1982.
- RAUPACH, M.; CLARKE, A.R.P.; CELLIER, K.M. Disorder symptoms of a forest of *Pinus radiata* in relation to foliar nutrient levels. *Australian Forest Research*, Melbourne, 8(1):1-11, 1978.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. *Análise química em plantas*. Piracicaba, ESALQ, Departamento de Química, 1974. 56p.
- SNOWDON, P. Diagnosis of boron deficiency in soils by pot experiments with *Pinus radiata*. *Australian Forest Research*, Melbourne, 12:217-29, 1982.
- STONE, E.L. & WILL, G.M. Boron deficiency in *Pinus radiata* and *Pinus pinaster*. *Forest Science*, London, 11(4):425-33, 1965.

- STONE, E.L.; HOLLIS, C.A.; BARNARD, E. L. Boron deficiency in a Southern pine nursery. *Southern Journal of Applied Forestry*, Melbourne, (may):108-12, 1982b.
- TVA National Fertilizer Development Center at Muscle Shoals. *Greenhouse techniques for soil-plant fertilizer research*. Alabama, 1970. 57p.
- VAN GOOR, C.P. A nutrição de alguns pinheiros tropicais. *Silvicultura em São Paulo*, São Paulo, 415(4): 313-40, 1965/66.
- VIDAL, I.; FERRADA, R.; RIQUELME, E. Evolucion estacional de nutrimentos en *Pinus radiata* D. Don en Chile. *Turrialba*, Turrialba, 34(3):261-6, 1984.
- WARING, H.D. The nutritional status of pine plantations in Malaysia. *FAO Technical Report*, Roma, (1), 1971.
- WILL, G.M.; APPLETON, E.J.; SLOW, L.J.; STONE, E.L. *Boron deficiency*. The cause of dieback in pines in the Nelson District. Rotorua, Research Leaflet. Forest Research Institut, 1963. 2p.

Recebido para publicação em: 26/04/88

Aprovado para publicação em: 04/08/89