

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS
ISSN 0100-3453

**Aspectos nutricionais envolvidos
na ocorrência de doenças com
ênfase para o eucalipto**

**Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira
Edson Namita Higashi**

CIRCULAR TÉCNICA



Nº 200 DEZEMBRO 2003

<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/>

Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto

Effects of the nutrients in the incidence of diseases caused by fungi, with emphasis in the *Eucalyptus*

Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira
Edson Namita Higashi

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo abordar os principais efeitos dos nutrientes na ocorrência de doenças fúngicas, com ênfase para o eucalipto. As deficiências e excessos nutricionais alteram as estruturas anatômicas como também as propriedades bioquímicas, diminuindo assim a resistência das plantas ao ataque de fungos patogênicos. As principais mudanças anatômicas e bioquímicas que aumentam a severidade e a incidência de doenças são: paredes celulares e cutículas mais finas; acúmulo de compostos solúveis como açúcares simples e aminoácidos; menor suberização, silificação e lignificação dos tecidos; menor síntese e acúmulo de compostos fenólicos e maior abertura ou mais tempo aberto dos estômatos. O silício é um elemento que proporciona aumento da resistência das plantas ao ataque de patógenos. Outros nutrientes que estão mais fortemente relacionados com a ocorrência de doenças são: potássio, cálcio, boro, cobre e manganês. Em relação à ferrugem do eucalipto, os resultados preliminares mostram que tanto a deficiência de boro como o excesso de manganês aumentaram a severidade da doença. A deficiência de boro em *E. citriodora* também aumenta a agressividade de *Botryosphaeria ribis* e *Lasiodiplodia theobromae*. A agressividade de *Rhizoctonia solani* pode ser favorecida pelo baixo nível de cálcio em mudas de eucalipto. A deficiência de nitrogênio e fósforo em mudas rustificadas pode favorecer a infecção por *Phaeoseptoria eucalypti*. A deficiência de Zn pode favorecer a incidência de *Phytophthora*. O excesso de nitrogênio nas condições de viveiro e minijardim clonal pode aumentar a severidade de doenças como ferrugem (*Puccinia psidii*), mofo cinzento (*Botrytis cinerea*) e Oídio (*Oidium* spp.).

PALAVRAS-CHAVE: Nutrição, Adubação, Doenças, *Eucalyptus*

ABSTRACT: The aim of the present work is to approach the main effects of the nutrients in the incidence of diseases caused by fungi, with emphasis in the *Eucalyptus*. The nutritional deficiencies and excesses modify the anatomical structures as well as the biochemical properties, decreasing the resistance of the plants to the attack of pathogenic fungi. The main anatomic and biochemical changes which increase the severity and the incidence of diseases are: thinner cellular walls and cuticles; accumulation of soluble compounds such simple sugars and amino acids; tissue lower suberization, silification and lignification; lower synthesis and accumulation of phenolic compounds, and larger opening or more time open of the stomatic. The silicon is an element that provides increase of the resistance of the plants to the pathogens attack. Other nutrients that are strongly related with the occurrence of diseases are: potassium, calcium, boron, copper and manganese. In relation to *Eucalyptus* rust, preliminary results show that so much the boron deficiency as the excess of manganese increased the severity of the disease. The boron deficiency in *E. citriodora* also increases the aggressiveness of *Botryosphaeria ribis* and *Lasiodiplodia theobromae*. The aggressiveness of *Rhizoctonia solani* can be favored by the low level of calcium in *Eucalyptus* seedlings. The deficiency of nitrogen and phosphorus in rustic seedlings can favor the infection for *Phaeoseptoria eucalypti*. The deficiency of Zn can favor the incidence of *Phytophthora*. The excess of nitrogen in the nursery conditions and clonal mini orchard can increase the severity of diseases as *Eucalyptus* rust (*Puccinia psidii*), Grey fungi (*Botrytis cinerea*) and Oidium (*Oidium* spp.).

KEYWORDS: Nutrition, Fertilization, Disease, *Eucalyptus*

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem ocorrido um significativo aumento na incidência de doenças na etapa de produção de mudas e em plantios de *Eucalyptus*, bem como o surgimento de novas enfermidades (Alfenas et al., 2001). Levantamentos efetuados em plantios seminais de *Eucalyptus grandis* nas regiões do Vale do Paraíba e sul do Estado de São Paulo revelaram que 35% das árvores apresentavam ferrugem (*Puccinia psidii*) aos 6 meses de idade. As plantas altamente infectadas tiveram reduções de 25 a 35% em altura e diâmetro quando comparada com as saudáveis (Silveira et al. 1998b).

Em condições de minijardim clonal, têm aumentado a incidência e a severidade da ferrugem (*Puccinia psidii*) e de oídio (*Oidium* spp), além do surgimento de novas doenças como *Sporothrix eucalypti* (*Quambalaria eucalypti*).

A evolução das doenças em plantios de eucalipto, embora variável em função do material genético (espécies, procedências, progênies e clones), da qualidade do sítio, da idade da planta e das condições climáticas da época do ano, deve estar ligada a um importante fator, que é a adaptação genética do patógeno ao material plantado, com aumento gradativo do inóculo na região. Dentro desse contexto, as medidas de controle químico tornam-se inviáveis economicamente, sendo os caminhos mais promissores a seleção genética de materiais resistentes e a melhoria do estado nutricional das árvores.

As deficiências e desequilíbrios nutricionais provocam mudanças morfológicas e bioquímicas na planta, podendo tornar certos materiais genéticos mais suscetíveis à infecção por patógenos. Então, o uso eficiente das adubações aliado à resistência dos materiais genéticos, pode reduzir o nível de severidade e de incidência das doenças em eucalipto.

O objetivo deste trabalho foi abordar os aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto.

PRINCÍPIOS DA INFECÇÃO E A SUA RELAÇÃO COM A NUTRIÇÃO MINERAL

Vários estudos mostram os efeitos da nutrição mineral sobre o crescimento e a produtividade, com ênfase para a função dos nutrientes no metabolismo das plantas. No entanto, a nutrição mineral pode também ter um efeito secundário sobre a resistência de plantas ao ataque de pragas e doenças (Marschner, 1995).

A resistência das plantas a pragas e doenças pode ser diminuída ou aumentada pelo efeito da nutrição mineral sobre as estruturas anatômicas como, por exemplo: células epidérmicas e cutículas mais finas, parede celular com menor grau de silificação, suberização e lignificação. Além disso, a nutrição pode afetar as propriedades bioquímicas como redução de compostos fenólicos que atuam como inibidores do desenvolvimento de pragas e doenças ou acúmulo de compostos orgânicos de baixo peso molecular (glicose, sacarose e aminoácidos) resultado da maior atividade de enzimas decompositoras como amilase, celulase, protease e sacarase, muito comum na deficiência de potássio (Ellet, 1973; Huber e Arny, 1985; Perrenoud, 1990; Marschner, 1995).

A germinação dos esporos de fungos nas folhas, raízes e caule é estimulada pela presença de exsudados da planta. O fluxo de exsudados contribui para o sucesso da infecção na maioria das doenças. A velocidade do fluxo e a composição dos exsudados dependem da concentração destes nas células e do gradiente de difusão (Figura 1). Por exemplo, nas plantas deficientes em potássio a concentração de açúcares solúveis e aminoácidos nas folhas é alta, podendo aumentar a eficiência de germinação dos esporos em relação às plantas saudáveis. A concentração desses assimilados solúveis (compostos de baixo peso molecular) no apoplasto do hospedeiro determina o crescimento do patógeno durante a penetração e principalmente nas fases de pós-penetração. Em relação às barreiras anatômicas, a lignificação e o acúmulo de sílica nas paredes constituem-se numa efetiva barreira física contra a penetração das hifas (Figura 1). Esses processos resultam na principal resistência estrutural das plantas às doenças (Marschner, 1995). Deve-se considerar que tanto a silificação como a lignificação são afetadas pela nutrição mineral durante o desenvolvimento das plantas. Outros nutrientes envolvidos no processo de lignificação são boro, cobre e manganês.

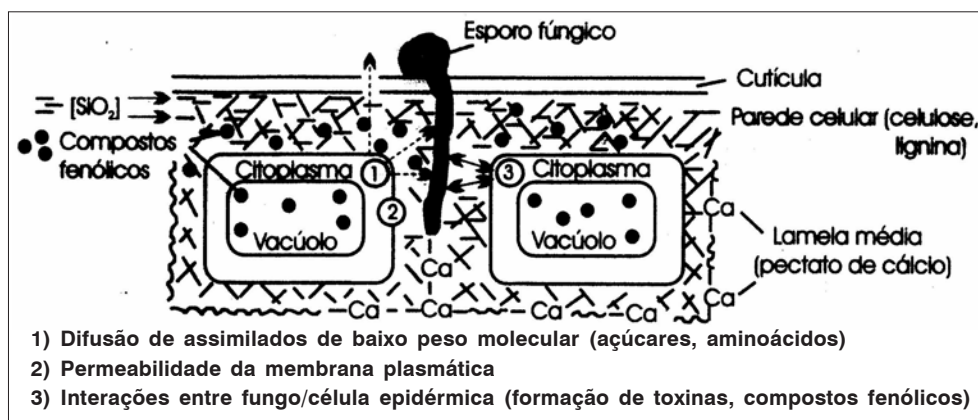


Figura 1.

Representação esquemática da penetração de hifa de fungo em superfície foliar, mostrando alguns fatores que afetam a penetração e a velocidade de crescimento da hifa e que estão relacionados com a nutrição mineral das plantas (Fonte: extraída de Yamada, 1995, modificada de Marschner, 1995).

(Schematic representation of the penetration of a fungal hypha on the leaf surface, showing some factors that affect the penetration and the rate of growth of the hypha and that they are related with the mineral nutrition of the plants (Source: extracted of Yamada, 1995, modified of Marschner, 1995))

EFEITO DOS NUTRIENTES NAS ESTRUTURAS ANATÔMICAS E BIOQUÍMICAS

Na Tabela 1 são apresentadas as alterações anatômicas e bioquímicas provocadas pelas deficiências e excessos nutricionais. Dentre os macronutrientes, as deficiências de K e Ca são as que provocam as maiores mudanças bioquímicas e estruturais, tornando-as plantas mais suscetíveis ao ataque de patógenos.

Tabela 1.

Alterações bioquímicas e morfológicas causadas pelas deficiências e excessos nutricionais

(Biochemical and morphologic alterations caused by the deficiencies and nutritional excesses)

Nutrientes	Alterações morfológicas ou bioquímicas que favorecem a infecção por patógenos
Excesso de N	Reduz compostos fenólicos, lignina nas folhas e os tecidos tornam-se menos enrijecidos
Deficiência de K	Acúmulo de compostos de baixo peso molecular como aminoácidos, açúcares solúveis, diminui a velocidade de cicatrização das injúrias, menor suberização, lignificação, espessura da cutícula e parede celular, maior abertura ou mais tempo aberto dos estômatos, menor síntese e acúmulo de compostos fenólicos
Deficiência de Ca	Menor quantidade de cálcio na lamela média, diminuindo a estabilidade da parede celular, facilitando a ação de enzimas liberadas pelos fungos na dissolução da lamela média
Deficiência de S	Acúmulo de frações nitrogenadas solúveis - nitrato, menor síntese protéica
Deficiência de B	Acúmulo de açúcares nas folhas, paredes celulares mais finas, menor lignificação dos tecidos, menor síntese de calose e presença de rachaduras e fissuras na casca
Deficiência de Cu	Menor lignificação dos tecidos
Alta concentração de Si	Maior silificação e lignificação dos tecidos, presença de compostos organossilicatos aumenta a estabilidade da parede celular contra a degradação enzimática de patógenos, maior síntese de compostos fenólicos (fitoalexinas)
Deficiência de Mn	Menor síntese de lignina
Deficiência de Mo	Acúmulo de nitrato
Excesso de Mn	Menor deposição de cálcio na lamela média, resultando em menor estabilidade da parede celular

O excesso de N reduz a síntese de compostos fenólicos como as fitoalexinas e lignina, tornando as plantas menos resistentes às infecções fúngicas (Marschner, 1995). Algumas doenças podem ser favorecidas pela forma de nitrogênio aplicada (Huber, 1980; Duffy e Défago, 1999). Em certas condições, as plantas podem não ter quantidades suficientes de carboidratos disponíveis para converter o excesso de amônio, que se torna tóxico, diminuindo a resistência das plantas à infecção. O excesso de nitrato também pode favorecer a germinação e o desen-

volvimento de certos conídios (Marschner, 1995).

O excesso de N em minijardim clonal e viveiro de eucalipto diminui a resistência das plantas e pode favorecer o ataque de fungos como *Puccinia psidii*, *Botrytis cinerea* e *Oidium* spp (Silveira et al., 2000).

A deficiência de nitrogênio e fósforo na fase de rustificação aumenta a suscetibilidade de mudas de eucalipto à infecção por *Phaeoseptoria eucalypti* (Halsall et al., 1983). Isso se torna mais evidente em mudas passadas, com idades superiores a 120 dias.

O fósforo, magnésio e enxofre são macronutrientes que apresentam menor relação com ocorrência de doenças. A carência destes nutrientes altera pouco as barreiras mecânicas e a síntese das fitoalexinas (Marschner, 1995).

O cálcio apresenta estreita relação com a ocorrência de doenças. Sob condições de baixo suprimento, aumenta-se o efluxo de compostos de baixo peso molecular do citoplasma para o apoplasto. Além disso, os poligalacturonatos de cálcio são requeridos na lamela média para a estabilidade da parede celular. Os fungos e bactérias dissolvem a lamela média através da produção de enzimas como a poligalacturonase. No entanto, a atividade dessa enzima é inibida pelo cálcio (Bateman e Lumsden, 1965, citados por Marschner, 1995). Silveira et al. (1998c) verificaram que a severidade do ataque de *Rhizoctonia solani* em mudas de *Eucalyptus grandis* e híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* foi maior em condições de baixa concentração de cálcio nas folhas ($< 4 \text{ g kg}^{-1}$).

Outro papel importante do cálcio seria na lignificação dos tecidos. A deficiência de cálcio reduz o percentual de lignina da madeira (Figura 2), podendo diminuir a resistência das plantas à infecção por patógenos.

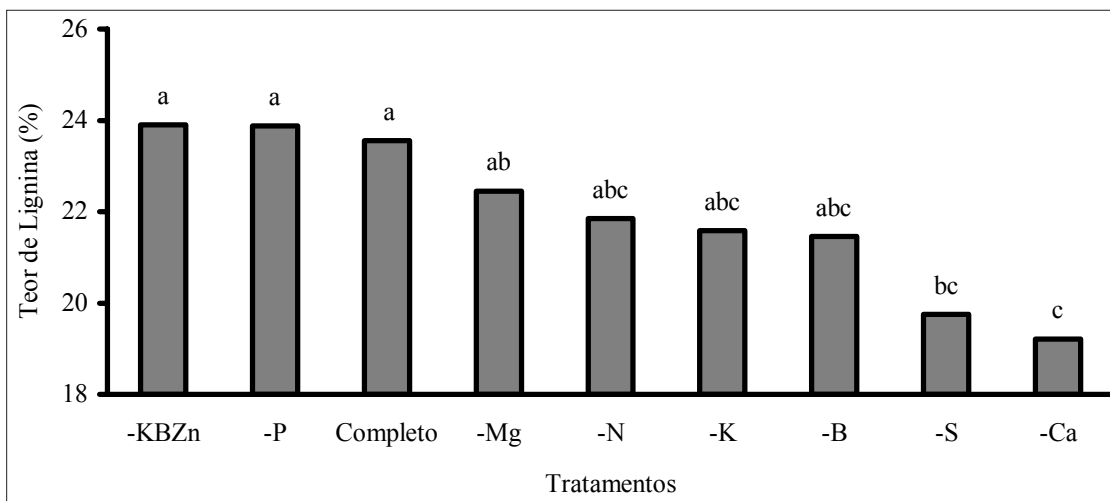


Figura 2

Relação entre as deficiências nutricionais e o teor de lignina da madeira juvenil de *E. grandis* (Fonte: Sgarbi et al., 2000).
(Relation between the nutritional deficiencies and the concentration of lignin of the juvenile wood of *E. grandis*
(Source: Sgarbi et al., 2000))

O boro, o cobre e o manganês são os micronutrientes que atuam diretamente no processo de defesa das plantas contra patógenos. Como descrito anteriormente, esses elementos participam diretamente da síntese da lignina (Figura 3).

A carência de boro causa paredes celulares mais finas e desestruturadas. Além disso, provoca um menor transporte de açúcares solúveis das folhas para o caule. Portanto, as plantas deficientes em boro apresentam tecidos com menor barreira mecânica favorecendo a penetração das hifas. Também ocorre alta concentração de açúcares nas folhas, que servem de nutrientes para os patógenos na fase de colonização dos tecidos.

Existe ainda uma estreita relação entre o boro e a atividade meristemática (Hewitt e Smith, 1975; Cohen e Lepper, 1977 e Malavolta, 1980). Na sua ausência, ocorre menor divisão celular devido a uma redução na atividade da AIA oxidase, facilmente notada nos pontos de crescimento. Deve-se ressaltar ainda, que nos mecanismos de defesa de plantas lenhosas, em resposta à infecção pelo patógeno, estão envolvidos processos de restauração dos tecidos

meristemáticos, como o felogênio e o câmbio vascular, sendo o primeiro responsável pela formação da periderme necrofílica ou cicatrização. As plantas carentes de boro apresentam achatamento do caule devido a morte do câmbio (Tokeshi et al., 1976), além de fissuras na casca, aumentando a predisposição à infecção por patógenos.

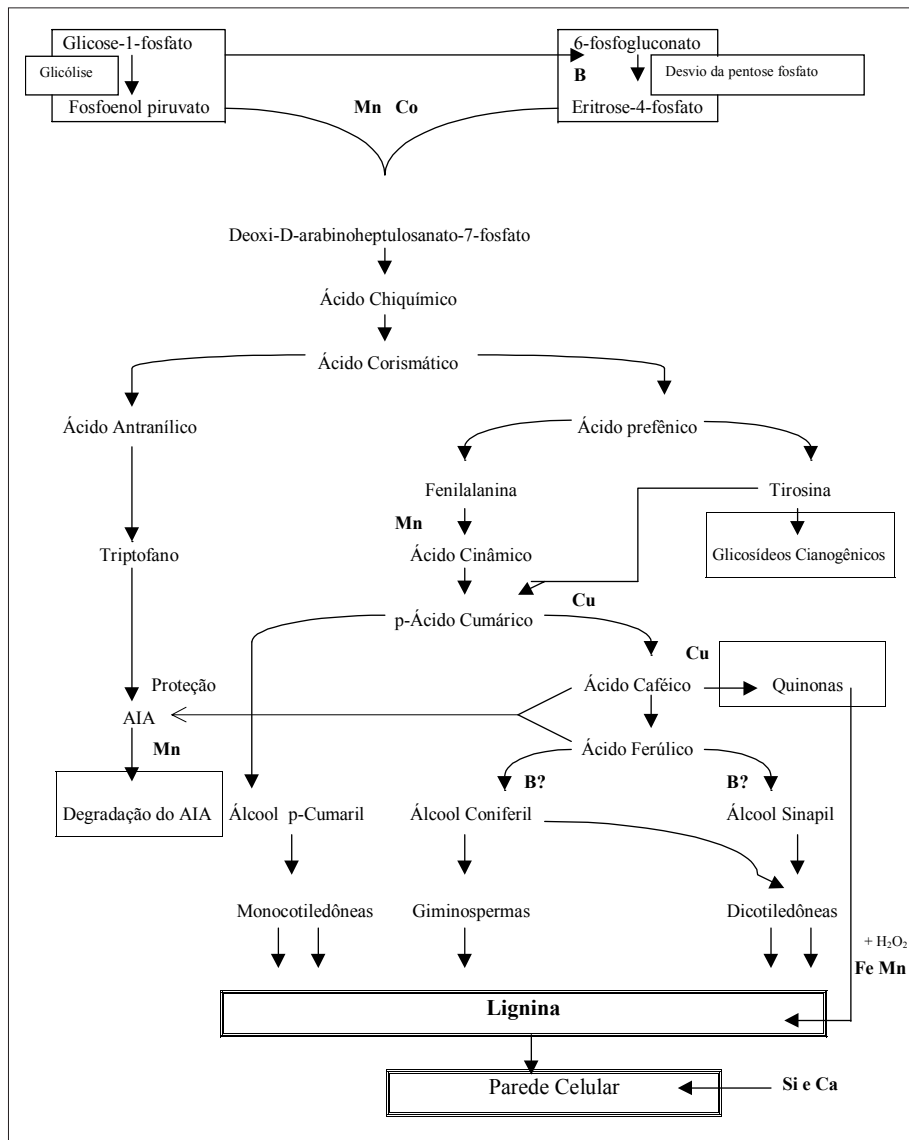


Figura 3

Caminhos para a síntese de lignina e fenóis a partir do ácido chiquímico (Fonte: Graham e Webb, 1991).

(Some pathways for the synthesis of lignin and phenols from the shikimic acid (Source: Graham and Webb, 1991))

Muniz et al. (1997) estudaram o efeito do boro sobre a severidade da ferrugem causada por *Puccinia psidii* em um clone considerado resistente e outro suscetível de eucalipto, e constataram que a deficiência múltipla de K e B aumentou a severidade da doença no clone considerado suscetível (Figura 4). Barrichelo et al. (2001) também observaram que o aumento das doses de boro diminuía as lesões da ferrugem (*Puccinia psidii*) em clones de *Eucalyptus*.

Outros trabalhos que mostram o efeito benéfico de boro sobre a ocorrência de doenças foram conduzidos por Silveira et al. (1996) e (1998a), os quais verificaram que a severidade dos fungos *Botryosphaeria ribis* e *Lasiodiplodia theobromae* em *Eucalyptus citriodora* foi aumentada em condições de deficiência de boro. As plantas de *E. citriodora* que foram mais suscetíveis a *Botryosphaeria ribis* apresentaram concentrações foliares de boro de 7,2 e 13,8 mg kg⁻¹ nas folhas novas e velhas, respectivamente. Essas concentrações são consideradas deficientes para

as espécies de *Eucalyptus*. Observou-se ainda que as plantas com concentrações na faixa de 29,4 a 201,2 mg kg⁻¹ nas folhas novas e de 31,9 a 240,3 mg kg⁻¹ nas folhas velhas não apresentaram diferenças quanto à agressividade do fungo (Figura 5).

A deficiência de Zn pode favorecer a incidência de fungos *Phytophthora*. Dell e Webb (1982), citados por Graham e Webb (1991), verificaram que *Eucalyptus marginata* e *Eucalyptus sieberi* carentes em zinco atraíam mais zoósporos de *Phytophthora* para as raízes do que plantas com teores adequados de zinco. Os autores observaram ainda que o aumento da população de zoósporos se deve ao fato de que plantas deficientes em Zn acumulam mais carboidratos e aminoácidos. O sucesso da infecção, neste caso, estaria ligado a uma maior quantidade de esporos na superfície das raízes deficientes.

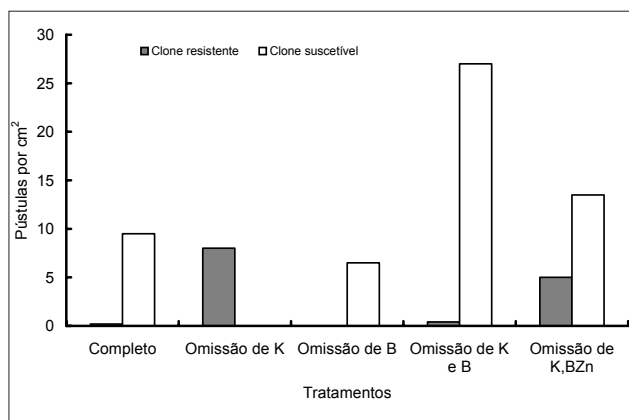


Figura 4

Relação entre a deficiência de K e B e a severidade de *Puccinia psidii* em clones de *Eucalyptus grandis* (Fonte: Muniz et al., 1997). (Relation between the deficiency of K and B and the severity of *Puccinia psidii* in clones of *Eucalyptus grandis* (Source: Muniz et al., 1997))

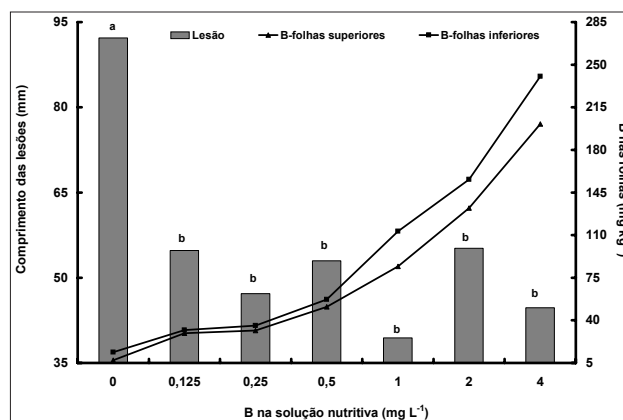


Figura 5.

Efeito do boro sobre a agressividade de *Botryosphaeria ribis* em *Eucalyptus citriodora* (Fonte: Silveira et al., 1998a) (Effect of the boron about the aggressivity of *Botryosphaeria ribis* in *Eucalyptus citriodora* (Source: Silveira et al., 1998a))

Apesar do silício não ser considerado um nutriente essencial para o crescimento das plantas, tem-se constatado efeito benéfico desse elemento no controle de doenças (Volk et al., 1958; Gangopadhyay e Chattopadhyay, 1975; Datnoff et al., 1991; Menzies et al., 1991; Chérif e Bélanger, 1992; Samuels et al., 1994; Bélanger et al., 1995; Korndörfer e Datnoff, 1995; Vitti et al., 1997; Lima Filho et al., 1998 e 1999; Epstein et al., 1999; Savant et al., 1999). O silício proporciona mudanças anatômicas nos tecidos como células epidérmicas mais grossas, deposição de sílica nas células da camada epidérmica, proporcionando resistência física à penetração dos patógenos. Além da função estrutural, o silício exerce a função de ativação mais rápida e extensiva dos mecanismos de defesa. Os locais de penetração dos fungos apresentam maior acúmulo de silício. Nesses pontos de infecção ocorrem aumentos da síntese de compostos fenólicos, que atuam como substâncias inibidoras ao desenvolvimento dos fungos.

O silício está presente em grandes quantidades nas plantas, principalmente nas gramíneas. As quantidades de silício em algumas culturas é superior as quantidades de nitrogênio, potássio e cálcio. No entanto, poucas são as informações referentes a esse elemento no eucalipto como: quantidade acumulada nas árvores e exportada pela colheita da madeira, efeitos sobre o crescimento, qualidade do produto e a ocorrência de doenças.

Deve-se considerar que o silício e o boro são os nutrientes que apresentam as maiores variações em relação à exigência dos materiais genéticos. Existem materiais que apresentam maior facilidade de transportar o boro e o silício das raízes para a parte aérea, sendo considerados assim mais eficientes.

Na Tabela 2 são apresentadas algumas relações entre o estado nutricional das plantas e a ocorrência de doenças em várias culturas.

Os reflexos da nutrição mineral sobre a ocorrência da ferrugem do eucalipto são mais evidentes em materiais de resistência moderada (Tabela 3). Nestes materiais, melhorias no estado nutricional da planta promovem aumento na resistência da planta ao patógeno. Nos materiais altamente suscetíveis a *Puccinia psidii*, os efeitos dos nutrientes passam a ser pequenos ou muitas vezes inexistentes (Muniz et al., 1997).

Tabela 2

Efeito dos nutrientes na ocorrência de doenças em diversas culturas.
(Effect of the nutrients in the occurrence of diseases in several tillages)

Nutrientes	Hospedeiro	Patógeno	Referência
↓ Ca	Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) Pepino (<i>Cucumis sativus</i>) <i>Ruscus hypoglossum</i> Diversos	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Botrytis cinerea</i> <i>Botrytis cinerea</i> <i>Rhizoctonia solani</i>	Corden (1965) Elad et al. (1993) Elad e Kirshner (1992) Király (1976) citado por Marschner (1995)
↓ Zn	<i>Eucalyptus marginata</i> e <i>Eucalyptus sieberi</i> Trigo (<i>Triticum aestivum</i>) Seringueira (<i>Hevea brasiliensis</i>)	<i>Phytophthora cinnamomi</i> <i>Rhizoctonia</i> sp. <i>Oidium</i> sp. <i>Phytophthora</i> sp.	Dell e Webb (1982) citado por Graham e Webb (1991) Thongbai et al. (1993) Bolle Jones e Hilton (1956) Malavolta et al. (1997)
↓ B	<i>Eucalyptus citriodora</i> Girassol (<i>Helianthus annuus</i>) Beterraba (<i>Beta vulgaris</i>) Trigo (<i>Triticum aestivum</i>) Couve-flor (<i>Brassica oleracea</i>)	<i>Botryosphaeria ribis</i> e <i>Lasiodiplodia theobromae</i> <i>Erysiphae cichoracearum</i> <i>Phoma betae</i> <i>Puccinia triticina</i> e <i>Puccinia glumarum</i> <i>Botrytis</i> sp. <i>Plamodiophora brassica</i>	Silveira et al. (1996) e Silveira et al. (1998a) Malavolta et al. (1997) Malavolta et al. (1997) Malavolta et al. (1997) Malavolta et al. (1997) Dixon et al. (1996)
↓ K	Soja (<i>Glycine max</i>) Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	<i>Phomopsis</i> spp <i>Cercospora kikuchii</i> <i>Helminthosporium sigmoideum</i>	Ito et al. (1994) Ito et al. (1993) Marschner (1995)
↓ Mn	Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. tritici	Rengel et al. (1993)
↑ N	Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	<i>Puccinia graminis</i> subsp. tritici	Király (1976) citado por Marschner (1995)
↓ N e ↓ P	<i>Eucalyptus grandis</i> <i>Eucalyptus pilularis</i> e <i>Eucalyptus maculata</i>	<i>Phaeoseptoria eucalypti</i> <i>Phytophthora cinnamomi</i>	Nichol et al. (1992) Halsall et al. (1983)
↓ B, Cu e Mn	Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	<i>Fusarium oxysporum</i>	Ahmed et al. (1987)
↑ N e ↓ K	Cana-de-açúcar (<i>Saccharum</i> spp.) <i>Pinus nigra</i>	<i>Puccinia melanocephala</i> <i>Sphaeropsis sapinea</i>	Peros (1990) Kam et al. (1991) e Huber (1980)
↓ K e ↓ B	Trigo (<i>Triticum aestivum</i>) e Cereais	<i>Puccinia graminis</i> <i>Puccinia recondita</i> <i>Puccinia striiformis</i>	Huber (1980)
↓ Si	Arroz (<i>Oryza sativa</i>) Diversos Videira (<i>Vitis vinifera</i>) Roseira (<i>Rosa</i> sp.) Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	<i>Helminthosporium oryzae</i> <i>Pyricularia oryzae</i> Vários fungos <i>Uncinula necator</i> <i>Sphaerotheca pannosa</i> e <i>Peronospora sparsa</i> <i>Pythium ultimum</i> <i>Pythium ultimum</i> <i>Sphaerotheca fuliginea</i> <i>Leptosphaeria sacchari</i>	Gangopadhyay e Chattopadhyay (1975) e Datnoff et al. (1991) Volk et al. (1958) Vitti et al. (1997), Lima Filho et al. (1998 e 1999) e Esptein (1999) Bowen et al. (1992) Voogt (1991) e Voogt e Elderen (1992) Bélangier et al., 1995). Menzies et al. (1991) e Chérif e Bélangier (1992) Samuels et al. (1994) e Bélangier et al., (1995) Raid et al. (1992)
↓ Cu ↑ P e ↑ NH ₄ ⁺	Cana de açúcar (<i>Saccharum</i> spp.)	<i>Fusarium oxysporum</i>	Duffy e Défago (1999)
↑ Cl	Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	<i>Puccinia recondita</i>	Engel et al. (1994)
↓ N	Trigo (<i>Triticum aestivum</i>) <i>Eucalyptus grandis</i>	<i>Puccinia psidii</i>	Silveira et al. (1998b)
↑ Mn ↓ K e ↓ B	<i>Eucalyptus grandis</i>	<i>Puccinia psidii</i>	Muniz et al. (1997)

Muniz et al. (1997) também observaram que o aumento do teor foliar de Mn em clone de *Eucalyptus* considerado suscetível proporcionava maior severidade da ferrugem (Figura 6). Estes resultados discordam da hipótese proposta por Graham e Webb (1991), sobre a qual, baixo nível de Mn na planta tende a favorecer a penetração dos patógenos, devido a uma menor síntese de compostos fenólicos e conseqüentemente lignina.

Tabela 3

Efeito da nutrição mineral sobre a ocorrência de *Puccinia psidii* em eucalipto com diferentes níveis de resistência.

(Effect of the mineral nutrition about the occurrence of *Puccinia psidii* in eucalyptus with different levels of resistance)

Resistência dos materiais genéticos	Efeito da nutrição mineral	Nutrientes associados ao aumento da resistência
Altamente suscetível	Pequeno ou Nulo	Si (?)
Moderadamente suscetível	Médio a Alto	K, B, Cu, Mn e Si (?)
Resistente	Nulo	-

Fonte: Muniz et al. (1997)

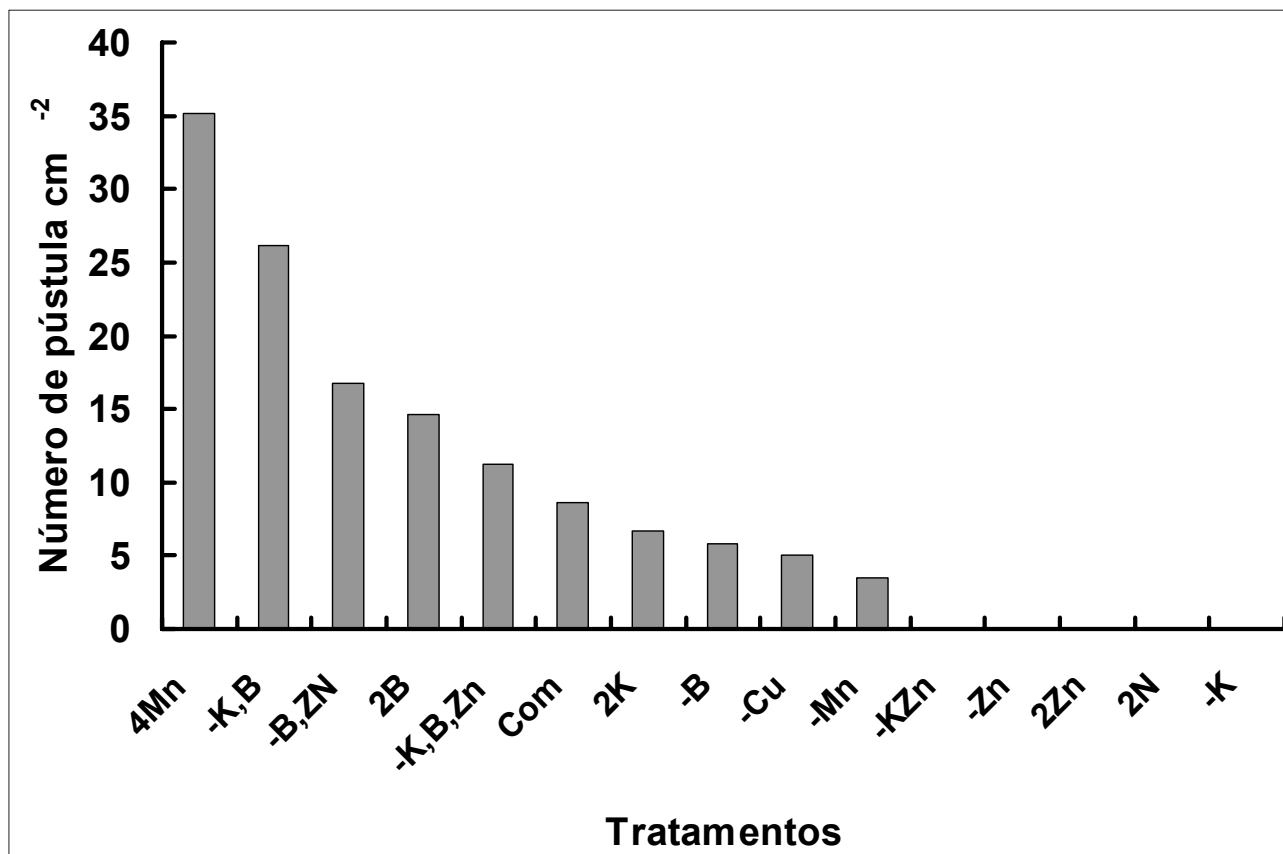


Figura 6

Efeito de tratamentos nutricionais sobre a severidade de *Puccinia psidii* em clone suscetível de *Eucalyptus grandis* (Fonte: Muniz et al., 1997).

(Effect of nutritional treatments about the severity of *Puccinia psidii* in susceptible clone of *Eucalyptus grandis* (Source: Muniz et al., 1997))

Estudando o efeito de doses de N (0, 40 e 80 kg ha⁻¹) x K₂O (0,40 e 80 kg ha⁻¹) sobre o crescimento e a ocorrência de ferrugem em *Eucalyptus grandis* no Vale do Paraíba, Silveira et al. (1998b) observaram efeito somente das doses de N sobre a incidência e a severidade da ferrugem. Nas doses de 40 e 80 kg de N ha⁻¹ ocorreram menores incidências e agressividades do fungo em relação à testemunha (Figura 7 A-C). Provavelmente, os efeitos positivos do N foram indiretos, uma vez que a aplicação de N proporcionou maior velocidade de lançamento das novas brotações, dificultando assim o estabelecimento e sucesso da infecção de *P. psidii*. Em relação à aplicação de potássio não houve qualquer efeito sobre a ocorrência da doença e o crescimento das plantas.

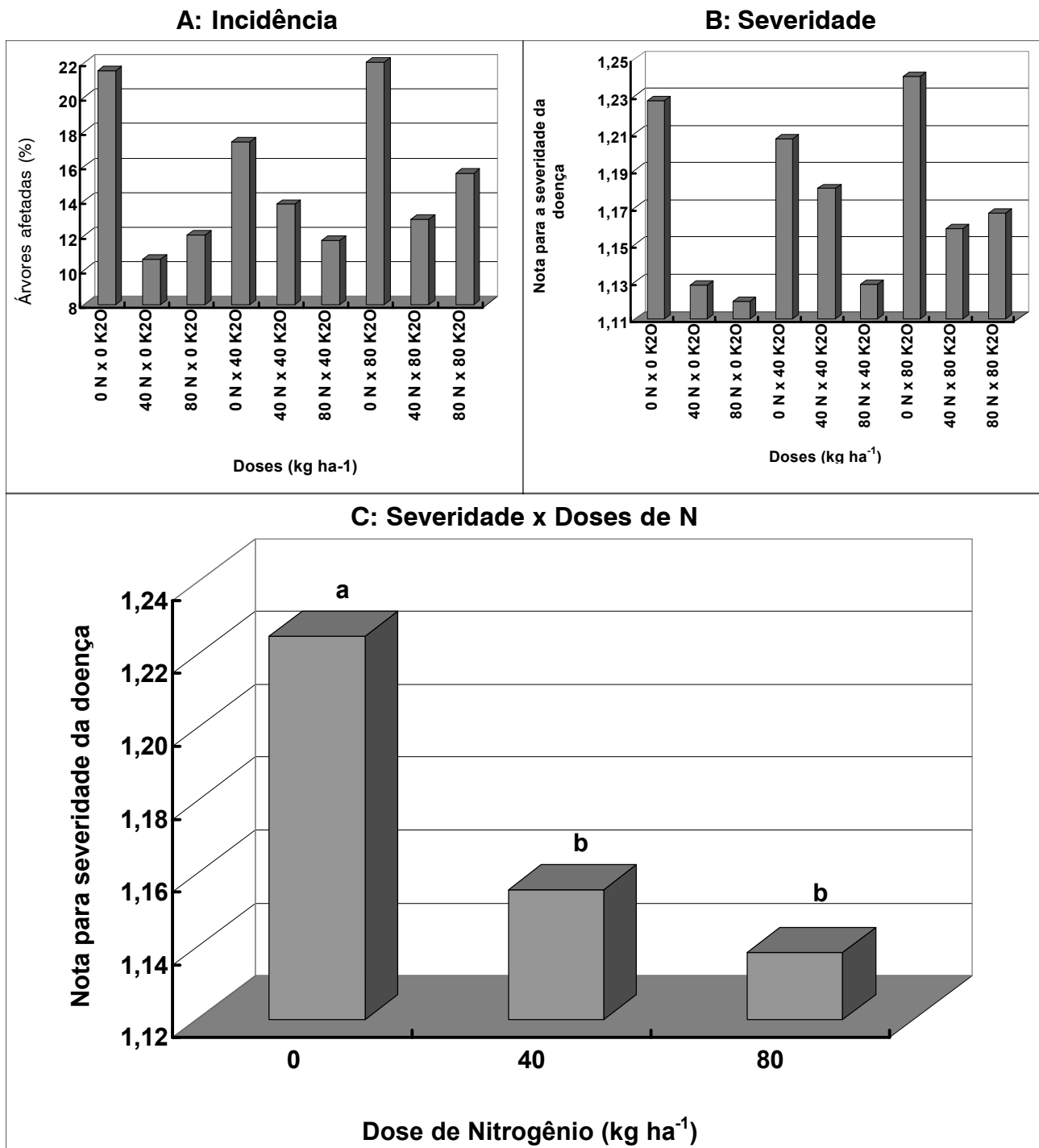


Figura 7

Efeitos da aplicação de nitrogênio e potássio sobre a ocorrência de *Puccinia psidii*. A: Porcentagem de árvores atacadas; B: Severidade ; C: Severidade em função das doses de nitrogênio (Fonte: Silveira et al., 1998).

(Effects of the application of nitrogen and potassium about the occurrence of *Puccinia psidii*. A: Percentage of attacked trees; B: Severity; C: Severity in function of the doses of nitrogen (Source: Silveira et al., 1998))

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais considerações em relação ao efeito do estado nutricional sobre a ocorrência de doenças em eucalipto seriam:

- ✓ As deficiências e desequilíbrios nutricionais provocam mudanças nas estruturas anatômicas e nas reações bioquímicas tornando as plantas mais suscetíveis ao ataque de fungos;
- ✓ Embora não existam estudos com eucalipto, o silício é um elemento que aumenta a resistência das plantas às doenças;
- ✓ Existem evidências que a deficiência de boro e a toxicidade de manganês podem aumentar a severidade da ferrugem (*Puccinia psidii*);
- ✓ A deficiência de nitrogênio e fósforo em mudas rustificadas pode favorecer a infecção por *Phaeoseptoria eucalypti*;
- ✓ A agressividade de *Rhizoctonia solani* pode ser favorecida pelo baixo nível de cálcio em mudas de eucalipto;
- ✓ A deficiência de Zn pode favorecer a incidência de *Phytophthora*;
- ✓ A deficiência de boro em *Eucalyptus citriodora* aumenta a agressividade de *Botryosphaeria ribis* e *Lasiodiplodia theobromae*;
- ✓ O excesso de nitrogênio nas condições de viveiro e minijardim clonal pode aumentar a severidade de doenças como ferrugem (*Puccinia psidii*), mofo cinzento (*Botrytis cinerea*) e oídio (*Oidium* spp.).

Pesquisas envolvendo nutrição mineral e a severidade de doenças em eucalipto devem ser realizadas para verificar, principalmente, os efeitos do boro, cobre, manganês e silício sobre a ocorrência de doenças nesta espécie.

AUTORES

RONALDO LUIZ VAZ DE ARRUDA SILVEIRA é Pesquisador da RR Agroflorestal S/C Ltda. - Rua Alfredo Guedes, 1949 - sala 802 - Piracicaba, SP - 13416-901 - E-mail: ronaldo@rragroflorestal.com.br

EDSON NAMITA HIGASHI é Pesquisador da RR Agroflorestal S/C Ltda. - Rua Alfredo Guedes, 1949 - sala 802 - Piracicaba, SP - 13416-901 - E-mail: edson@rragroflorestal.com.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, B.Y.; SARHAN, A.R.T.; SHARIF, F.M. Effect of micronutrients on *Fusarium* wilt of tomato. **Journal of agriculture and water resources research plant production**, v.6, n.1, p.13-28, 1987.
- ALFENAS, A.C.; ZAUZA, E.A.V.; ROSA, O.P.P.; ASSIS, T.F. *Sporothrix eucalypti*, um novo patógeno do eucalipto no Brasil. **Fitopatologia brasileira**, v.26, n.2, p.221, 2001.
- BARRICHELO, P.; SILVEIRA, R.L.V.A.; FURTADO, E.L. Efeitos do boro, manganês e silício na ocorrência de ferrugem (*Puccinia psidii*) em eucalipto. **Fitopatologia brasileira**, v.26, suplemento, p.440, 2001.
- BÉLANGER, R.R.; BOWEN, P.A.; EHRET, D.L.; MENZIES, J.G. Soluble silicon: its role in crop and disease management of greenhouse crops. **Plant disease**, v.79, n. 4, p.329-35, 1995.
- BOLLE-JONES, E.W.; HILTON, R.N. Zinc-deficiency of *Hevea brasiliensis* as a predisposing factor to *Oidium* infection. **Nature**, v.177, p.619-620, 1956.
- BOWEN, P.; MENZIES, J.G.; EHRET, D.L.; SAMUELS, L.; GLASS, A.D.M. Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. **Journal of American society for horticultural science**, v.117, p.906-912, 1992.
- CHÉRIF, M.; BÉLANGER, R.R. Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Phythium ultimum* on long *English cucumber*. **Plant disease**, v.76, p.1008-1011, 1992.
- COHEN, M.S.; LEPPER Jr., R. Effect of boron on cell elongation and division in squash roots. **Plant physiology**, v.59, n.5, p.884-887, 1977.
- CORDEN, M.E. Influence of calcium nutrition on *Fusarium* wilt of tomato and polygalacturonase activity. **Phytopathology**, v.55, p.222-224, 1965.

- DATNOFF, L.E.; RAID, R.N.; SNYDER, G.H.; JONES, D.B. Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yields of rice. **Plant diseases**, v.75, p.729-732, 1991.
- DIXON, G.R.; DIAS, J.S.; CRUTE, I.; MONTEIRO, A.A. Repression of the morphogenesis of *Plasmodiophora brassicae* Wor. by boron: a review. **Acta Horticulturae**, n.407, p.393-401, 1996.
- DUFFY, B.K.; DÉFAGO, G. Macro and microelement fertilizers influence the severity of *Fusarium* crown and root rot of tomato in soilless production system. **Hortscience**, v.34, n.2, p.287-291, 1999.
- ELAD, Y.; KIRSHNER, B. Calcium reduces *Botrytis cinerea* damage to plants of *Ruscus hypoglossum*. **Phytoparasitica**, v.20, n.4, p.285-291, 1992.
- ELAD, Y.; YUNIS, H.; VOLPIN, H. Effect of nutrition on susceptibility of cucumber, eggplant and pepper crops to *Botrytis cinerea*. **Canadian journal of botany**, v.71, n.4, p.602-608, 1993.
- ELLET, C.W. Soil fertility and disease development. **Better crops with plant food**, v.57, p.6-8, 1973.
- ENGEL, R.E.; ECKHOFF J.; BERG, R.K. Grain-yield, kernel weight, and disease response of winter wheat cultivars to chlroride fertilization. **Agronomy journal**, v.86, n.5, p.891-896, 1994.
- EPSTEIN, E. Silicon. **Annual review of plant physiology and plant molecular biology**, v.50, p.641-664, 1999.
- GANGOPADHYAY, S.; CHATTOPADHYAY, S.B. Total de silica and brown spot disease development of rice under varying levels of nitrogen. **Current science**, v.44, n.3, p.92-94, 1975.
- GRAHAM, R.D.; WEBB, M.J. Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M., ed. **Micronutrients in agriculture**. 2.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p.329-370
- HALSALL, D.M.; FORRESTER, R.I.; MOSS, T.E. Effects of nitrogen, phosphorus and calcium nutrition on growth of eucalypt seedlings and on the expression of disease associated with *Phytophthora cinnamomi* infection. **Australian journal of botany**, v.31, n.4, p.341-355, 1983.
- HEWITT, E.J.; SMITH, T.A. **Plant mineral nutrition**. London: The English Universities, 1975. 298p.
- HUBER, D.M. The role of mineral nutrition in defense. In: HORSFALL, J.G.; COWLING, E.B., ed. **Plant disease an advanced treatise**. New York: Academic Press, 1980. v.5, p.381-406
- HUBER, D.M.; ARNY, D.C. Interactions of potassium with plant disease. In: MUNSON, R.D., ed. **Potassium in agriculture**. Madison: ASA / CSSA / SSA, 1985. p.467-488
- ITO, M.F.; MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, M.A.S.; DUDIENAS, C.; TANAKA, R.T.; GALLO, P.B.; MIRANDA, M.A.C. Efeito residual da adubação potássica e da calagem sobre a incidência de *Phomopsis* spp. em sementes de soja. **Fitopatologia brasileira**, v.19, n.1, p.44-49, 1994.
- ITO, M.F.; TANAKA, M.A.S.; MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; DUDIENAS, C.; GALLO, P.B. Efeito residual da calagem e da adubação potássica sobre a queima foliar (*Cercospora kikuchii*) da soja. **Summa phytopathologica**, v.19, n.1, p.21-23, 1993.
- KAM, M.; VERSTEEGEN; C.M.; VAN DEN BURG, J.; VAN DER WERF, D.C. Effects of fertilization with ammonium sulphate and potassium sulphate on the development of *Sphaeropsis sapinea* in Corsican pine. **Netherlands journal of plant pathology**, v.97, n.5, p.265-274, 1991.
- KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações agrônômicas**, n.70, p.1-3, 1995.
- LIMA FILHO, O.F.; LIMA, M.T.G.; TSAI, S.M. Silício pode aumentar a resistência de plantas a doenças. **Boletim informativo do Grupo de Estudos "Luiz de Queiroz"**, n.2, p.10-11, 1998.
- LIMA FILHO, O.C.; LIMA, M.T.G.; TSAI, S.M. Supressão de patógenos em solos induzida por agentes abióticos: o caso do silício. **Informações agrônômicas**, n.87, p.8-12, 1999. (Encarte técnico).
- MALAVOLTA, E. Elementos minerais. In: MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980. p.104-219
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 888p.

- MENZIES, J.G.; EHRET, D.L.; GLASS, A.D.M.; HELMER, T.; KOCH, C.; SEYWERD, F. Effects of silicon soluble on the parasitic fitness of *Sphaerotheca fuliginea* on *Cucumis sativus*. **Phytopathology**, v.81, p.84-88, 1991.
- MUNIZ, M.R.A.; KRUGNER, T.L.; SILVEIRA, R.L.V.A. **Influência do estado nutricional do hospedeiro sobre a severidade da ferrugem do eucalipto causada por *Puccinia psidii*: relatório de pesquisa**. Piracicaba, 1997. 18p.
- NICHOL, N.S.; WINGFIELD, M.J.; SWART, W.J. The effect of site preparation and fertilization on the severity of *Phaeoseptoria eucalypti* on *Eucalyptus* species. **European of forest pathology**, v.22, n.6-7, p.424-431, 1992.
- PEROS, J.P. Relationships between the mineral contents of sugarcane leaf laminae and *Puccinia melanocephala* infection: 1- pot trials. **Agronomie tropicale**, v.45, n.3, p.205-212, 1990.
- PERRENOUD, S. **Potassium and plant health**. 2.ed. Berne: International Potash Institute, 1990. 363p.
- RAID, R.N.; ANDERSON, D.L.; UELOA, M.F. Influence of cultivar and amendment of soil with calcium silicate slag on foliar disease development and yield of sugarcane. **Crop protection**, v.11, n.1, p.84-88, 1992.
- RENGEL, Z.; GRAHAM, R.D.; PEDLER, J.F. Manganese nutrition and accumulation of phenolics and lignin as related to differential resistance of wheat genotypes to the take all fungus. **Plant and soil**, v.151, n.2, p.255-263, 1993.
- SAMUELS, A.L.; GLASS, A.D.M.; MENZIES, J.G.; EHRET, D.L. Silicon in cell walls and papillae of *Cucumis sativus* during infection by *Sphaerotheca fuliginea*. **Physiological and molecular plant pathology**, v.44, p.237-42, 1994.
- SAVANT, N.K.; KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H. Silicon nutrition and sugarcane production: a review. **Journal of plant nutrition**, v.22, n.12, p.1853-1903, 1999.
- SGARBI, F.; SILVEIRA, L.V.A.; BRITO, J.O. Características químicas e físicas e dimensões das fibras da madeira juvenil do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, cultivado na omissão de macronutrientes e boro em solução nutritiva. **Revista árvore**, v.24, n.3, p.323-31, 2000.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; CAMARGO, F.R.A.; SILVA, C.R. **Influência do cultivo mínimo e da fertilização sobre a ocorrência de ferrugem em plantios de *Eucalyptus grandis* na VCP: relatório técnico**. Piracicaba, 1997. 14p. (não publicado).
- SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N.; KRUGNER, T.L. Estado nutricional de *Eucalyptus citriodora* Hook cultivado sob diferentes doses de boro e sua relação com a agressividade de *Botryosphaeria ribis*. **Scientia forestalis**, n.53, p.57-70, 1998a.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; BOUCHARDET, J.A.; BONINE, C.A.V.; VALE, C.F. **Efeito da aplicação de nitrogênio na concentração de nutrientes, na ocorrência de doenças, na produção e enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus*: relatório de pesquisa da Votorantim Celulose e Papel**. Piracicaba, 2000. 20p, (não publicado).
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; CAMARGO, F.R.A.; SILVA, C.R. **Resultados preliminares do Projeto Influência do Estado Nutricional do *Eucalyptus* na Predisposição à Ocorrência da Ferrugem (*Puccinia psidii*): relatório técnico**. Piracicaba, 1998b. 44p. (não publicado).
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; GONÇALVES, A.N.; MOREIRA, A. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: diagnose visual, foliar e suas interpretações. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V., ed. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.79-104.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; RAGOZZINI, P.E.A. **Influência dos níveis de cálcio na ocorrência de *Rhizoctonia solani* em mudas de eucalipto: relatório de pesquisa da Siderúrgica Barra Mansa**. Piracicaba, 1998c. 17p, (não publicado).
- SILVEIRA, R.L.V.A.; KRUGNER, T.L.; SILVEIRA, R.I.; GONÇALVES, A.N. Efeito do boro na suscetibilidade de *Eucalyptus citriodora* a *Botryosphaeria ribis* e *Lasioidiplodia theobromae*. **Fitopatologia brasileira**, v.21, n.4, p.482-485, 1996.
- THONGBAI, P.; GRAHAM, R.D.; NEATE, S.M.; WEBB, M.J. Interaction between zinc nutritional-status of cereals and *Rhizoctonia* root rot severity: 2- effect of Zn on disease severity of wheat under controlled conditions. **Plant and soil**, v.153, n.2, p.215-222, 1993.
- TOKESHI, H.; GUIMARÃES, R.F.; TOMAZELLO FILHO, M. Deficiência de boro em *Eucalyptus* em São Paulo. **Summa phytopathologica**, v.2, n.2, p.122-126, 1976.
- VITTI, G.C.; OLIVEIRA, F.A.; PRATA, F.; OLIVEIRA Jr., J.A.; FERRAGINE, M.C. SILVEIRA, R.L.V.A. **Silício no solo e na planta**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1997. 90p.

- VOLK, R.J.; KAHN, R.P.; WINTRAUB, R.L. Silicon content of the rice plant as a factor influencing its resistance to infection by the blast fungus, *Piricularia oryzae*. **Phytopathology**, v.48, n.4, p.179-84, 1958.
- VOOGT, W. The effects of Si application on roses in rockwool. **Annual report of the Glasshouse Crops Research Station**, p.17-18, 1992.
- VOOGT, W.; VAN ELDEREN, C.W. Mildew control in roses? Silicon in plant nutrition. **Vakblad voor de Bloemisterij**, v.46, n.8, p.52-53, 1991.
- YAMADA, T. A nutrição mineral e a resistência das plantas às doenças. **Informações agronômicas**, n.72, p.1-3, 1995.

Circular Técnica IPEF (ISSN 0100-3453) é publicada sem periodicidade regular pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) em convênio com o Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo. *Circular Técnica IPEF* divulga conhecimentos técnicos e científicos referentes ao setor florestal. Os objetivos principais são transferência de tecnologia, disseminação de métodos, técnicas e informações importantes para o desenvolvimento das atividades florestais e para a atualização dos profissionais que atuam no setor.

Os manuscritos devem ser submetidos à Comissão Editorial em três cópias. Inicialmente, somente manuscritos impressos são necessários. Após a aceitação do trabalho, será solicitado o manuscrito em formato digital. Para maiores informações contate:

Circular Técnica IPEF
IPEF - ESALQ/USP
Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 530
13400-970, Piracicaba, SP - Brasil
fone: 55-19-3436-8618
fax: 55-19-3436-8666
E-mail: mmpoggia@esalq.usp.br
<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica>

O conteúdo e as opiniões apresentadas nos trabalhos publicados não são de responsabilidade de *Circular Técnica IPEF* e não representam necessariamente as opiniões do IPEF ou do Departamento de Ciências Florestais, ESALQ/USP.

Circular Técnica IPEF (ISSN 0100-3453) teve início em 1979.

Comissão Editorial / Editorial Board

Editora Executiva / Executive Editor

Marialice Metzker Poggiani

Francides Gomes da Silva Júnior e
Geraldo Bortoletto Júnior – ESALQ/USP
Tecnologia de Produtos Florestais/
Forest Products Technology

Editores Científicos / Scientific Editors

Antonio Natal Gonçalves – ESALQ/USP
Biotecnologia e Melhoramento Florestal/
Biotechnology and Tree Improvement

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP)

Adolpho José Melfi - Reitor

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ” (ESALQ/USP)

José Roberto Postali Parra - Diretor
Raul Machado Neto - Vice-Diretor

Fábio Poggiani – ESALQ/USP
Ecologia florestal e Gerenciamento Ambiental/
Forest Ecology and Environmental Management

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS (IPEF)

Antônio Joaquim de Oliveira - Presidente
José Maria de Arruda Mendes Filho - Vice-Presidente
José Otávio Brito (ESALQ/USP) - Diretor Executivo

Fernando Seixas e
José Luiz Stape – ESALQ/USP
Silvicultura e Manejo Florestal/
Silviculture and Forest Management

Sócios do IPEF

Sócios Titulares

Aracruz Celulose S.A.	- Espírito Santo e Bahia
Bahia Sul Celulose S/A	- Bahia
CAF Santa Bárbara Ltda	- Minas Gerais e Bahia
Cenibra - Celulose Nipo Brasileira S.A.	- Minas Gerais
Cia Suzano de Papel e Celulose S/A	- São Paulo e Maranhão
Desarrollo Forestal S.A. de C.V.	- México
Duratex S/A	- São Paulo, Rio Grande do Sul e Bahia
Eucatex S/A Indústria e Comércio	- São Paulo
Inpapel Agroflorestal Ltda.	- Paraná
Indústrias Klabin de Papel e Celulose	- Paraná, Bahia, Santa Catarina, Rio Grande do Sul
International Paper do Brasil	- São Paulo, Mato Grosso do Sul e Amapá
Jari Celulose S/A	- Pará
Lwarcel Celulose e Papel Ltda.	- São Paulo
Ripasa S.A. Celulose e Papel	- São Paulo
Votorantim Celulose e Papel S.A.	- São Paulo e Minas Gerais

Editoração e Diagramação

Luiz Erivelto de Oliveira Júnior - IPEF



INSTITUTO DE PESQUISAS
E ESTUDOS FLORESTAIS