

ANA CATARINA MONTEIRO CARVALHO MORI DA CUNHA

**RELAÇÕES DO ESTADO NUTRICIONAL DE MINICEPAS E
CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS COM O NÚMERO E O
ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C972r
2006

Cunha, Ana Catarina Monteiro Carvalho Mori da, 1982-
Relações do estado nutricional de minicepas e condições
meteorológicas com o número e o enraizamento de
miniastacas de eucalipto / Ana Catarina Monteiro
Carvalho Mori da Cunha. – Viçosa : UFV, 2006.
xi, 99f. : il. ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Eucalipto - Nutrição. 2. Eucalipto - Propagação por
miniastaquia. 3. Eucalipto - Enraizamento - Aspectos
climáticos. 4. Plantas florestais - Propagação. 5. Clonagem.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

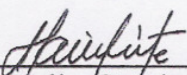
CDD 22.ed. 634.92323281

ANA CATARINA MONTEIRO CARVALHO MORI DA CUNHA

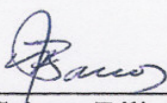
**RELAÇÕES DO ESTADO NUTRICIONAL DE MINICEPAS E
CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS COM O NÚMERO E O
ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

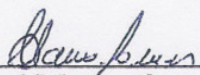
APROVADA: 04 de outubro de 2006.



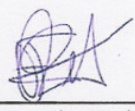
Prof. Helio Garcia Leite
(Co-orientador)



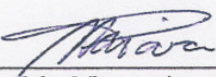
Prof. Najram Félix de Barros
(Co-orientador)



Prof. José Mauro Gomes



Pesq. Fernando Palha Leite



Prof. Haroldo Nogueira de Paiva
(Orientador)

“Há pessoas que vêem o sol como uma simples mancha amarela...
... mas há também aqueles que fazem de uma simples mancha amarela, um sol”

(Pablo Picasso)

Aos meus pais, Maria Luiza e Paulo Afonso,
fontes inesgotáveis de amor, compreensão e incentivo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Maria Luiza e Paulo Afonso, pelo estímulo, amor e pela vida. Meus amores e eterna fonte de inspiração.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do Curso.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal da UFV, em especial à secretária Rita, ao Frederico e ao Chiquinho.

À CAPES – Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de estudo.

À CENIBRA, em especial ao Dr. Fernando Palha Leite, pela concessão do banco de dados usado na minha dissertação e pelo apoio logístico.

Ao meu orientador Haroldo Nogueira de Paiva, por todo apoio, orientação, ensinamentos, críticas, amizade e pela agradável convivência.

Ao Prof. Helio Garcia Leite, pela paciência, ensinamentos, críticas, sugestões e colaboração.

Aos membros da banca examinadora, pelas críticas e sugestões.

Ao Ricardo Brainer, pelo amor, paciência, dedicação e por tudo que aprendemos juntos. Sempre ao meu lado me apoiando nos momentos mais difíceis.

À minha “filha” Nina, companheira de todas as horas, amiga mais fiel e dedicada.

Ao meu irmão João Paulo, pelo amor, recadinhos no celular (me emocionando sempre) e pelo carinho com que me trata mesmo de tão longe.

À minha irmã Marina Gabriela (Bia), médica preferida da Nina, pelos bons momentos que passamos juntas.

Aos amigos Lia, Andressa, Bruna, Cris, Ludmila, Fernanda (maninha), Marcelo, Dionatan e Bianca (priminha querida) que mesmo de longe não deixaram de estar presentes na minha vida.

Aos meus “pais” em Viçosa, Daison e Maria Olsany Silva, pelo carinho, atenção, dedicação e pela calorosa e carinhosa acolhida.

Aos colegas do DEF, em especial ao Cezar, pelo companheirismo, amizade, dias de estudo na biblioteca e agradável convivência no decorrer do curso.

Às amigas da República Tia Vilma e “agregados”, em especial à Odete, pelos almoços alegres e pela convivência harmoniosa. E à minha vizinha/amiga Lú, pelas longas conversas e amizade.

À todos que, direta ou indiretamente, tenham contribuído para a realização deste trabalho.

À Deus por guiar meus caminhos.

BIOGRAFIA

ANA CATARINA MONTEIRO CARVALHO MORI DA CUNHA, filha de Maria Luiza Monteiro Carvalho Mori da Cunha e Paulo Afonso Mori da Cunha, nasceu em 6 de março de 1982, na cidade do Rio de Janeiro, Estado do Rio de Janeiro.

Em 1996, concluiu o 1^o grau na Escola Educação Sociabilização e Cultura, no Rio de Janeiro – RJ.

Em 1999, concluiu o 2^o grau no Colégio Militar de Manaus (CMM), em Manaus – AM.

Em 2004, diplomou-se Engenheira Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria – RS.

Em março de 2005, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal – Área de Concentração em Silvicultura –, na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em outubro de 2006.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1.INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Alguns fatores que interferem no enraizamento adventício...	4
2.1.1. Nutrição Mineral.....	4
2.1.1.1. Nitrogênio.....	5
2.1.1.2. Fósforo.....	6
2.1.1.3. Potássio.....	8
2.1.1.4. Cálcio.....	8
2.1.1.5. Magnésio.....	9
2.1.1.6. Ferro.....	9
2.1.1.7. Zinco.....	10
2.1.1.8. Cobre.....	11
2.1.1.9. Manganês.....	11
2.1.1.10. Boro.....	12
2.1.2. Variações nas condições climáticas.....	14
2.1.2.1. Luminosidade.....	14
2.1.2.2. Temperatura.....	16
2.1.2.3. Umidade relativa do ar.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
CAPÍTULO 1 - RELAÇÕES DO ESTADO NUTRICIONAL DE MINICEPAS COM O NÚMERO E O ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE EUCALIPTO.....	29
RESUMO.....	29
INTRODUÇÃO.....	30
MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
Coleta das brotações.....	34
Enraizamento.....	35
Monitoramento nutricional.....	36
Análise dos dados.....	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
Enraizamento.....	41

Número de miniestacas por minicepa.....	59
CONCLUSÕES.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXOS.....	70
CAPÍTULO 2 - RELAÇÕES ENTRE CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS COM O NÚMERO E O ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE EUCALIPTO.....	74
RESUMO.....	74
INTRODUÇÃO.....	75
MATERIAIS E MÉTODOS.....	77
Coleta das brotações.....	80
Enraizamento.....	81
Monitoramento climático.....	82
Análise dos dados.....	82
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	83
Enraizamento.....	84
Número de miniestacas por minicepa.....	87
CONCLUSÕES.....	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
ANEXOS.....	94
RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES.....	98

RESUMO

CUNHA, Ana Catarina Monteiro Carvalho Mori da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2006. **Relações do estado nutricional de minicepas e condições meteorológicas com o número e o enraizamento de miniestacas de eucalipto.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-orientadores: Helio Garcia Leite e Nairam Félix de Barros.

O enraizamento adventício de estacas é influenciado por fatores intrínsecos e extrínsecos do material vegetal. O conhecimento sobre o modo de ação desses fatores sobre o enraizamento é fundamental para o sucesso da produção de mudas por miniestaquia. O objetivo deste trabalho foi avaliar o grau de associação linear entre o estado nutricional das minicepas e as condições meteorológicas com o número e o enraizamento de miniestacas de eucalipto, cultivados em dois tipos de minijardim (leito de areia e tubetes com subirrigação). Foram utilizados dados da CENIBRA, dentre os quais foram analisados os de enraizamento de miniestacas, de número de miniestacas por minicepa, dos valores de análises químicas dos tecidos foliares e dos dados de monitoramento climático. O número de miniestacas produzidas por minicepa e sua taxa de enraizamento foram correlacionados com o estado nutricional das brotações e os dados climáticos. Os resultados indicaram que a nutrição mineral desempenha papel importante no enraizamento adventício e no número de miniestacas produzidos pelas minicepas, gerando respostas diferenciadas de

acordo com cada nutriente mineral considerado e tipo de minijardim clonal. A temperatura influencia de diferentes maneiras o enraizamento de miniestacas, sendo seu efeito variável, de acordo com o clone e tipo de minijardim clonal. Para o minijardim clonal em leito de areia, a diminuição da temperatura favorece o enraizamento; já para o minijardim clonal em tubetes com subirrigação, o enraizamento é favorecido pelo aumento da temperatura. Em relação ao número de miniestacas, o aumento da temperatura favorece a produção de miniestacas, independente do tipo de minijardim. A luz influenciou positivamente e a umidade relativa do ar negativamente o enraizamento e o número de miniestacas, também independente do tipo de minijardim. Os dados desse estudo indicam que a solução nutritiva deve ser específica para cada clone, nos diferentes minijardins. Aumento na intensidade luminosa e diminuição da umidade relativa do ar favorecem tanto o enraizamento de miniestacas quanto o número de miniestacas produzidos pelas minicepas.

ABSTRACT

CUNHA, Ana Catarina Monteiro Carvalho Mori da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October of 2006. **Relations of the ministumps nutritional state and meteorological conditions with the number and the rooting of minicuttings of *Eucalyptu*.** Adviser: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-Advisers: Helio Garcia Leite e Nairam Félix de Barros

The adventitious rooting of cuttings is influenced by intrinsic and extrinsic factors of the vegetal material. The knowledge on the way of action of these factors in the rooting is fundamental for the success of production of seedlings from minicutting technique. The aim of this work was to evaluate the degree of linear association between the nutritional state of ministumps and the meteorological conditions with the number and the rooting of minicuttings of *Eucalyptus*, cultivated in two types of minigarden (sand stream bed and tubes with subirrigation). Data from CENIBRA was used, in which were analyzed the rooting of minicuttings, the number of minicuttings per ministumps, the values of chemical analyses of foliate tissues and the data of climatic meteorological. The number of minicuttings produced for ministumps and its rooting rate were correlated with the nutritional state of the shoots and the climatic data. The results indicated that the mineral nutrition has na important role in the adventitious rooting and in the number of minicuttings produced from ministumps, causing different responses according with each mineral nutrient considered and the type of clonal minigarden. The temperature influences the rooting of minicutings in different ways, varying the effect according wiht the clone and the type of clonal minigarden. For the clonal minigarden in sand stream bed, the temperature's reduction biased toward the rooting; in the other

hand, the clonal minigarden in tubes with subirrigation, the rooting is biased toward the increase of the temperature. As for the number of minicuttings, the increase of the temperature biased toward the production of minicuttings, regardless the type of minigarden. The light influenced the rooting and the number number of minicuttings positively, and the relative humidity of the air, negatively, regardless the type of minigarden, too. The data of this study points out that the nutritional solution should be specific for each clone, in the different minigardens. The increase of the luminous intensity and the reduction of the relative humidity of the air biases toward the rooting of the minicuttings and the number of minicuttings produced by the ministumps as well.

1. INTRODUÇÃO

A demanda por produtos de origem florestal, nos diversos níveis tecnológicos, tem se intensificado nas últimas décadas. Tal fato implica em uma necessidade crescente de tecnologia nos plantios florestais de rápido crescimento, desde a seleção de matrizes de altíssima produtividade até métodos eficientes de produção de mudas (Rosa, 2006).

Devido às características de rápido crescimento, de produtividade, de ampla diversidade de espécies, de grande capacidade de adaptação e por ter aplicações para diferentes finalidades, o eucalipto tem sido intensivamente plantado no Brasil desde a década de 60 (Mora & Garcia, 2000; Barros *et al.*, 2000). Segundo dados de Mora & Garcia (2000), o Brasil possui uma área correspondente a mais de 3 milhões de hectares de plantios florestais com eucalipto.

Não existe atividade do setor florestal mundial que esteja se expandindo mais que o uso industrial de madeira de eucaliptos. A maioria das plantações está sendo estabelecida para fornecer polpa para papel (Turnbull, 1999). O Brasil é o maior produtor mundial de polpa de eucalipto, sendo a eucaliptocultura intensiva e baseada principalmente em florestas clonais, formadas com materiais elite e de elevada produtividade média (Mora & Garcia, 2000). As indústrias brasileiras que usam o eucalipto como matéria-prima para a produção de celulose e papel, além dos demais derivados, contribuem com 4% do PIB e 8% das exportações (Ministério da Ciência e Tecnologia – Projeto Genolytpus, 2004).

A importância do *Eucalyptus* no cenário atual da silvicultura clonal brasileira tem estimulado consideráveis investimentos em pesquisa, o que tem

proporcionado o desenvolvimento da propagação vegetativa (Xavier *et al.*, 2001).

Florestas de eucalipto de rápido crescimento suprem atualmente, de modo racional e eficiente, a demanda por biomassa lenhosa com propriedades tecnológicas específicas para diversos fins (Fogaça, 2003). O desenvolvimento de florestas clonais de eucalipto permite a preservação de genótipos de interesse e resulta em clones com melhor qualidade e homogeneidade. O sistema de clonagem tem sido baseado no enraizamento de miniestacas obtidas a partir de genótipos híbridos superiores e, desta forma, a propagação vegetativa tem se tornado uma importante ferramenta para aumentar a competitividade entre as empresas florestais, pois transforma os ganhos genéticos em benefícios para a indústria (Assis *et al.*, 2004).

A importância de conhecer os fatores que afetam a formação de raízes e suas implicações está relacionada ao sucesso ou ao fracasso da produção de mudas via enraizamento adventício.

O enraizamento de espécies lenhosas, mesmo em condições *in vitro*, é genótipo-dependente. Diferentes espécies, híbridos, e mesmo diferentes clones do mesmo estoque parental, podem requerer diferentes condições de cultivo (Mokotedi *et al.*, 2000).

Diversos fatores influenciam a propagação de plantas por estaquia no crescimento e na diferenciação das raízes, tais como: espécie, presença de indutores e inibidores de enraizamento, juvenilidade dos brotos, presença de gemas e/ou folhas, período de coleta das estacas, período de dormência (Hartmann *et al.*, 1997), estado nutricional (Bellamine *et al.*, 1998; Josten & Kutschera, 1999; Schwambach *et al.*, 2005), variações nas condições climáticas (Menzies, 1992; Wilson, 1998; Corrêa, 2004) e sanidade.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o grau de associação linear entre o estado nutricional de minicepas e as condições meteorológicas com o número e o enraizamento de miniestacas de eucalipto, cultivados em dois tipos de minijardim clonal (leito de areia e tubetes com subirrigação).

2. REVISÃO DE LITERATURA

Em horticultura, agricultura e silvicultura, a propagação vegetativa é amplamente utilizada para multiplicar plantas-elite obtidas em programas de cruzamento ou selecionadas a partir de populações naturais (Hartmann *et al.*, 1997). O enraizamento adventício é uma etapa essencial na propagação vegetativa (De Klerk *et al.*, 1999) de espécies lenhosas economicamente importantes (Fett-Neto *et al.*, 2001). Este é um processo complexo, sendo afetado por diversos fatores, como: hormônios, compostos fenólicos, condição nutricional, características genéticas (Hand, 1994), variações nas condições climáticas (Menzies, 1992; Wilson, 1998; Corrêa & Fett-Neto, 2004; Corrêa *et al.*, 2005), respostas associadas ao estresse e à sanidade das estacas (Alfenas *et al.*, 2004).

Essas variações originam-se de uma interação de fatores externos e internos inerentes, presentes nas células das plantas (Bhattacharya, 1987; Greenwood, 1992), sendo estas pouco esclarecidas em espécies lenhosas (Wilson, 1994).

Embora a maioria dos fatores envolvidos na propagação vegetativa de plantas tenha sido identificada, existe uma carência a respeito da importância individual, da interação destes fatores no processo de propagação, assim como da fisiologia do processo (Thompson, 1992).

2.1. Alguns fatores que interferem no enraizamento adventício

2.1.1. Nutrição mineral

Existe uma significativa relação entre a nutrição mineral e o enraizamento, no entanto, a importância de vários nutrientes neste processo ainda não está totalmente esclarecida. De modo geral, qualquer nutriente envolvido nos processos metabólicos, associado à diferenciação e à formação de sistema radicular, é considerado essencial para a iniciação radicular (Malavasi, 1994). Desta forma, o fator nutricional influencia diretamente na produtividade, no enraizamento das estacas e na qualidade das mudas, uma vez que os macro e micronutrientes estão envolvidos nos processos bioquímicos e fisiológicos vitais da planta (Paula et al., 2000).

Segundo Blazich (1987), a fertilidade possui efeito pronunciado sobre o crescimento e o desenvolvimento da planta, estando a nutrição mineral e o enraizamento intimamente relacionados.

Os nutrientes minerais possuem funções essenciais e específicas no metabolismo vegetal: podem agir como constituintes da estrutura orgânica, ativadores de reações enzimáticas, carreadores de cargas e osmorreguladores (Marschner, 1995). O status nutricional afeta a predisposição ao enraizamento adventício, devido ao seu envolvimento na determinação de respostas morfogenéticas das plantas (Assis, 2001), como a formação de raízes laterais e a modulação do comprimento e densidade das raízes.

A nutrição mineral pode influenciar o enraizamento de estacas de duas formas distintas: decorrente do vigor vegetativo da planta-matriz, da qual são coletadas as brotações ou do próprio status nutricional do material coletado (Xavier, 2002).

Dentro de certos limites, o status nutricional da planta-mãe, ou estaca, influencia mais no crescimento e desenvolvimento radicular que na iniciação radicular, sugerindo ser esta altamente dependente dos níveis iniciais dentro daquela porção da estaca onde as raízes serão formadas (Malavasi, 1994). Ainda

o mesmo autor afirma que o estado nutricional do vegetal pode atuar sinergisticamente com vários fatores que induzem o enraizamento e afetam o crescimento e vigor pós-propagação.

O status nutricional desempenha papel importante nas fases de indução e de formação de raízes adventícias de *Eucalyptus globulus*, gerando respostas diferenciadas, tanto em relação aos nutrientes como em relação às concentrações testadas (Schwambach *et al.*, 2005). Segundo os mesmo autores, o papel da nutrição mineral no enraizamento adventício ocorre de modo fase-dependente, gerando respostas diferentes, de acordo com cada nutriente e concentração modulada em ambas as fases de indução e formação ou em cada fase do processo.

Em estudo sobre dinâmica de nutrientes e enraizamento de estacas de *Celtis* sp., foi observado que as maiores concentrações de nutrientes nas estacas traduziram-se em aumento das porcentagens de enraizamento e no maior número de brotos primários e de folhas (Dias *et al.*, 2002).

Os maiores obstáculos ao conhecimento dos fenômenos envolvidos no processo de formação de raízes são relativos à dificuldade de isolar e de caracterizar os fatores que os controlam, em virtude de sua complexidade e da grande interação existente entre eles. Entre esses fatores que estão envolvidos no processo de formação de raízes, pode-se destacar a nutrição mineral (Assis & Teixeira, 1998).

De maneira geral, evidencia-se uma carência de informações sobre a importância de determinados nutrientes, bem como sobre a nutrição dos propágulos em geral, no processo de iniciação, de formação, de crescimento e de desenvolvimento das raízes adventícias em estacas ou miniestacas.

2.1.1.1. Nitrogênio

O nitrogênio apresenta-se como o macronutriente requerido em maior quantidade pelas plantas. Ele está presente na natureza em diversas formas e em constante interconversão através de processos físicos e biológicos, é absorvido

pelas plantas, principalmente nas formas de amônio e nitrato (Taiz & Zeiger, 2004). Normalmente, o nitrato é a forma mais absorvida, porém isto depende da espécie da planta e alguns fatores ambientais devem ser considerados, destacando-se dentre eles o pH, a temperatura e o teor de carboidratos nas raízes (Marschner, 1995).

A arquitetura do sistema radicular pode ser modulada por manchas de altas concentrações de nitrato, aumentando a ramificação de raízes e o alongamento de raízes laterais em muitas plantas (Assis *et al.*, 2004). O nitrato tem sido apontado como sinalizador, controlando os caminhos de ramificação de raízes, independentemente de seus efeitos como nutriente no metabolismo de nitrogênio (Zhang *et al.*, 1999).

Fachinello (1986) relata que estacas provenientes de plantas de macieira bem nutridas, mas com teores mais baixos de nitrogênio, enraizaram com maior facilidade. No entanto, condições de extrema deficiência de nitrogênio podem ser prejudiciais, uma vez que este nutriente é necessário para a formação de ácidos nucléicos e síntese de proteínas (Hartmann *et al.* 1997).

Segundo Hartmann *et al.* (1997), de modo geral o enraizamento está correlacionado negativamente com os teores de N. Os mesmos autores afirmam que uma alta relação C/N é um índice que tem se correlacionado positivamente com o percentual de enraizamento.

Higashi *et al.* (2000a) verificaram interação entre as doses de nitrogênio e os clones de eucalipto, para a concentração de nutrientes e porcentagem de enraizamento, observando-se relação direta, para um dos clones, entre o aumento da dose de nitrogênio ministrada às minicepas e o percentual de enraizamento. Resultados contrários foram observados por Haissig (1986), em que a deficiência de nitrogênio mostrou efeito positivo no enraizamento de estacas de videira, destacando que, geralmente moderadas deficiências de nitrogênio são mais benéficas ao enraizamento do que o excesso ou mesmo níveis adequados desse elemento.

Fachinello *et al.* (1988), ao trabalharem com estacas de ramos de porta-enxerto de macieira (MM 106), concluíram que o aumento nos teores de açúcares

solúveis e de nitrogênio total na estaca não foram acompanhados pelo aumento no enraizamento.

A porcentagem de enraizamento de microestacas de *Eucalyptus globulus* foi afetada pela nutrição com nitrato, devido ao efeito de tratamentos externos, nos quais foram aplicadas concentrações tóxicas de nitrato (120mM) (Schwambach *et al.*, 2005). Segundo os mesmos autores, a remoção do amônio e reposição com concentrações moderadas de nitrato revelou um significativo progresso do enraizamento. As razões dos possíveis efeitos positivos causados pelo nitrato no enraizamento devem estar relacionadas ao seu papel de indutor de raízes laterais (Zhang *et al.*, 1999).

Bennett *et al.* (2003), avaliaram o efeito de diversas fontes de nitrato e amônio na indução radicial *in vitro* e sobrevivência no solo de plantas micropropagadas de *Eucalyptus globulus*, observando um maior enraizamento e sobrevivência no campo de mudas supridas somente com a forma nítrica, ao passo que a fonte nitrato de amônio desestabilizou o pH e prejudicou a sobrevivência.

Rosa (2006), utilizou nitrato e amônio na fertirrigação de minicepas de *Eucalyptus dunnii* em minijardim clonal e observou que a forma nitrogenada influenciou positivamente na produtividade, no enraizamento e na qualidade das mudas formadas, sendo que com o uso da forma amoniacal os resultados foram superiores. Ainda, o autor encontrou resposta positiva e relação direta com a concentração de nitrogênio ministrada às minicepas, ou seja, a medida em que a dose de nitrogênio foi aumentada, as minicepas responderam com maior produtividade de brotos.

2.1.1.2. Fósforo

Plantas com deficiência de fósforo apresentam maior concentração de carboidratos nas raízes do que plantas que recebem o nutriente (Marschner, 1995), sua deficiência aumenta do alongamento celular e de raízes (Anuradha & Marayanan, 1991).

A primeira adaptação das plantas à baixa disponibilidade de fósforo é a mudança no sistema radicular, envolvendo alterações na ramificação, comprimento total, alongamento de pêlos radiculares e formação de raízes laterais (Bucio *et al.*, 2002).

2.1.1.3. Potássio

O potássio atua na ativação de um grande número de enzimas, estando ainda envolvido no controle estomático e no transporte de carboidratos (Malavolta *et al.*, 1997).

Paula *et al.* (2000) observaram que o potássio influenciou de maneira positiva o número de estacas de *Eucalyptus*, enquanto que para a taxa de enraizamento não houve efeito significativo.

2.1.1.4. Cálcio

O cálcio é requerido para a alongação e divisão celular (Marschner, 1995), o que evidencia uma grande importância deste nutriente na iniciação radicular (Blazich, 1987). A importância do mineral na promoção do crescimento e desenvolvimento de raízes é evidente, independente de serem ou não raízes adventícias. A interrupção no suprimento de cálcio em raízes não adventícias imediatamente resulta em redução no crescimento, seguido por escurecimento e morte das raízes (Mengel & Kirkby, 1982).

O cálcio é essencial nos processos de divisão celular, na formação da lamela média e na parede celular, de modo que sua deficiência pode interferir negativamente na estruturação das iniciais radiculares (Alfenas *et al.*, 2004).

A deficiência em cálcio provoca a necrose de ápices caulinares, e existem evidências de que também pode acarretar problemas no enraizamento e no crescimento das estacas. O cálcio pode ser um ativador de peroxidase, uma enzima essencial ao enraizamento (Haissig, 1986).

Para alguns clones de *Eucalyptus* spp. verificou-se uma estreita relação entre o teor de cálcio nas brotações e o enraizamento (Firme et al., 2000). Para o cálcio, um estudo conduzido por Higashi et al. (2000b), avaliando a influência do estado nutricional da minicepa no enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus* spp., revelou que quanto mais elevado o teor deste nutriente, maior a taxa de enraizamento, em todos os clones avaliados. Bellamine *et al.* (1998) afirmam que o cálcio é um dos poucos minerais que influencia individualmente, de forma marcante o enraizamento.

A incapacidade de sustentar o crescimento de raízes adventícias em estacas de ervilha (*Pisum sativum*) na ausência de cálcio foi relatada por Eliasson (1978).

2.1.1.5. Magnésio

São limitados os estudos que verificam a necessidade do magnésio durante a iniciação, o crescimento e o desenvolvimento radicular (Blazich, 1987). Por este nutriente inibir a síntese protéica (Mengel e Kirkby, 1982), existem suposições de sua importância no enraizamento (Blazich, 1987).

2.1.1.6. Ferro

Nas raízes, a deficiência de ferro está relacionada com mudanças morfológicas distintas. Isto inclui a inibição na alongação, aumento no diâmetro apical da raiz e formação abundante de raiz em cabeleira (Romheld & Marschner, 1981). O ferro está relacionado à atividade de peroxidases, enzimas envolvidas no crescimento e na expansão celular, na diferenciação e no desenvolvimento, no catabolismo de auxina e na lignificação (Fang & Kao, 2000).

Na deficiência de ferro, a atividade de peroxidases diminui, conseqüentemente a formação da parede celular e a lignificação são prejudicadas e compostos fenólicos são acumulados na rizoderme (Romheld & Marschner,

1981) e liberados na solução externa (Olsen *et al.*, 1981), prejudicando a formação de raízes. Ao mesmo tempo, essa redução restringe o catabolismo de auxina favorecendo a ação destas, ou seja, promovendo a indução de raízes. Considerando o processo de enraizamento adventício, a deficiência de ferro na fase de indução auxiliaria na formação de raízes, enquanto que nas fases de iniciação e de formação, a presença de ferro permitiria o desenvolvimento de células com parede bem formada e lignificada (Schwambach, 2003).

Tinley (1961), ao estudar o efeito de ferro no enraizamento de estacas de *Hevea brasiliensis*, observou que nos tratamentos com adição de ferro em sua composição, pode-se verificar um aumento do enraizamento em relação ao tratamento controle.

2.1.1.7. Zinco

Segundo Haissig (1986), um balanço nutricional das plantas doadoras de propágulos parece estar ligado à produção de triptofano, precursor natural do ácido indolacético (AIA) e de substâncias de reserva. O aumento dos níveis endógenos de AIA pode ser favorecido pelo zinco, por meio de seu efeito no aumento da produção de triptofano (Hartmann *et al.*, 1997). A diminuição de auxina precede o visível sintoma de deficiência de zinco. Em plantas mantidas em níveis extremos de deficiência, o aumento em auxina ocorre em poucos dias após a aplicação de zinco na solução (Skoog, 1940). Segundo o mesmo autor, o zinco não é requerido somente para a síntese de auxina, mas para a manutenção de um estado ativo. A falta de zinco provoca excessiva destruição de auxinas, provavelmente por oxidação.

Segundo Singh (1981), o zinco faz parte de várias enzimas e pode estar também envolvido na síntese de proteínas e triptofano. A aplicação de 5 a 10 mg.dm³ de zinco, aumentou a concentração de triptofano em grãos de arroz.

Em planta de *Eucalyptus maculata*, *E. marginata* e *E. patens*, a deficiência de zinco causa redução no peso e no comprimento das raízes (Dell & Wilson,

1985). Quanto à toxidez, quando o suprimento de zinco é elevado ocorre a inibição do alongamento das raízes (Marschner, 1995).

Em experimento conduzido por Schwambach *et al.* (2005), a porcentagem de enraizamento de microestacas de *Eucalyptus globulus* foi influenciada por zinco, em parte devido aos efeitos de tratamentos externos, nos quais a concentração de zinco foi deficiente. Para estes autores, a remoção do zinco resulta em decréscimo na porcentagem de enraizamento e queda no número de raízes por estaca enraizada quando comparada nas concentrações de 30 mM e 60 mM de zinco.

2.1.1.8. Cobre

A concentração de cobre necessária para o crescimento da planta é muito baixa. Respostas de crescimento de raízes de cereais ao sulfato de cobre são dependentes da concentração, onde baixas concentrações estimulam o alongamento das raízes, e altas concentrações inibem o crescimento (Arnold *et al.*, 1994). Marschner (1995) afirma que o primeiro sintoma da toxidez por cobre é a inibição do crescimento de raízes, pois o sistema radicular é o local preferencial de acúmulo de cobre quando o suprimento externo é elevado.

2.1.1.9. Manganês

O manganês está envolvido no processo de alongamento celular: em estudo com raízes isoladas de tomate sob deficiência do nutriente e com alto suprimento de carboidratos, ocorreu declínio na extensão celular em menos de dois dias (Marschner, 1995). Para Blazich (1987), o manganês atua como ativador da AIA oxidase, que destrói as auxinas endógenas, influenciando negativamente o enraizamento.

A influência do manganês no enraizamento adventício foi relatada em estudo conduzido por Reuveni & Raviv (1981), em mudas de abacateiro (*Persea americana*), onde estacas de cultivares de difícil enraizamento apresentavam

maiores concentrações do nutriente nos tecidos foliares do que as cultivares de fácil enraizamento.

Em folhas de plantas deficientes em manganês, a atividade de AIA oxidase é relativamente alta, sendo isso verificado também em folhas de plantas onde a concentração deste elemento é tóxica, demonstrando que o papel do manganês na atividade desta enzima ainda é obscuro (Marschner, 1995).

2.1.1.10. Boro

Os sintomas de deficiência de boro em plantas são similares à deficiência em auxina. As funções do boro nas plantas estão relacionadas com a formação de hormônios (Eaton, 1940).

A deficiência de boro causa ruptura na divisão e na expansão celular (Lucaszewski & Blevins, 1996) e o crescimento das raízes em plantas intactas é rapidamente inibido (Josten & Kutschera, 1999).

Segundo Lewis (1980), do ponto de vista fisiológico e bioquímico, a cadeia metabólica que envolve o boro, está ligada ao metabolismo de hormônios, especialmente as auxinas. O mesmo autor relata que o boro está envolvido na biossíntese da lignina e, juntamente com a auxina, na diferenciação do xilema e no crescimento das raízes. Jarvis *et al.* (1983) sugerem que o boro regula os teores endógenos de auxinas durante o crescimento de raízes.

Gauch & Dugger (1953) propuseram a existência de um controle direto do movimento de carboidratos pelo boro, postulando que esse mineral forma um complexo ionizável boro-sacarose, facilitando o transporte de carboidratos através das membranas, os quais são translocados rapidamente para os locais onde está ocorrendo o desenvolvimento e o alongamento celular.

Brencheley & Warington (1927) demonstraram a necessidade do boro para o desenvolvimento e crescimento das raízes adventícias; fato posteriormente confirmado por Middleton *et al.* (1978). Os últimos autores acrescentam que o ácido bórico estimula o crescimento das raízes e, portanto, sua falta inibe o crescimento das mesmas.

Para Assis & Teixeira (1998), o boro tem sido considerado mais importante no crescimento de raízes do que no enraizamento. Entretanto, em algumas espécies, reage com as auxinas, aumentando a porcentagem de enraizamento, o número de raízes por estaca e o comprimento de raízes. Os mesmos autores relatam que na ausência de boro, a influência do ácido indolbutírico no enraizamento vai apenas até estádios muito preliminares da iniciação de primórdios. Ainda acredita-se que a ação estimuladora do boro no enraizamento esteja ligada à sua interferência no processo de oxidação, pelo aumento da mobilização dos ácidos cítrico e isocítrico, ricos em oxigênio, para o interior dos tecidos. Ainda, segundo Malavasi (1994), o boro faz parte da síntese do RNA e atua no processo de divisão celular.

Hirsch *et al.* (1982) observaram diferenças no alongamento de raízes, em estacas tratadas ou não com boro, correlacionando esse fato com a inibição da atividade mitótica, em raízes sem tratamento com boro.

Considerando o papel do boro na divisão e na expansão celulares, ele tem sido usado para o enraizamento de algumas espécies como: *Coffea arabica* (Ono *et al.*, 1993), *Coffea arabica* (Ono *et al.*, 1994), *Actidina deliciosa* (Ono *et al.*, 1998), *Camellia japonica* (Ono *et al.*, 1992a), *Hydrangea macrophylla* (Ono *et al.*, 1992b), *Actinidia chinensis* (Ono *et al.*, 1995), *Phaseolus vulgaris* (Hemberg, 1951) e *Helianthus annuus* (Josten & Kutschera, 1999), demonstrando que a sua presença favorece a produção de raízes. Em estacas de feijão (*Phaseolus aureus*) o enraizamento é iniciado por auxina, mas o crescimento é dependente da presença de boro (Middleton *et al.*, 1978), o que está de acordo com os resultados de Hemberg (1951). Já Trindade & Pais (1997), observaram 10% de aumento no enraizamento de *Eucalyptus globulus* quando o boro foi removido do meio de enraizamento. Esta diferença de resultados pode ser atribuída aos distintos status nutricionais da planta mãe.

Eliason (1978), Lewis (1980), Hirsch *et al.* (1982) e Jarvis *et al.* (1984), observaram um efeito sinérgico do ácido bórico com as auxinas, no crescimento de raízes adventícias.

Jarvis *et al.* (1983) relatam que em estacas de *Phaseolus aureus*, o crescimento ótimo das raízes ocorreu quando o ácido bórico foi fornecido na concentração de 0,01 a 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Os autores afirmam que o boro, apesar de ser essencial para o desenvolvimento do primórdio radicular e subsequente crescimento, tem antagonismo ao efeito das auxinas, principalmente quando a última está presente em baixas concentrações.

O enraizamento de estacas caulinares de louro (*Laurus nobilis*) foi favorecido pela presença de auxina, resultando em maior porcentagem de estacas enraizadas. Já a adição de boro resultou em maior porcentagem de estacas com calos. Ao utilizar auxina em conjunto com boro foi observado maior número de raízes por estaca e maior comprimento destas (Herrera, 2001).

2.1.2. Variações nas condições climáticas

O conhecimento da quantidade de luz, de temperatura e de umidade ideais para o crescimento e desenvolvimento de vegetais é de suma importância para um eficiente protocolo de propagação. No entanto, ainda não há estudos detalhados sobre a influência das condições ambientais sobre a rizogênese do eucalipto.

2.1.2.1. Luminosidade

A luz é fonte de energia para a fotossíntese e indispensável para a síntese de carboidratos e auxinas (Hartmann *et al.*, 1997). Ainda, a luz afeta a síntese de outros compostos, como substâncias de crescimento endógenas e co-fatores de enraizamento, que desempenham importante função no enraizamento (Thompson, 1992).

A luz influencia em vários pontos da vida de um vegetal. É a fonte de energia utilizada para a síntese de compostos orgânicos via fotossíntese, está envolvida em inúmeros processos regulatórios, como o fotoperíodo (pela ação sobre os fitocromos), o qual influencia na época de floração (Taiz & Zeiger,

2004); a luz também tem influência sobre a rizogênese adventícia, como foi observado por Fett-Neto *et al.* (2001).

Acredita-se que a luz influencie indiretamente o enraizamento, pois os produtos da fotossíntese, particularmente carboidratos e reguladores de crescimento, são fundamentais para a iniciação e o desenvolvimento radicular. Desse modo, deve-se fornecer luminosidade satisfatória, de modo a obter níveis adequados de fotossíntese e, conseqüentemente, acúmulo de reservas e substâncias indutoras de enraizamento (Alfenas *et al.*, 2004).

A intensidade de luz pode influenciar fortemente a produtividade e o enraizamento de estacas por redução ou aumento de substâncias fenólicas endógenas, as quais podem agir como inibidores ou promotores, dependendo das concentrações nos tecidos e da espécie (Assis *et al.*, 2004). Segundo os mesmos autores, a luz também pode afetar a concentração endógena de citocininas, que possuem funções de inibidoras do enraizamento.

A irradiância, o fotoperíodo e a qualidade da luz, cuja necessidade é variável segundo a espécie, devem ser adequadas para a manutenção de uma taxa fotossintética razoável, que garanta suficiente suprimento de carboidratos para a sobrevivência das estacas e a iniciação radicial, sem comprometer o vigor vegetativo das estacas, as quais são variáveis com a espécie (Xavier, 2002).

Em virtude principalmente das condições ambientais específicas de cada local, não existe na literatura clareza a respeito dos efeitos de diferentes intensidades luminosas sobre o enraizamento. Entretanto, nas condições brasileiras, a maioria dos estudos mostra que a diminuição dos níveis da luz natural induz maior enraizamento de estacas (Borges, 1978).

Thompson (1992) relata que o excesso de luminosidade promove o fechamento dos estômatos das folhas dos propágulos, reduzindo a fotossíntese líquida e, conseqüentemente, a produção de carboidratos e o posterior enraizamento.

Boas condições de iluminação favorecem o transporte basípeto de auxinas endógenas, se comparado às plantas sombreadas (Morelli & Ruberti, 2002) e, conseqüentemente, podem afetar a rizogênese adventícia.

Corrêa *et al.* (2005) observaram redução na resposta rizogênica de estacas retiradas de plantas de *Eucalyptus saligna*, após a exposição destas a quatro semanas de escuro, o que foi parcialmente recuperado com o uso de sacarose no meio de cultivo. Poucas diferenças foram notadas em estacas provenientes de plantas-mãe sob 30 a 60 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa. Os mesmos autores verificaram que é necessário o fornecimento de luz na fase de formação para possibilitar o enraizamento das microestacas.

Estudos demonstram que a redução da luz nos jardins clonais possui efeito altamente significativo sobre a formação de raízes, especialmente em espécies de difícil enraizamento (Bassuk & Maynard, 1987).

2.1.2.2. Temperatura

A temperatura é um fator fundamental para a vida, não só das plantas, mas de todos os organismos. O metabolismo como um todo é afetado pela temperatura. As reações bioquímicas em geral são aceleradas, se é mantida uma faixa de temperatura adequada para o funcionamento das enzimas (Taiz & Zeiger, 2004).

A ação de enzimas é diretamente dependente da temperatura: existe uma temperatura ótima sob a qual a atuação é máxima. Valores acima ou abaixo de uma determinada faixa (específica para cada enzima) causam desnaturação, provocando a perda de sua função fisiológica (Lehninger, 2002). Ainda há relação com o suprimento hídrico da planta, havendo maior taxa transpiratória sob temperaturas elevadas e seca fisiológica sob temperaturas muito reduzidas (Taiz & Zeiger, 2004).

A temperatura tem importante função regulatória no metabolismo das plantas e afeta o enraizamento. Assim, a temperatura, tanto do ambiente quanto do substrato que suporta a estaca, é um fator importante na propagação vegetativa das plantas, pois deve fornecer subsídios à regulação e produção de raízes adventícias (Chalfun, 1989), assim como promover a manutenção e sobrevivência das folhas, gemas e ramos (Bertoloti & Gonçalves, 1980).

A divisão celular é favorecida com o aumento da temperatura e conseqüentemente auxilia na formação de raízes, porém, deve-se tomar especial cuidado com estacas semilenhosas, pois com o aumento da temperatura, tem-se uma elevação na taxa transpiratória, induzindo assim a dessecação do tecido. Temperaturas excessivamente altas, durante a fase de enraizamento, estimulam o desenvolvimento de gemas laterais antes do aparecimento de raízes. Ocorre também o aumento da transpiração e perda de água pelas folhas, provocando necrose dos tecidos (Hartmann *et al.*, 1997). Segundo os mesmos autores, as temperaturas do leito de enraizamento variando de 21 a 27 °C durante o dia, e ao redor de 15 °C durante a noite, são consideradas satisfatórias para a maioria das espécies.

Temperaturas baixas diminuem o metabolismo das estacas, levando a um maior tempo para o enraizamento ou, até mesmo, não proporcionam condições adequadas para que ocorram indução, desenvolvimento e crescimento radicular (Xavier, 2002).

Amplas oscilações térmicas são altamente deletérias ao enraizamento. Em estufas climatizadas, obtêm-se melhores condições para a planta, principalmente em épocas frias, quando há amplas oscilações térmicas no ambiente externo. Temperaturas mais elevadas no substrato em relação à temperatura do ar favorecem a atividade rizogênica na base da estaca e reduzem, simultaneamente, a transpiração e a perda de água pela parte aérea (Gomes, 1987).

A temperatura pode influenciar o enraizamento, atuando principalmente na absorção de nutrientes e no metabolismo, especialmente em regiões de clima subtropical. Logo, esse fator ambiental deve ser ajustado para uma ótima produção de miniestacas (Corrêa & Fett-Neto, 2004).

Corrêa (2002), estudando os efeitos da temperatura na rizogênese de *Eucalyptus saligna*, observou que a temperatura ideal para a espécie fica na faixa entre 20 e 30 °C, o que está de acordo com Wilson (1998), que afirma que a temperatura mais adequada para o enraizamento de explantes está entre 20 e 30°C.

Corrêa & Fett-Neto (2004) observaram preferências de temperatura relacionadas ao enraizamento de *Eucalyptus saligna*, bem como sensibilidades diferentes a altas ou baixas temperaturas. A espécie prefere temperaturas médias (25 a 30°) e *E. globulus* relativamente mais frias (em torno de 20°C). Choques moderados de calor nas plantas doadoras beneficiaram o enraizamento de explantes de *E. saligna* não induzido por auxina, ao passo que o choque do calor gerou efeitos deletérios no enraizamento de *E. globulus*. A manipulação apropriada de condições de temperatura de ambas, planta doadora e propágulo, é um meio viável de modular o enraizamento adventício de propágulos e as características do sistema radicial no gênero *Eucalyptus*.

A exposição de partes aéreas de *Mesembryanthemum crystallinum* L. a altas temperaturas é benéfica ao desenvolvimento de raízes (Shevyakova *et al.*, 2001), por induzir o acúmulo de putrescina, poliamina capaz de induzir rizogênese em álamo (Kevers *et al.*, 1997) e crisântemo (Aribaud *et al.*, 1999),

Hansen (1989) observou que a temperatura de 17°C por nove semanas seguidas, inibe quase que completamente a emissão de raízes em *Stephanotis floribunda*, no entanto, com a temperatura inicial de 17°C por duas, três ou quatro semanas e após mantida a 23°C, a percentagem de estacas de ramos enraizadas é de 92 a 98%.

Segundo Wendling *et al.* (1999), a produção de miniestacas de *Eucalyptus* apresenta variação conforme a temperatura que pode influenciar na emissão de novas brotações. Em estudo conduzido por Rosa (2006), foi observado menor produção de miniestacas no período de temperaturas mais baixas ao trabalhar com *Eucalyptus dunnii* no processo de miniestaquia.

2.1.2.3. Umidade relativa do ar

A umidade constitui um dos fatores primordiais e de relevante importância para a propagação vegetativa, sendo mais crítica para as estacas com folhas (Zuffelato-Ribas & Rodrigues, 2001). Os mesmos autores destacam que a morte do caule por dessecação, antes de atingido o enraizamento, é uma das causas

principais do fracasso da propagação por estacas. A falta de raízes impede a absorção suficiente de água, enquanto as folhas intactas e o crescimento da nova brotação continuam a perder água por transpiração.

A presença de folhas nas estacas é um forte estímulo ao enraizamento. Entretanto, deve-se manter a umidade do ar elevada, favorecendo as estacas e reduzindo a transpiração pelas folhas. Quando ocorre murchamento pronunciado das estacas, devido a redução de umidade, danos irreversíveis podem ocorrer e, mesmo sob condições normais de umidade, as estacas não voltam a enraizar (Hartmann *et al.*, 1997).

A umidade ao redor da estaca tem grande efeito no seu estado hídrico, em virtude de as mesmas não possuírem meios para absorver água e nutrientes. No entanto, o excesso também é prejudicial, por dificultar as trocas gasosas, propiciar o desenvolvimento de doenças, impedir o enraizamento e provocar a morte dos tecidos (Xavier, 2002).

A formação de raízes adventícias envolve o crescimento e síntese de novos compostos, sendo estes influenciados de diferentes maneiras pelo status hídrico. Deste modo, a pressão de turgor é essencial para promover a força necessária à expansão celular (Malavasi, 1994), facilitando a emergência de raízes nos propágulos.

Visando contornar problemas de transpiração excessiva das folhas das estacas, deve-se manter a umidade do ar acima de 80%, conservando, dessa forma, o turgor dos tecidos (Paiva & Gomes, 2002).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 442p.

ANURADHA, M.; NARAYANAN, A. Promotion of root elongation by phosphorus deficiency. **Plant and Soil**, v.136, p. 273-275, 1991.

ARIBAUD, M.; KEVERS, C.; MARTIN-TANGUY, J.; GASPAR, T. H. Low activity of amine-oxidases and accumulation of conjugated polyamines in disfavour of organogenic programs in *Crysanthemum* leaf dise explantas. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v.55, p. 85-94, 1999.

ARNOLD, M. A.; LINEBERGER, R. D.; STRUVE, D. K. Cooper compounds influence *in vitro* rooting of birch microcuttings. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.119, n.1, p. 74-79, 1994.

ASSIS, T. F. Evolution of technology for cloning *Eucalyptus* in large scale. In: IUFRO INTERNATIONAL SYMPOSIUM “DEVELOPING THE EUCALYPT OF THE FUTURE”. Valdivia, Chile, 2001. **Syntheses...** Valdivia, Chile: 2001. Electronic Publication in CD

ASSIS, T. F.; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, v.1, p.261-296, 1998.

ASSIS, T. F.; FETT-NETO, A. G.; ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwood with emphasis on *Eucalyptus*. In: WALTER, C. & CARSON, M. **Plantation forest biotechnology for the 21th century**. New Delhi, India, Research Sign Post, v.1, p. 303-333, 2004.

BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p. 270-286, 2000.

BASSUK, N.; MAYNARD, B. Stock plant etiolation. **Hortscience**, v.22, n.5, p. 749-750, 1987.

BELLAMINE, J.; PENEL, C.; GREPPIN, H.; GASPAR, T. Confirmation of the role of auxin and calcium in the late phases of adventitious root formation. **Plant Growth Regulation**, v.26, p. 191-194, 1998.

BENNETT, I. J.; McDAVID, D. A. J.; McCOMB, J. A. The influence of ammonium nitrate, pH and indole butyric acid on root induction and survival in soil of *Eucalyptus globulus*. **Biologia Plantarum**, v.47, n.3, p. 355-360, 2003.

BERTOLOTI, G.; GONÇALVES, A. N. **Enraizamento de estacas: especificações técnicas para a construção do módulo de propagação**. Piracicaba: IEF – LCF/ESALQ/USP, 1980. 9p. (Circular Técnica IPEF, 94).

BHATTACHARYA, N. C. Enzyme activities during adventitious rooting. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, p. 88 – 101, 1987. (Advances in Plant Sciences Series, 2).

BLAZICH, F. A. Mineral nutrition and adventitious rooting. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, p. 61 – 69, 1987 (Advances in Plant Sciences Series, 2).

BORGES, E. E. L. **Enraizamento de estacas de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis***. 1978. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BUCIO, J. L.; HERNÁNDEZ-ABREU, E. H.; CALDERÓN, L. S.; NIETO-JACOBO, M. F.; SIMPSON, J.; HERRERA-ESTRELLA, L. Phosphate availability alters architecture and causes changes in hormone sensitivity in the *Arabidopsis* root system. **Plant Physiology**, v.129, p. 244-256, 2002.

BRENCHLEY, W. E.; WARINGTON, K. The role of boron in the growth of plants. **Annals of Botany**, v.41, p. 167-187, 1927.

CHALFUN, N. N. J. **Fatores bioquímicos e fisiológicos no enraizamento de estacas de *Hibiscus rosa-sinensis* L.** 1989. 85f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CORRÊA, L. da R. **Influência da temperatura e de auxina na rizogênese advéncia em *Eucalyptus saligna* Smith**. 2002. 36f. Monografia (Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

- CORRÊA, L. da R. **Temperatura, luz e carboidratos como fatores regulatórios do enraizamento adventício de microestacas de *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus globulus* Labill.** 2004. 95f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- CORRÊA, L. da R.; FETT-NETO, A. G. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Journal of Thermal Biology**, v.29, p. 315-324, 2004.
- CORRÊA, L. da R.; PAIM, D. C.; SCHAWAMBACH, J. FETT-NETO, A. G. Carbohydrates as regulatory factors on the rooting of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Plant Growth Regulation**, v.45, p. 63-73, 2005.
- DE KLERK, G. J.; VAN DER KRIEKEN, W.; DE JONG, J. G. Review – The formation of adventitious roots: New concepts, new possibilities. **In Vitro Cellular & Developmental Biology . Plant**. v.35, n.3, p. 189-199, 1999.
- DELL, B.; WILSON, S. A. Effect of zinc supply on growth of three species of *Eucalyptus* seedlings and wheat. **Plant and Soil**, v.88, p. 377-384, 1985.
- DIAS, H. C. T.; ANDRADE, L. A. de; MATIAS, S. S. M.; SATO, A. Y.; SOUZA, A. P. de Dinâmica de nutrientes e enraizamento de *Celtis* sp. **Revista Árvore**, v.26, n.1, p. 7-12, 2002.
- EATON, F. M. Interrelation in the effects of boron and indolacético acid on plant growth. **Botanical Gazette**, v.101, p. 700-705, 1940.
- ELIASSON, L. Effects of nutrients and light on growth and root formation in *Pisum sativum* cuttings. **Physiologia Plantarum**, v.43, p.13-18, 1978.
- FACHINELLO, J. C. **Efeitos morfo-fisiológicos do anelamento no enraizamento de estacas lenhosas de macieira cultivar malling-merton 106.** 1986. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- FACHINELLO; J. C.; LUCCHESI, A. A.; GUTIERREZ, L. E. Influência do anelamento na nutrição e o enraizamento de estacas lenhosas do porta-enxerto (Malling-Merton 106). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.9, p. 1025-1031, 1988.
- FANG, W. C.; KAO, C. H. Enhanced peroxidase activity in rice leaves in response to excess iron, copper and zinc. **Plant Science**, v.158, p. 71-76, 2000.
- FETT-NETO, A. G.; FETT, J. P.; GOULART, L. W. V.; PASQUALI, G.; TERMIGNONI, R. R.; FERREIRA, A. G. Distinct effects of auxin and light on

adventitious root development in *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v.21, p. 457-464, 2001.

FIRME, D. J.; HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; LEITE, F. P.; GONÇALVES, A. N. Efeito da pulverização de cloreto de cálcio nas minitouças e no enraizamento das miniestacas de *Eucalyptus* spp. In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, Santa Maria, 2000. **Anais...** Santa Maria: SBCS/SBM, 2000. Cd-Room.

FOGAÇA, C. M. **Papel de auxinas e seus moduladores na rizogênese de *Eucalyptus globulus* Labill e *Eucalyptus saligna* Smith**. 2003. 70f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GAUCH, H. G.; DUGGER, W. M. The role of boron in the translocation of sucrose. **Plant Physiology**, v.28, p. 457-466, 1953.

GOMES, A. L. **Propagação clonal: princípios e particularidades**. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1987. 69 p.

GREENWOOD, M. S. Theoretical aspects of juvenility and maturation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. **Mass production technology for genetically improved fast growing forest tree species**. Bordeaux, 1992. (Colloque AFOCEL IUFRO, Paris, 1992).

HAISSIG, B. E. Metabolic processes in adventitious rooting of cuttings. In: JACKSON, M. B. **New root formation in plants and cuttings**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, p. 141-189, 1986.

HAND, P. Biochemical and molecular markers of cellular competence for adventitious rooting. In: DAVIS, T. D. & HASSIG, B. E. **Biology of adventitious root formation**. New York: Plenum Press, p. 111-121, 1994. (Masic Life Sciences 62).

HANSEN, J. Influence of cutting position and temperature during rooting on adventitious root formation and axillary bud break of *Stephanotis floribunda*. **Scientia Horticulturae**, v.40, p.345-354, 1989.

HARTMANN, H. T., KESTER, D. E., DAVIES JUNIOR, F. T., GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 6 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1997. 770p.

HEMBERG, T. Rooting experiments with hypocotyls of *Phaseolus vulgaris* L. **Physiologia Plantarum**, v.4, p. 358-369, 1951.

HERRERA, T. I. R. **Efeitos de auxina e boro no enraizamento de estacas caulinares de louro (*Laurus nobilis* L.)**. 2001. 59f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Horticultura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; VALLE, C. F.; BONINE, C. A. V.; BOUCHARDET, J. A.; GONÇALVES, A. N. Efeito da aplicação de nitrogênio na concentração de nutrientes, na produção dos nutrientes, na produção e enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* na condição de minijardim clonal. In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, Santa Maria, 2000. **Anais...** Santa Maria: SBCS/SBM, 2000a. Cd-Room.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; FIRME, D. J.; LEITE, F. P.; GONÇALVES, A. N. Influência do estado nutricional da minitouça no enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus* spp. In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, Santa Maria, 2000. **Anais...** Santa Maria: SBCS/SBM, 2000b. Cd-Room.

HIRSCH, A. M.; PENGELLY, W. L.; TORREY, J. G. Endogenous IAA levels in boron deficient and control root tips of sunflower. **Botanical Gazette**, v.143, p. 15-19, 1982.

JARVIS, B. C.; ALI, A. H. N.; SHAHEED, A. I. Auxin and boron interrelation to the rooting response and ageing of mung bean cuttings. **New Phytologist**, v.95, p. 509-518, 1983.

JARVIS, B. C.; YASMIN, S.; ALI, A. H. N.; HUNT, R. The interaction between auxin and boron in adventitious root development. **New Phytologist**, v.97, n.2, p. 197-204, 1984.

JOSTEN, P.; KUTSCHERA, U. The micronutrient boron causes the development of adventitious roots in sunflower cuttings. **Annals of Botany**, v.84, p. 337-342, 1999.

KEVERS, C.; HAUSMAN, J. F.; FAIVRE-RAMPANT, O.; EVERS, D.; GASPAR, T. H. Hormonal control of adventitious rooting: progress and questions. **Angewandte Botany**, v.71, p. 71-79, 1997.

LEHNINGER, A. L. **Princípios de bioquímica**. 3. ed., São Paulo: SARVIER, 2002. 975p.

LEWIS, D. H. Boron, lignification and the origin of vascular plants a unification hypothesis. **New Phytologist**, v.84, p. 209-229, 1980.

- LUCASZEWSKI, K. M.; BLEVINS, D. G. Root growth inhibition in boron-deficient or aluminum-stressed squash may be a result of impaired ascorbate metabolism. **Plant Physiology**, v.112, p. 1135-1140, 1996.
- MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas – perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 131-35, 1994.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas** (princípios e aplicações). 2. ed. Piracicaba: POTAFOS. 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press. 1995. 889p.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Switzerland: International Potash Institute, 1982. 654 p.
- MENZIES, M. I. Management of stock plants for the production of cutting material. In: SYMPOSIUM IN IUFRO'S CENTENNIAL YEAR – MASS PRODUCTION TECHNOLOGY FOR GENETICALLY IMPROVED FAST GROWING FOREST TREE SPECIES, 1992, Bordeaux. **Syntheses...** Paris: AFOCEL, IUFRO, 1992. p. 145-158. (Colloque AFOCEL – IUFRO).
- MIDDLETON, W.; JARVIS, B. C.; BOOTH, A. The boron requirement for root development in stem cuttings of *Phaseolus aureus* Roxb. **New Phytologist**, v.81, p. 287-297, 1978.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – PROJETO GENOLYPTUS, disponível em: <<http://www.mct.gov.br/especial/genolyptus4.htm>>. Acesso em: nov./2004.
- MOKOTEDI, M. E. O.; WATT, M. P.; PAMMENTER, N. W.; BLAKEWAY, F. C. *In vitro* rooting and subsequent survival of two clones of cold-tolerant *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus nitens* Hybrid. **Hortscience**, v.35, n.6, p. 1163-1165, 2000.
- MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura. 2000. 112p.
- MORELLI, G.; RUBERTI, I. Light and shade in the photocontrol of *Arabidopsis* growth. **Trends in Plant Science**, v.7, n.9, p. 399-404, 2002.
- OLSEN, R. A.; BENNETT, J. H.; BLUME, D.; BROWN, J. C. Chemical aspects of the Fe stress response mechanism in tomatoes. **Journal of Plant Nutrition**, v.3, p. 905-921, 1981.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; RODRIGUES, S. D. Interações entre auxinas e boro no enraizamento de estacas de camélia (*Camellia japonica* L.). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.4, n.2, p. 107-112, 1992a.

ONO, E. O.; RODRIGUES, S. D.; RODRIGUES, J. D. Interações entre auxinas e boro no enraizamento de estacas de hortênsia (*Hydrangea macrophylla* Ser.). **Científica**, v.20, n.2, p. 413-422, 1992b.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z.; RODRIGUES, S. D. Enraizamento de estacas de café cv. Mundo Novo submetidas à tratamentos auxínicos e com boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.7, p. 773-777, 1993.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z.; Ação de auxinas e/ou boro no processo de formação de raízes em estacas de café (*Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo). **Arquivo de Biologia e Tecnologia**, v.37, n.1, p. 157-166, 1994.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. de Enraizamento de estacas caulinares de Kiwi (*Actinidia chinensis* Planch cv Abbott) tratadas com auxina e boro. **Scientia Agricola**, v.52, n.3, p. 462-468, 1995.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. Efeito de auxinas e boro no enraizamento de estacas caulinares de Kiwi retiradas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.2, p. 213-219, 1998.

PAIVA, H. N. de; GOMES, J. M. **Viveiros florestais**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 69p. (Caderno didático, 72).

PAULA, T. A.; SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E., N.; GONÇALVES, A. N. Efeito do potássio sobre a produção e enraizamento de estacas de *Eucalyptus*. In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, Santa Maria, 2000. **Anais...** Santa Maria: SBCS/SBM, 2000. Cd-Room.

REUVENI, O.; RAVIV, M. Importance of leaf retention to rooting of avocado cuttings. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.106, p. 127-130, 1981.

RÖMHELD, V.; MARSCHNER, H. Rhythmic iron stress reactions in sunflower at suboptimal iron supply. **Physiologia Plantarum**, v.53, p. 347-353, 1981.

ROSA, L. S. da **Adubação nitrogenada e substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2006. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SCHAWAMBACH, J. **Nutrição mineral e rizogênese adventícia em *Eucalyptus globulus* Labill**. 2003. 56f. Dissertação (Mestrado em Biologia

Celular e Molecular) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SCHAWAMBACH, J.; FADANELLI, C.; FETT-NETO, A. G. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v.25,p. 487-494, 2005.

SHEVYAKOVA, N. L.; RAKITIN, V. Y.; DUONG, D. B.; SADOMOV, N. G.; KUZNETSOV, V. V. Heat shock-induced cadaverine accumulation and translocation throughout the plant. **Plant Science**, v.161, p. 1125-1133, 2001.

SINGH, M. Effect of zinc, phosphorus and nitrogen on triptophan concentration in rice grains grow on limed and unlimed soils. **Plant and Soil**, v.62, n.2, p. 305-308, 1981.

SKOOG, F. Relationships between zinc and auxin in the growth of higher plants. **American Journal of Botany**, v.27, p. 939-950, 1940.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 2004. 719p.

THOMPSON, D. G. Current state-of-the-art of rooting cuttings and a view to the future. In: SYMPOSIUM IN IUFRO'S CENTENNIAL YEAR – MASS PRODUCTION TECHNOLOGY FOR GENETICALLY IMPROVED FAST GROWING FOREST TREE SPECIES, 1992, Bordeaux. **Syntheses...** Paris: AFOCEL, IUFRO, 1992. p. 159-172. (Colloque AFOCEL – IUFRO).

TINLEY, G. H. Effect of ferric dimethyldithiocarbamate on the rooting of cuttings of *Hevea brasiliensis*. **Nature**, v.191, p. 1217-1218, 1961.

TRINDADE, H.; PAIS, M. S. *In vitro* studies on *eucalyptus globulus* rooting ability. **In Vitro Cellular and Developmental Biology. Plant**, v.33, p. 1, 1997.

TURNBULL, J. W. Eucalypt plantations. **New Forests**. v.17, p. 37-52, 1999.

WENDLING, I.; XAVIER, A.; TITON, M. Miniestaquia na silvicultural clonal de *Eucalyptus*. **Folha Florestal**, v.1, p. 16-17, 1999.

WILSON, P. J., PEREIRA, M. J. L. Stem cuttings propagation of second generation plus trees clones from filed-grown coppice. **Celbi Investigation Report**, v. 2, n. 13, p. 17-35, 1992.

WILSON, P. J. The concept of a limiting rooting morphogen in woody stem cuttings. **Journal of Horticultural Science**, v. 9, n. 4, p. 391-400, 1994.

WILSON, P. J. Environmental preferences of *Eucalyptus globulus* stem cuttings in one nursery. **New Zeland Journal of Forestry Science**, v.28, n.3, p. 304-315, 1998.

XAVIER, A.; ANDRADE, H. B.; OLIVEIRA, M. L.; WENDLING, I. Desempenho do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.25, n.4, p. 403-411, 2001.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal I: princípios e técnicas de propagação vegetativa**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 64p. (Caderno didático, 92).

ZHANG, H.; JENNINGS, A.; BARLOW, P. W.; FORDE, B. G. Dual pathways for regulation of root branching by nitrate. **Plant Biology**, v.96, p. 6529-2534, 1999.

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos**. Curitiba: UFPR, 2001. 39p.

CAPÍTULO 1 - RELAÇÕES DO ESTADO NUTRICIONAL DE MINICEPAS COM O NÚMERO E O ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE EUCALIPTO

RESUMO

O enraizamento adventício de estacas é influenciado por fatores intrínsecos e extrínsecos do material vegetal. O objetivo deste trabalho foi avaliar o grau de associação linear entre o estado nutricional das minicepas e com o número e o enraizamento de miniestacas de eucalipto, cultivados em dois tipos de minijardim (leito de areia e tubetes com subirrigação). Foram utilizados dados da CENIBRA, dentre os quais foram analisados os de enraizamento de miniestacas, de número de miniestacas por minicepa e dos valores de análises químicas dos tecidos foliares. O número de miniestacas produzidas por minicepa e sua taxa de enraizamento foram correlacionados com o estado nutricional das brotações. Os resultados indicaram que a nutrição mineral desempenha papel importante no enraizamento adventício e no número de miniestacas produzidos pelas minicepas, gerando respostas diferenciadas de acordo com cada nutriente mineral considerado e tipo de minijardim clonal. Os dados desse estudo indicam que a solução nutritiva deve ser específica para cada clone, nos diferentes minijardins.

INTRODUÇÃO

A importância do *Eucalyptus* no cenário atual da silvicultura clonal brasileira tem estimulado consideráveis investimentos em pesquisa, o que vem proporcionando o desenvolvimento da propagação vegetativa (Xavier *et al.*, 2001). Em silvicultura, a propagação vegetativa tem sido amplamente utilizada para multiplicar indivíduos obtidos por meio de programas de melhoramento ou selecionados de populações naturais (Hartmann *et al.*, 1997).

A importância de se conhecer os efeitos dos fatores que afetam a formação de raízes e suas implicações está relacionada ao sucesso ou ao fracasso da produção de mudas via enraizamento adventício. O enraizamento de espécies lenhosas, mesmo em condições *in vitro*, é genótipo-dependente. Diferentes espécies, híbridos, e mesmo diferentes clones do mesmo estoque parental podem requerer diferentes condições de cultivo (Mokotedi *et al.*, 2000).

O enraizamento adventício é uma etapa essencial na propagação vegetativa (De Klerk *et al.*, 1999). Este é um processo complexo, sendo afetado por diversos fatores, como: hormônios, compostos fenólicos, características genéticas (Hand, 1994), influência do estado nutricional (Bellamine *et al.*, 1998; Josten & Kutschera, 1999; Schwambach *et al.*, 2005), variações nas condições climáticas (Menzies, 1992; Wilson, 1998; Corrêa & Fett-Neto, 2004; Corrêa *et al.*, 2005), respostas associadas ao estresse e sanidade das estacas (Alfenas *et al.*, 2004).

Existe uma significativa relação entre a nutrição mineral e o enraizamento, no entanto, a importância de vários nutrientes neste processo ainda não está totalmente esclarecida. De modo geral, qualquer nutriente envolvido nos processos metabólicos associados à diferenciação e formação de sistema radicular, é considerado essencial para a iniciação radicular (Malavasi, 1994).

Os nutrientes minerais possuem funções essenciais e específicas no metabolismo vegetal: podem agir como constituintes da estrutura orgânica, ativadores de reações enzimáticas, carreadores de cargas e osmorreguladores (Marschner, 1995). A nutrição mineral é considerada um fator chave que afeta a

predisposição ao enraizamento adventício devido ao seu envolvimento na determinação de respostas morfogenéticas das plantas (Assis, 2001), como a formação de raízes laterais e a modulação do comprimento e densidade das raízes.

Embora o enraizamento e a nutrição mineral estejam intimamente relacionados, poucos estudos têm sido conduzidos visando à caracterização dos efeitos de minerais específicos (Schwambach *et al.*, 2005). Os maiores obstáculos ao conhecimento dos fenômenos envolvidos no processo de formação de raízes são relativos à dificuldade de isolar e caracterizar os fatores que os controlam, em virtude de sua complexidade e da grande interação existente entre eles. Dentre esses fatores destaca-se a nutrição mineral (Assis & Teixeira, 1998).

De maneira geral, evidencia-se uma carência muito grande de informações sobre a importância de determinados nutrientes, bem como sobre a nutrição dos propágulos em geral, no processo de iniciação, formação, crescimento e desenvolvimento das raízes adventícias em estacas ou miniestacas.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o grau de associação linear entre o estado nutricional de minicepas com o número e o enraizamento de miniestacas de eucalipto, cultivados em dois tipos de minijardim clonal (leito de areia e tubetes com subirrigação).

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizados bancos de dados do viveiro da Celulose Nipo-Brasileira S. A. – CENIBRA, localizada no Município de Belo Oriente - MG. Os dados utilizados foram referentes ao número e ao enraizamento de miniestacas e às análises químicas do tecido foliar das minicepas.

O município de Belo Oriente - MG, localiza-se na região do Vale do Rio Doce, com clima do tipo Cwa (subtropical, chuvoso e mesotérmico), segundo a classificação de Köeppen, latitude de 19°18'23" S e longitude 42°22'46" W e uma altitude média de 363 m. Apresenta precipitação média anual de 1.233 mm. Temperatura média anual de 21°C, com máxima média de 27°C e mínima média

de 14°C (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 1969).

Os dados analisados foram referentes ao período de 2003 a 2005, e incluíram os clones que continham uma maior quantidade de dados disponíveis. Os clones analisados foram: 57, 2719 (clones de *Eucalyptus grandis* x desconhecido); 129, 7074 (clones de *Eucalyptus grandis*); 386, 908, 911, 957 (clones de *Eucalyptus urophylla*) e 1046, 1128, 1206, 1207, 1213, 1274 (clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*), no minijardim clonal cultivado em leito de areia; e 57, 2719 (clones de *Eucalyptus grandis* x desconhecido); 129, 7074 (clones de *Eucalyptus grandis*); e 1046, 1213, 1274 (clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*), no minijardim clonal cultivado em tubetes.

Esses clones constituíam minijardim clonal oriundos do enraizamento de miniestacas propagadas pelo método da estaquia convencional (Xavier & Wendling, 1998).

Os dados foram originados de minijardins cultivados em leito de areia, sob teto translúcido retrátil, com fertirrigação por gotejamento, e outro em que as minicepas eram cultivadas em tubetes com subirrigação, sob abrigo de teto translúcido fixo. Foi realizada uma aplicação contínua de nutrientes com água (a água era aplicada conforme a necessidade das minicepas), nos dois sistemas de cultivo. A fertirrigação foi efetuada através de sistema automatizado, sendo usadas as soluções nutritivas apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Solução nutritiva estoque usada no minijardim clonal cultivado em leito de areia, com fertirrigação por gotejamento.

Fertilizante	Dose (g 1000L⁻¹)
Nitrato de cálcio	33.300
Sulfato de Amônio	13.300
Ácido Fosfórico	3.300
Cloreto de Potássio	11.100
Sulfato de Magnésio	14.400
Ácido Bórico	1.222,2
Sulfato de Zinco	122,2
Sulfato de Cobre	166,7
Sulfato Ferroso	3.222,2
EDTA Dissódico	4.666,7
Sulfato de Manganês	666,7
Molibdato de Sódio	33,3

Tabela 2: Solução nutritiva estoque usada no minijardim clonal cultivado em tubete, com subirrigação.

Fertilizante	Dose (g 1000L⁻¹)
Nitrato de Cálcio	80.000
Sulfato de Amônio	27.800
Ácido Fosfórico	5.000
Cloreto de Potássio	20.000
Sulfato de Magnésio	14.400
Ácido Bórico	311,1
Sulfato de Zinco	27,8
Sulfato de Cobre	42,2
Sulfato Ferroso	1.222,2
EDTA Dissódico	1.833,3
Sulfato de Manganês	666,7
Molibdato de Sódio	11,1

Para evitar salinização, em ambos os sistemas de cultivo, quinzenalmente foi aplicada uma lâmina de água pura de 10 mm e a cada dois meses uma lâmina de água pura de 20 mm. A solução nutritiva estoque apresentava $EC = 1,0$ a $1,5$ $mS.cm^{-1}$, durante os meses mais quentes do ano, e de $1,5$ a $2,0$ $mS.cm^{-1}$, nos meses mais frios. Para todos os nutrientes, permitiu-se uma variação de dose em torno de 10%. O pH das soluções foi mantido entre 5,5 e 6,5.

Coleta das brotações

A coleta das brotações para preparo de miniestacas foi feita de forma seletiva e contínua, de modo a manter as minicepas em bom estado vegetativo, e com sistema radicular ativo. A periodicidade das coletas era de aproximadamente uma coleta por semana. Foram coletadas miniestacas apicais com dimensões variando entre 4 e 6 cm, contendo dois a três pares de folhas, sendo estas

cortadas pela metade. O número médio de estacas obtido a cada mês foi utilizado nas análises estatísticas.

Enraizamento

Após serem coletadas e preparadas, as miniestacas foram colocadas em tubetes contendo um substrato composto de partes iguais de casca de arroz carbonizada e vermiculita granulometria grossa. Este substrato recebeu adição de: 8,0 kg.m³ de superfosfato simples; 0,695 kg.m³ de sulfato de amônio; 0,208 kg.m³ de cloreto de potássio; 0,014 kg.m³ de sulfato de zinco; 0,014 kg.m³ de sulfato de cobre; 0,014 kg.m³ de sulfato de manganês; e 0,028 kg.m³ de ácido bórico. Os tubetes plásticos tinham capacidade de 50 cm³.

Para o enraizamento, as miniestacas permaneceram em casa de vegetação por um período de 15 a 25 dias, seguindo, posteriormente, para a casa de sombra, com sombrite de 50%, por 5 a 7 dias. Na saída da casa de sombra, foi feita uma primeira seleção das mudas, separando-se as enraizadas das não enraizadas, e agrupando-as por tamanho. As mudas, de acordo com o tamanho, foram transferidas para bandejas, de modo a preencher 30% de seus orifícios, e permaneceram em uma área de crescimento de 15 a 20 dias. Ao sair da área de crescimento, foi feita uma segunda seleção das mudas, de modo semelhante à primeira, exceto pela eliminação de brotações laterais, deixando-se apenas um caule. As mudas permaneceram na área de aclimatação por, aproximadamente, 20 dias, até serem expedidas.

A umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação foi mantida acima de 80%, por meio de um sensor de irrigação. Os valores de temperatura, de umidade relativa do ar e de luminosidade, ocorridos durante o período da coleta dos dados, encontram-se nos anexos 1, 2 e 3, respectivamente.

O controle fitossanitário das mudas foi realizado sempre que necessário, sendo o controle de modo curativo.

Os dados utilizados corresponderam à média mensal de enraizamento.

Monitoramento nutricional

Na amostragem dos tecidos foliares foram seguidas as seguintes orientações: foram coletadas folhas totalmente expandidas no terço médio da minicepa em fase de produção; não foi amostrado o pecíolo; evitou-se coletar folhas de minicepas recém colhidas; as folhas foram lavadas com água destilada antes de serem processadas para análise.

Nas minicepas cultivadas em leito de areia foram coletadas duas amostras compostas para cada clone, sendo que em cada amostra foram utilizadas dez minicepas. No minijardim clonal em tubetes foram coletadas duas amostras compostas nas linhas ímpares, com cada amostra a partir de dez minicepas de um mesmo clone. A frequência da coleta de amostras foi mensal nos anos de 2003 e 2004 e bimensal no ano de 2005.

Após lavagem, as amostras foram colocadas em estufa para secagem a $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, por um período de aproximadamente 24 horas. Após a secagem as amostras foram moídas. As análises foram feitas, determinando-se Ca, Mg, K, P e S em g Kg^{-1} e Zn, Cu, Fe e Mn em mg.kg^{-1} em extrato nitro-perclórico; N em g.Kg^{-1} em extrato sulfúrico; e B em mg kg^{-1} em extrato de ácido clorídrico, após a calcinação.

Análise dos dados

Para o pareamento dos dados, foi utilizado um critério temporal, de modo que os dados coletados foram pareados mensalmente para poder estabelecer o grau de associação linear entre as variáveis analisadas. Com os dados de número e enraizamento das miniestacas e análise química dos tecidos foliares, foram realizadas análises para estabelecer o tipo e o grau de associação entre concentrações de macro e micronutrientes nas minicepas, o número e a taxa de enraizamento das miniestacas. As análises foram feitas utilizando o *software Statistica*, versão 7.0, para cada tipo de minijardim clonal. As hipóteses avaliadas foram:

$$H_{0(ij)}: \rho_{X_i Y_j} = 0$$

$$H_{a(ij)}: \text{não } H_{0(ij)}$$

$\rho_{X_i Y_j}$: coeficiente de correlação linear entre as variáveis aleatórias X_i e Y_j ;

j: 1 e 2 (% de enraizamento e produtividade de miniestacas por minicepa);

i: 1, 2, ..., 11 (macro e micronutrientes);

Estas hipóteses foram avaliadas pela estatística F. As hipóteses foram avaliadas para níveis de significância de 5 %, 10% e 15% de probabilidade.

A Tabela 3 mostra as concentrações de macro e micronutrientes considerados adequados, elevados, baixos e deficientes para brotações de *Eucalyptus*, com idade entre 7 e 14 dias, em condição de minijardim clonal. Esses valores foram usados para discutir os resultados encontrados.

Tabela 3: Teores dos macro e micronutrientes considerados adequados, acima e abaixo dos adequados e deficientes para as brotações de *Eucalyptus*, com idade entre 7 e 14 dias, em condição de minijardim clonal.

Teor nutricional	Nutriente										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g.kg ⁻¹ -----					-----mg.kg ⁻¹ -----					
Alto	>40	>4	>30	>7	>4	>2,5	>70	>15	>220	>700	>80
Adequado	28-40	2,5-4	15-30	5-7	2-3	2-2,5	35-70	8-15	101-220	250-500	30-60
Baixo	20-28	1,5-4	10-15	3-5	1-2	1,3-2	20-35	5-8	75-100	150-250	20-30
Deficiente	<20	<1,5	<10	<3	<1	<1,3	<20	<5	<75	<150	<20

Fonte: Higashi *et al.*, 2000a.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de porcentagem de enraizamento e número de miniestacas por minicepa observadas nos dois tipos de minijardim clonal encontram-se na Tabela

4, e as médias das concentrações de nutrientes nas brotações, no minijardim clonal em leito de areia e em tubetes, são mostradas nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

Tabela 4: Médias de porcentagem de enraizamento e média do número de miniestacas por minicepa por coleta, observadas no minijardim clonal em leito de areia e no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Leito de areia		Tubetes	
	Enraizamento (%)	Nº de miniestacas	Enraizamento (%)	Nº de miniestacas
57	85,8	9,5	81,7	2,4
129	86,8	9,6	86,5	2,9
386	84,4	8,7	-	-
908	75,6	8,5	-	-
911	85,4	7,9	-	-
957	83,0	9,9	-	-
1046	73,2	10,0	71,9	2,6
1128	79,5	7,6	-	-
1206	78,7	7,8	-	-
1207	73,0	7,6	-	-
1213	79,8	11,8	76,5	3,1
1274	81,3	10,8	76,4	3,1
2719	88,2	8,9	86,5	3,3
7074	79,6	10,3	79,0	3,2

Tabela 5: Médias das concentrações de macro e micronutrientes nas miniestacas dos clones de *Eucalyptus*, no minijardim clonal em leito de areia.

Clones	Nutrientes										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
	----- (g kg ⁻¹) -----						----- (mg kg ⁻¹) -----				
57	39,00	3,60	23,60	6,80	3,20	1,10	34,73	13,21	102,51	1060,64	35,63
129	39,30	3,40	21,90	5,30	2,90	1,50	34,60	11,21	121,75	862,82	41,22
386	41,60	3,90	22,30	7,90	3,40	2,00	41,26	14,02	112,38	1367,13	43,00
908	36,40	3,20	26,10	7,90	3,30	1,20	26,68	10,04	62,75	470,27	36,62
911	39,80	4,00	23,10	5,60	3,10	1,50	41,15	8,20	101,82	750,54	44,59
957	42,50	3,50	21,10	7,00	3,20	1,60	36,78	10,60	112,66	1065,21	42,22
1046	40,70	4,00	24,40	6,30	3,30	1,60	36,55	11,04	105,35	991,57	38,17
1128	39,10	3,70	21,50	7,20	3,00	1,70	36,88	12,40	95,84	1258,12	38,41
1206	42,80	4,10	25,10	6,30	3,10	1,60	45,42	13,24	123,00	1247,30	42,52
1207	39,70	3,80	22,80	6,60	3,30	1,60	37,37	11,91	112,84	1015,12	40,99
1213	41,10	4,00	24,20	6,10	3,20	1,70	37,37	12,57	110,20	951,11	37,20
1274	41,40	4,00	25,20	6,20	3,20	1,50	38,57	11,83	119,60	1082,94	41,21
2719	34,50	3,60	19,90	7,10	2,60	1,50	33,27	15,37	147,25	957,15	42,60
7074	37,90	3,40	18,80	6,70	2,80	1,50	35,76	10,41	110,38	1033,97	40,87

Tabela 6: Médias das concentrações de macro e micronutrientes nas miniestacas dos clones de *Eucalyptus*, no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Nutrientes										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
	----- (g kg ⁻¹) -----						----- (mg kg ⁻¹) -----				
57	35,70	3,40	24,80	8,90	3,00	1,30	28,98	11,34	115,32	646,49	80,09
129	38,30	3,00	24,70	6,90	2,40	1,40	30,30	11,51	122,38	433,94	80,16
1046	38,50	3,70	24,30	7,80	3,20	1,40	33,26	10,36	129,88	599,79	65,79
1213	36,70	3,50	23,30	7,00	3,00	1,60	32,12	12,12	85,92	531,41	68,54
1274	36,80	3,40	25,90	7,40	2,70	1,50	60,65	11,19	127,17	529,12	79,38
2719	33,70	2,60	21,10	6,70	2,50	1,20	28,83	10,45	99,49	504,15	76,02
7074	35,40	3,00	22,70	7,50	2,80	1,50	30,83	9,54	107,17	570,26	79,37

Enraizamento

As correlações entre as concentrações de macro e micronutrientes e as taxas de enraizamento das miniestacas dos clones de *Eucalyptus*, no minijardim clonal em leito de areia e em tubetes, estão nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

Para nitrogênio, no minijardim clonal em leito de areia, foi observada correlação negativa significativa para o clone 957 e positiva significativa para o clone 57. No clone onde a correlação foi negativa, a média do teor de nitrogênio nas brotações encontrava-se em nível considerado alto ao comparar com as concentrações de nutrientes apresentados na Tabela 3, mostrando que para esse clone uma redução nos teores de nitrogênio poderia promover maior taxa de enraizamento. Para o clone onde a correlação foi positiva, a média do teor do nutriente nas brotações estava dentro de nível adequado e, apesar de estarem próximos do nível elevado, verificou-se que um aumento dos teores de nitrogênio nas brotações resultaria em incremento nas taxas de enraizamento. No minijardim clonal em tubetes, o coeficiente de correlação foi negativo significativo para o clone 1213, mesmo com a média da concentração do nutriente estando dentro de nível adequado. De modo geral, a faixa adequada de nitrogênio para o enraizamento das miniestacas foi dependente do material genético.

Essa divergência de resultados, de efeitos positivos e negativos do nitrogênio em relação ao enraizamento, também tem sido observada na literatura. Para Hartmann *et al.* (1997), de modo geral o nitrogênio está correlacionado negativamente com o enraizamento.

Fachinello *et al.* (1988), ao trabalharem com estacas de ramos de porta-enxerto de macieira (MM 106), concluíram que o aumento nos teores de açúcares solúveis e de nitrogênio total na estaca, não corresponderam aumento no enraizamento.

Tabela 7: Coeficiente de correlação de *Pearson* entre as concentrações de macro e micronutrientes e as taxas de enraizamento das miniestacas dos clones de *Eucalyptus*, no minijardim clonal em leito de areia.

Clones	Número de observações	Nutrientes										
		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
57	29	0,53 ¹	0,40 ¹	0,47 ¹	-0,43 ¹	0,27 ^{ns}	0,30 ³	0,35 ²	0,23 ^{ns}	0,40 ¹	0,22 ^{ns}	0,15 ^{ns}
129	28	0,22 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,37 ²	0,31 ³	0,16 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,16 ^{ns}
386	26	-0,06 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,32 ³	0,19 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,18 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,04 ^{ns}
908	20	0,13 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,12 ^{ns}
911	28	-0,15 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,03 ^{ns}
957	26	-0,38 ²	-0,11 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,17 ^{ns}
1046	27	-0,22 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,04 ^{ns}
1128	27	0,22 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,07	0,16 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,12 ^{ns}
1206	23	-0,25 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,36 ²	-0,21 ^{ns}	0,32 ³	0,01 ^{ns}	0,38 ²	0,28 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,33 ³
1207	26	0,04 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,51 ¹	0,13 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,46 ¹	0,23 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,44 ¹	0,31 ³
1213	28	0,09 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,34 ²	0,39 ¹	0,11 ^{ns}	0,31 ³	0,37 ²	-0,04 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,11 ^{ns}
1274	25	-0,19 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,28 ^{ns}
2719	26	-0,06 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,38 ²	0,30 ³	0,07 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,33 ²
7074	28	-0,24 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,33 ²	-0,07 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,10 ^{ns}

¹ = significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; ² = significativo em nível de 10% de probabilidade de erro; ³ = significativo em nível de 15% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

Tabela 8: Coeficiente de correlação de *Pearson* entre as concentrações de macro e micronutrientes e as taxas de enraizamento das miniestacas dos clones de *Eucalyptus*, no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Número de observações	Nutrientes										
		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
57	20	0,02 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,10	0,28 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,37 ³	0,13 ^{ns}	-0,06 ^{ns}
129	18	-0,30 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,16	0,12 ^{ns}	-0,50 ¹	-0,11 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,32 ^{ns}	-0,04 ^{ns}
1046	23	-0,17 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,10	-0,11 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,15 ^{ns}
1213	28	-0,52 ¹	-0,45 ¹	-0,04 ^{ns}	0,04	-0,29 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-0,39 ²	-0,05 ^{ns}	0,38 ³	-0,21 ^{ns}	0,65 ¹
1274	25	-0,14 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	0,04	-0,31 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,18 ^{ns}
2719	26	-0,05 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,13	0,12 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,20 ^{ns}
7074	28	-0,19 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,22	-0,03 ^{ns}	-0,30 ³	-0,09 ^{ns}	-0,30 ³	-0,05 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,30 ³

¹ = significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; ² = significativo em nível de 10% de probabilidade de erro; ³ = significativo em nível de 15% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

A porcentagem de enraizamento de microestacas de *Eucalyptus globulus* foi afetada pela nutrição com nitrato, devido a efeito de tratamentos externos, nos quais foram aplicadas concentrações tóxicas de nitrato (120 mM) (Schwambach *et al.*, 2005). Segundo os mesmos autores, a remoção do amônio e reposição com concentrações moderadas de nitrato revelou um significativo progresso no enraizamento.

Rosa (2006) utilizou nitrato e amônio na fertirrigação de minicepas de *Eucalyptus dunnii* em minijardim clonal e observou que a forma nitrogenada influenciou positivamente no enraizamento, sendo que com o uso da forma amoniacal os resultados foram superiores.

Pode-se verificar na Tabela 9 que para o nitrogênio a maioria das observações encontrava-se dentro de níveis adequados (conforme graduação da Tabela 3) no minijardim clonal em tubetes, o que pode explicar os resultados de correlações serem não significativos, exceto para o clone 1213, indicando que o manejo desse sistema de cultivo é satisfatório. No minijardim clonal em leito de areia houve, de modo geral, um balanço do número de observações entre os níveis alto e adequado. Ainda, os valores de concentrações nas brotações, enquadrados em níveis altos observados nos clones no minijardim em leito de areia, são muito próximos do nível adequado o que pode justificar as correlações não significativas. Esses resultados indicam que para cada clone e para os diferentes minijardins existe uma faixa de concentração adequada específica.

Tabela 9: Frequência de casos da concentração de acordo com as faixas de suficiência para nitrogênio, observados no minijardim clonal em leito de areia e no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Leito de areia				Tubetes			
	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente
57	14	15	-	-	-	20	-	-
129	12	16	-	-	3	15	-	-
386	18	8	-	-	-	-	-	-
908	13	7	-	-	-	-	-	-
911	13	15	-	-	-	-	-	-
957	20	6	-	-	-	-	-	-
1046	17	10	-	-	-	14	1	-
1128	8	19	-	-	-	-	-	-
1206	19	4	-	-	-	-	-	-
1207	11	15	-	-	-	-	-	-
1213	19	9	-	-	5	15	-	-
1274	20	5	-	-	3	15	-	-
2719	1	25	-	-	-	25	-	-
7074	5	23	-	-	1	27	-	-

Em relação ao fósforo, foi observada correlação positiva significativa, no minijardim clonal em leito de areia para o clone 57. Embora a média da concentração deste nutriente tenha sido enquadrada dentro de nível adequado, existe a necessidade da aplicação de uma maior dose visando aumentar o enraizamento, contrariando o que foi observado por Anuradha & Marayanan (1991). Esses autores relataram que a deficiência de fósforo aumenta o alongamento de raízes. No minijardim clonal em tubetes foi observada correlação negativa significativa para o clone 1213, mesmo a média da concentração do nutriente estando dentro de nível adequado nas miniestacas, indicando que o enraizamento seria favorecido se a dose de fósforo fosse reduzida.

Foi observado para o fósforo, comportamento semelhante ao do nitrogênio em relação aos números de casos da concentração, de acordo com as faixas de suficiência. Para o minijardim em leito de areia, um balanço entre os níveis alto e adequado e para o minijardim em tubetes, a maioria das observações

dentro da faixa adequada (Tabela 10), explicando as correlações não significativas.

Tabela 10: Frequência de casos da concentração de acordo com as faixas de suficiência para fósforo, observados no minijardim clonal em leito de areia e no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Leito de areia				Tubetes			
	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente
57	6	23	-	-	2	18	-	-
129	4	24	-	-	1	15	1	-
386	11	15	-	-	-	-	-	-
908	5	15	-	-	-	-	-	-
911	14	14	-	-	-	-	-	-
957	4	22	-	-	-	-	-	-
1046	18	9	-	-	7	16	-	-
1128	7	20	-	-	-	-	-	-
1206	17	6	-	-	-	-	-	-
1207	12	14	-	-	-	-	-	-
1213	17	11	-	-	4	16	-	-
1274	17	8	-	-	1	17	-	-
2719	1	25	-	-	-	19	6	-
7074	4	24	-	-	-	27	1	-

Para o potássio, foram constatadas correlações significativas positivas e negativas, no minijardim clonal em leito de areia, estando as médias de concentrações do nutriente dentro de níveis considerados adequados, em todos os clones. Essa diferença entre correlações positivas e negativas dentro de um nível semelhante de nutrição pode ser atribuída à influência do material genético. Para os clones 1206 e 7074 é necessária uma diminuição das dosagens de potássio visando aumentar os índices de enraizamento e, para os clones 57 e 129 o indicado é aumentar a dose desse nutriente.

Paula *et al.* (2000) e Higashi *et al.* (2000b) encontraram resultados semelhantes aos constatados no minijardim clonal em tubetes. Em seus experimentos, ao trabalharem com espécies de *Eucalyptus*, não observaram efeito significativo do potássio para a taxa de enraizamento.

No minijardim clonal em tubetes não foram observadas correlações significativas para potássio, o que pode ser explicado pelo fato de em todos os clones as concentrações do nutriente enquadrarem-se dentro de níveis adequados (Tabela 11), o mesmo ocorreu para os clones cultivados no minijardim em leito de areia. Entretanto, neste último sistema de cultivo foram observadas correlações significativas, indicando que as faixas de concentrações que são consideradas adequadas por Higashi *et al.* (2000a) não se aplicam para todos os clones estudados.

Tabela 11: Frequência de casos da concentração de acordo com as faixas de suficiência para potássio, observados no minijardim clonal em leito de areia e no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Leito de areia				Tubetes			
	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente
57	-	29	-	-	2	16	2	-
129	1	27	-	-	2	16	-	-
386	-	26	-	-	-	-	-	-
908	-	20	-	-	-	-	-	-
911	-	28	-	-	-	-	-	-
957	-	26	-	-	-	-	-	-
1046	1	26	-	-	1	22	-	-
1128	-	25	2	-	-	-	-	-
1206	2	21	-	-	-	-	-	-
1207	-	26	-	-	-	-	-	-
1213	1	26	1	-	1	19	-	-
1274	3	22	-	-	2	16	-	-
2719	-	24	2	-	1	24	-	-
7074	-	28	-	-	2	25	1	-

O cálcio é requerido para a alongação e divisão celular, no entanto, as altas concentrações deste nutriente observadas nas miniestacas (provenientes do minijardim clonal em leito de areia) traduziram-se em efeitos negativos significativos para o enraizamento, nos clones 57, 386, 1207, 1213 e 2719. Somente no clone 129 foi verificada correlação positiva significativa, sendo que neste clone as brotações tinham concentrações próximas de baixa do nutriente.

De modo geral, as concentrações que vem sendo empregadas de cálcio estão prejudicando o enraizamento da miniestacas, de modo que uma redução na quantidade aplicada desse nutriente favoreceria o enraizamento, exceto para o clone 129, que mostra-se menos eficiente na absorção de cálcio e logo, necessita de maiores quantidades do nutriente para manter índices de enraizamento elevados. Já no minijardim clonal em tubetes não foi verificada correlação significativa em nenhum clone. Tal divergência de “comportamento” pode ser atribuída a possíveis diferenças nas relações entre macro e micronutrientes existentes nos diferentes tipos de minijardim clonal.

A incapacidade de sustentar o crescimento de raízes adventícias em estacas de ervilha (*Pisum sativum*) na ausência de cálcio foi relatada por Eliasson (1978). Segundo Bellamine *et al.* (1998), o cálcio é um dos poucos minerais que influencia individualmente de forma marcante o enraizamento.

A frequência de casos da concentração de acordo com a faixa de suficiência para cálcio revelou, de modo geral, um balanço entre os níveis adequado e alto (Tabela12). Ainda, observou-se uma ampla variação das concentrações do nutriente, indicando que são necessários mais estudos que visem explicar o papel do cálcio no enraizamento adventício.

Tabela 12: Frequência de casos da concentração de acordo com as faixas de suficiência para cálcio, observados no minijardim clonal em leito de areia e no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Leito de areia				Tubetes			
	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente
57	13	14	2	-	17	3	-	-
129	5	21	2	-	8	10	-	-
386	18	6	2	-	-	-	-	-
908	10	8	2	-	-	-	-	-
911	1	20	7	-	-	-	-	-
957	13	13	-	-	-	-	-	-
1046	7	15	5	-	14	8	1	-
1128	14	8	4	-	-	-	-	-
1206	9	11	3	-	-	-	-	-
1207	9	13	4	-	-	-	-	-
1213	6	17	5	-	10	8	2	-
1274	8	12	5	-	12	5	1	-
2719	2	11	12	1	9	15	1	-
7074	11	17	-	-	16	11	1	-

No minijardim clonal em leito de areia, foram verificadas correlações positivas significativas do magnésio para os clones 1206 e 2719, indicando a necessidade de aumento da dose de magnésio para o enraizamento das miniestacas. Já o minijardim clonal em tubetes, não foi verificada correlação significativa em nenhum clone. O papel do magnésio durante a iniciação, crescimento e desenvolvimento radicular ainda não é claro, de forma que os dados encontrados em literatura não são suficientes para que se possa tirar conclusões mais claras.

Higashi *et al.* (2000b), ao estudarem a influência do estado nutricional da minicepa no enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus* spp. observaram correlação negativa entre a taxa de enraizamento e o teor de magnésio nas miniestacas.

Para todos os clones e nos dois tipos de minijardim, foi observada uma grande frequência de casos dentro de níveis adequados (Tabela 13), o que poderia explicar as correlações não significativas, indicando que o manejo dos

minijardins, em relação ao magnésio, está sendo realizado de maneira adequada, necessitando de ajustes somente para os clones 1206 e 2719 (no minijardim em leito de areia), pois esses clones mostraram-se mais exigentes ao nutriente.

Tabela 13: Frequência de casos da concentração de acordo com as faixas de suficiência para magnésio, observados no minijardim clonal em leito de areia e no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Leito de areia				Tubetes			
	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente
57	1	28	-	-	2	18	-	-
129	-	28	-	-	-	17	1	-
386	2	24	-	-	-	-	-	-
908	-	20	-	-	-	-	-	-
911	3	25	-	-	-	-	-	-
957	6	20	-	-	-	-	-	-
1046	4	23	-	-	4	19	-	-
1128	-	27	-	-	-	-	-	-
1206	3	20	-	-	-	-	-	-
1207	3	23	-	-	-	-	-	-
1213	-	28	-	-	2	17	1	-
1274	1	24	-	-	2	16	-	-
2719	-	26	-	-	-	21	4	-
7074	-	28	-	-	-	25	3	-

Para o enxofre, foi verificada correlação negativa significativa no clone 7074, no minijardim clonal em tubetes, sendo que este apresentava teor do nutriente nas brotações dentro de níveis considerados baixos e correlações positivas significativas para o clone 57, no minijardim clonal em leito de areia, quando as médias das concentrações estavam em níveis considerados deficientes. Desta forma, para o clone 57, um efeito positivo no enraizamento ocorreria com o aumento nos teores de enxofre e, para o clone 7074, o mesmo aconteceria com uma diminuição na dose desse nutriente.

A Tabela 14 mostra a frequência de casos da concentração, de acordo com a faixa de suficiência para enxofre. Pode-se observar que um maior número de casos é encontrado nos níveis baixo e deficiente, indicando que os teores

ideais de enxofre nas miniestacas, visando a um enraizamento satisfatório, estão no limite entre deficiente e baixo, contrariando os dados encontrados na literatura (Tabela 3, adaptada de Higashi *et al.*, 2000a).

Tabela 14: Freqüência de casos da concentração de acordo com as faixas de suficiência para enxofre, observados no minijardim clonal em leito de areia e no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Leito de areia				Tubetes			
	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente
57	4	3	15	7	1	1	6	12
129	2	2	14	10	2	1	6	9
386	5	7	8	6	-	-	-	-
908	1	2	10	7	-	-	-	-
911	3	1	16	8	-	-	-	-
957	3	5	11	7	-	-	-	-
1046	3	3	11	10	2	2	9	10
1128	5	2	18	2	-	-	-	-
1206	3	4	10	6	-	-	-	-
1207	3	4	11	8	-	-	-	-
1213	4	2	17	5	3	2	10	5
1274	2	2	13	8	2	1	4	11
2719	2	4	6	14		3	8	14
7074	-	4	17	7	3	3	11	11

No minijardim clonal em leito de areia, foi observado que o zinco influenciou positiva e significativamente o enraizamento dos clones 57, 1206, 1207, e 1213, indicando a necessidade de aumento das doses de zinco para obter aumento nas taxas de enraizamento, mesmo as miniestacas estando com teores adequados do nutriente. Já no minijardim clonal em tubetes, foi observada correlação negativa significativa para o clone 1213, mesmo com a média de concentração do elemento dentro de níveis adequados, nota-se a necessidade de diminuir a dosagem desse nutriente para aumentar o enraizamento deste clone.

Segundo Hartmann *et al.* (1997), o aumento dos níveis endógenos de ácido indolacético (AIA) pode ser favorecido pelo zinco, por meio de seu efeito no aumento da produção de triptofano, precursor natural do AIA e de substâncias

de reserva. Para Skoog (1940), o zinco não é requerido apenas para a síntese de auxina, mas para a manutenção de um estado ativo. A falta de zinco provoca excessiva destruição de auxinas, provavelmente por oxidação. Tais fatos justificam as correlações encontradas entre os teores de zinco e as taxas de enraizamento, anteriormente mencionados.

Em experimento conduzido por Schwambach *et al.* (2005), a porcentagem de enraizamento de microestacas de *Eucalyptus globulus* foi influenciada por zinco, em parte devido aos efeitos de tratamentos externos, nos quais a concentração de zinco foi deficiente. Para estes mesmos autores, a remoção do zinco resulta em decréscimo na porcentagem de enraizamento e queda no número de raízes por estaca, quando comparadas nas concentrações de 30 mM e 60 mM de zinco.

De um modo geral, observou-se uma maior frequência de casos dentro de níveis adequados no minijardim em leito de areia (Tabela 15), o que pode explicar os casos de correlações não significativas, e no minijardim em tubetes um balanço entre os níveis adequado e baixo. Esses resultados indicam que as faixas de concentrações consideradas adequadas pela literatura não se aplicam a todos os clones e todas as situações, sendo necessário o estabelecimento de níveis adequados para cada clone, nos diferentes sistemas de cultivo.

Tabela 15: Frequência de casos da concentração de acordo com as faixas de suficiência para zinco, observados no minijardim clonal em leito de areia e no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Leito de areia				Tubetes			
	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente
57	-	20	9	-	-	8	11	1
129	-	18	9	1	-	11	7	-
386	-	21	5	-	-	-	-	-
908	-	16	4	-	-	-	-	-
911	-	24	4	-	-	-	-	-
957	-	18	8	-	-	-	-	-
1046	-	15	12	-	-	16	7	-
1128	-	20	7	-	-	-	-	-
1206	-	22	1	1	-	-	-	-
1207	-	20	6	-	-	-	-	-
1213	-	22	6	-	-	14	6	-
1274	-	19	5	1	-	9	9	-
2719	1	15	7	3	-	9	14	2
7074	-	19	9	-	-	15	13	-

Para cobre constataram-se correlações positivas significativas entre o teor do nutriente e o enraizamento no minijardim clonal em leito de areia para o clone 1213, esse resultado mostra que existe uma necessidade de aumento da dose desse nutriente para aumentar a porcentagem de enraizamento das miniestacas. E no minijardim clonal em tubetes foi observado efeito negativo significativo entre o teor de cobre e a taxa de enraizamento para o clone 7074, sendo necessária uma diminuição nas doses de cobre, visando incremento nas taxas de enraizamento. As concentrações de cobre nas miniestacas estavam dentro de níveis adequados, nos dois tipos de minijardim.

Respostas de crescimento de raízes de cereais ao sulfato de cobre são dependentes da concentração, onde baixas concentrações estimulam o alongamento das raízes, e altas concentrações inibem o crescimento (Arnold *et al.*, 1994).

Para todos os clones foi verificada uma maior frequência de casos de concentração na faixa considerada adequada de cobre (Tabela 16), nos dois

sistemas de cultivo, o que pode explicar as correlações não significativas, indicando que os teores desse nutriente que vêm sendo empregado pela empresa são satisfatórios, exceto para os clones anteriormente mencionados, para os quais devem ser feitos alguns ajustes.

Tabela 16: Frequência de casos da concentração de acordo com as faixas de suficiência para cobre, observados no minijardim clonal em leito de areia e no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Leito de areia				Tubetes			
	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente
57	6	20	3	-	-	19	1	-
129	1	25	1	4	1	17	-	-
386	7	19	-	-	-	-	-	-
908	1	16	2	1	-	-	-	-
911	1	12	13	2	-	-	-	-
957	3	20	2	1	-	-	-	-
1046	2	21	3	1	-	22	1	-
1128	3	21	2	1	-	-	-	-
1206	6	16	1	-	-	-	-	-
1207	5	17	3	1	-	-	-	-
1213	8	18	2	-	1	19	-	-
1274	4	17	3	1	1	17	-	-
2719	7	15	4	-	1	20	5	-
7074	1	25	1	1	-	24	3	1

O aumento no teor de ferro favoreceu significativamente o enraizamento das miniestacas para o clone 57 no minijardim clonal em leito de areia, e para os clones 57 e 1213 no minijardim clonal em tubetes; apesar das concentrações do nutriente estarem dentro de níveis adequados ou muito próximos deste, verificou-se uma necessidade de aumentar a dose de ferro para um conseqüente aumento do enraizamento.

O ferro está relacionado à atividade de peroxidases, enzimas envolvidas no crescimento e expansão celulares, diferenciação e desenvolvimento, catabolismo de auxina e lignificação (Fang & Kao, 2000).

Na deficiência de ferro, a atividade de peroxidases diminui, conseqüentemente a formação da parede celular e a lignificação são prejudicadas, compostos fenólicos são acumulados na rizoderme (Romheld & Marschner, 1981) e liberados na solução externa (Olsen *et al.*, 1981), prejudicando a formação de raízes. Tinley (1961), ao estudar o efeito de ferro no enraizamento de estacas de *Hevea brasiliensis*, observou que nos tratamentos com adição de ferro em sua composição pode-se verificar um aumento do enraizamento em relação ao tratamento controle.

Para o ferro foi verificado, de modo geral, uma grande dispersão na freqüência de casos das faixas de suficiência nos dois tipos de minijardim (Tabela 17), indicando a necessidade de maiores estudos para adequar um protocolo eficiente de adubação.

Tabela 17: Freqüência de casos da concentração de acordo com as faixas de suficiência para ferro, observados no minijardim clonal em leito de areia e no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Leito de areia				Tubetes			
	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente
57	-	15	5	9	2	7	6	5
129	2	14	6	6	1	11	3	3
386	2	8	8	8	-	-	-	-
908	1	9	5	5	-	-	-	-
911	1	10	9	8	-	-	-	-
957	1	10	4	11	-	-	-	-
1046	-	11	8	8	2	8	8	5
1128	-	9	12	6	-	-	-	-
1206	1	13	4	5	-	-	-	-
1207	1	9	7	9	-	-	-	-
1213	1	11	6	10	-	6	8	6
1274	2	10	8	5	2	9	3	4
2719	2	8	5	11	1	10	6	8
7074	2	9	7	10	2	10	8	8

Verificou-se um efeito positivo significativo das concentrações de manganês para o enraizamento das miniestacas, no minijardim clonal em leito de

areia para o clone 1207. Pode-se inferir que existe a necessidade de aumentar as doses de manganês para este clone. Já para o minijardim clonal em tubetes não foi observada correlação significativa.

Na literatura os resultados são contraditórios, para alguns autores o manganês exerce influência positiva sobre o enraizamento e para outros o nutriente afeta negativamente os índices de enraizamento.

Marschner (1995), afirma que o manganês está envolvido no processo de alongamento celular: em estudo com raízes isoladas de tomate sob deficiência do nutriente e com alto suprimento de carboidratos, ocorreu declínio na extensão celular em menos de dois dias. Já para Blazich (1987), o manganês atua como ativador da AIA oxidase, que destrói as auxinas endógenas, influenciando negativamente o enraizamento.

A influência do manganês no enraizamento adventício foi relatada em estudo conduzido por Reuveni & Raviv (1981), em mudas de abacateiro (*Persea americana*), onde estacas de cultivares de difícil enraizamento apresentavam maiores níveis do nutriente nos tecidos foliares que as cultivares de fácil enraizamento.

Os teores de manganês nas brotações estavam dentro de níveis adequados no minijardim clonal em tubetes, para a maioria dos casos (Tabela 18), o que explica as correlações não significativas. Já para o minijardim em leito de areia houve um balanço entre os níveis adequado e alto das concentrações do nutriente.

Tabela 18: Frequência de casos da concentração de acordo com as faixas de suficiência para manganês, observados no minijardim clonal em leito de areia e no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Leito de areia				Tubetes			
	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente
57	24	5	-	-	5	15	-	-
129	17	11	-	-	-	17	1	-
386	19	7	-	-	-	-	-	-
908	8	12	-	-	-	-	-	-
911	10	18	-	-	-	-	-	-
957	19	7	-	-	-	-	-	-
1046	14	13	-	-	4	18	1	-
1128	19	8	-	-	-	-	-	-
1206	23	-	-	-	-	-	-	-
1207	19	6	1	-	-	-	-	-
1213	15	13	-	-	3	16	1	-
1274	18	7	-	-	2	16	-	-
2719	15	10	-	1	3	21	1	-
7074	17	11	-	-	4	23	1	-

O boro exerceu influência positiva significativa para os clones 1206, 1207 e 2719, no minijardim clonal em leito de areia, e para os clones 1213 e 7074, no minijardim clonal em tubetes. Os resultados permitem afirmar que existe necessidade de aumentar a dose de boro originando um conseqüente aumento das taxas de enraizamento, para os clones mencionados.

Os efeitos positivos do boro em relação ao enraizamento podem estar relacionados ao fato de que provavelmente este nutriente regule os níveis endógenos de auxinas durante o desenvolvimento de raízes (Jarvis *et al.*, 1983). Ainda, segundo Malavasi (1994), o boro faz parte da síntese do RNA e atua no processo de divisão celular.

Brencheley & Warington (1927), demonstraram as necessidades do boro para o desenvolvimento e crescimento das raízes adventícias, fato posteriormente confirmado por Middleton *et al.* (1978). Os últimos autores acrescentam que o ácido bórico estimula o crescimento das raízes e, portanto, sua falta inibe o crescimento das mesmas.

Considerando o papel de boro na divisão e na expansão celulares, este tem sido usado para o enraizamento de algumas espécies como: *Coffea arabica* (Ono *et al.*, 1993), *Coffea arabica* (Ono *et al.*, 1994), *Actidina deliciosa* (Ono *et al.*, 1998), *Camellia japonica* (Ono *et al.*, 1992a), *Hydrangea macrophylla* (Ono *et al.*, 1992b), *Actinidia chinensis* (Ono *et al.*, 1995), *Phaseolus vulgaris* (Hemberg, 1951) e *Helianthus annuus* (Josten & Kutschera, 1999), demonstrando que a sua presença favorece a produção de raízes.

No minijardim em leito de areia houve uma maior freqüência de casos de concentrações dentro de níveis adequados para todos os clones (Tabela19), e no minijardim em tubetes houve um balanço entre os níveis alto e adequado. Esses resultados indicam que existe uma faixa adequada para cada clone, nos diferentes minijardins.

Tabela 19: Freqüência de casos da concentração de acordo com as faixas de suficiência para boro, observados no minijardim clonal em leito de areia e no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Leito de areia				Tubetes			
	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente	Alto	Adequado	Baixo	Deficiente
57	-	20	9	-	15	4	-	1
129	1	20	6	1	12	5	1	-
386	-	23	3	-	-	-	-	-
908	-	13	6	1	-	-	-	-
911	-	26	1	1	-	-	-	-
957	-	21	5	-	-	-	-	-
1046	-	18	8	1	10	10	1	2
1128	-	15	10	1	-	-	-	-
1206	1	15	6	1	-	-	-	-
1207	2	14	9	1	-	-	-	-
1213	1	12	14	1	7	13	-	-
1274	2	14	8	1	11	6	1	-
2719	2	16	7	1	15	9	-	1
7074	1	21	5	1	16	11	1	-

Número de miniestacas por minicepa

As correlações entre as concentrações de macro e micronutrientes e o número de miniestacas de *Eucalyptus*, no minijardim clonal em leito de areia e em tubetes estão nas Tabelas 20 e 21, respectivamente.

Foi observada correlação positiva significativa entre o teor de nitrogênio e o número de miniestacas para o clone 1128, no minijardim clonal em leito de areia. No minijardim clonal em tubetes foi verificada correlação negativa significativa para os clones 2719 e 7074. O efeito positivo do nitrogênio em relação ao número de miniestacas pode estar relacionado ao fato deste nutriente ser responsável pelo crescimento vegetativo, traduzindo os aumentos nas concentrações em aumento de produtividade. Verifica-se a necessidade de aumentar as doses de nitrogênio para o clone 1128 (leito de areia) e diminuir a dose para os clones 2719 e 7074 (tubetes).

Rosa (2006) utilizou nitrato e amônio na fertirrigação de minicepas de *Eucalyptus dunnii* em minijardim clonal e observou que a forma nitrogenada influenciou positivamente na produtividade, com resultados superiores observados para a forma amoniacal. Ainda o autor encontrou resposta positiva e relação direta com a concentração de nitrogênio ministrada às minicepas, ou seja, a medida que a dose de nitrogênio foi aumentada, as minicepas responderam com maior produtividade de brotos.

Para o fósforo, foi observada correlação negativa para o clone 911, no minijardim clonal em leito de areia. Desta forma, pode-se afirmar que para este clone, diminuir a dosagem de fósforo induzirá um aumento de número de miniestacas. No minijardim clonal em tubetes não foi observada correlação significativa para nenhum clone.

Tabela 20: Coeficiente de correlação de *Pearson* entre as concentrações de macro e micronutrientes e o número de miniestacas dos clones de *Eucalyptus*, no minijardim clonal em leito de areia.

Clones	Número de observações	Nutrientes										
		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
57	25	0,10 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,33 ³	0,01 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,31 ³	-0,18 ^{ns}	-0,32 ³	0,26 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	0,02 ^{ns}
129	23	-0,05 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,23 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,52 ¹	-0,50 ¹	-0,36 ²	-0,08 ^{ns}	-0,43 ¹	0,22 ^{ns}
386	24	-0,13 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,39 ²	-0,02 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	0,14 ^{ns}
908	15	0,15 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,22 ^{ns}
911	24	-0,15 ^{ns}	-0,33 ³	0,08 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,32 ³	0,28 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,06 ^{ns}
957	22	-0,07 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,36 ²	-0,30 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
1046	22	0,13 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,51 ¹	0,12 ^{ns}	-0,32 ³	-0,16 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,45 ¹	0,14 ^{ns}
1128	21	0,39 ²	0,18 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,34 ³	-0,13 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,27 ^{ns}
1206	21	0,06 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,24 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,41 ²	-0,22 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	-0,19 ^{ns}
1207	22	0,16 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,29 ^{ns}	-0,51 ¹	-0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,17 ^{ns}
1213	23	-0,26 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
1274	21	-0,02 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,37 ²	0,07 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-0,42 ²	0,22 ^{ns}	-0,30 ^{ns}
2719	22	-0,05 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,36 ³	-0,06 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,23 ^{ns}	-0,11 ^{ns}
7074	23	0,22 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,47 ¹	-0,40 ²	-0,29 ^{ns}	-0,53 ¹	-0,35 ²	0,05 ^{ns}	-0,20 ¹	-0,52 ¹	0,11 ^{ns}

¹ = significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; ² = significativo em nível de 10% de probabilidade de erro; ³ = significativo em nível de 15% de probabilidade de erro; - = dados insuficientes; ns = não significativo.

Tabela 21: Coeficiente de correlação de *Pearson* entre as concentrações de macro e micronutrientes e o número de miniestacas dos clones de *Eucalyptus*, no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Número de observações	Nutrientes										
		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
57	15	-0,20 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,42 ³	0,60 ¹	-0,08 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,36 ^{ns}
129	13	-0,17 ^{ns}	-0,38 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,54 ²	0,15 ^{ns}
1046	19	-0,30 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,41 ²	0,31 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,44 ²	-0,23 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,28 ^{ns}	-0,03 ^{ns}
1213	16	-0,06 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,45 ²	-0,15 ^{ns}	-0,60 ¹
1274	13	0,07 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,48 ³	0,15 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,13 ^{ns}
2719	21	-0,38 ²	-0,24 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,17 ^{ns}
7074	23	-0,37 ²	-0,31 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,24 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,38 ²	-0,24 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,24 ^{ns}

¹ = significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; ² = significativo em nível de 10% de probabilidade de erro; ³ = significativo em nível de 15% de probabilidade de erro; - = dados insuficientes; ns = não significativo.

Com relação ao potássio foram observadas correlações positivas significativas, no minijardim clonal em leito de areia, para os clones 57 e 7074, estando esses resultados de acordo com os obtidos por Paula *et al.* (2000), os quais obtiveram efeitos positivos na produtividade de estacas de *Eucalyptus*. Já no minijardim clonal em tubetes os resultados encontrados foram contrários aos anteriormente citados, observando-se efeitos negativos significativos entre os teores de potássio e o número de miniestacas para o clone 7074. No minijardim clonal em leito de areia é necessário aumentar a dose de potássio visando maior número de estacas, no entanto, se for levada em consideração o enraizamento das miniestacas provenientes desse novo manejo, essa variável será prejudicada, para o clone 7074. Já para o minijardim clonal em tubetes uma diminuição na dose de potássio é necessária visando aumento do número de miniestacas, sem causar prejuízos ao enraizamento, tendo em vista que esse nutriente não apresentou efeito significativo sobre as taxas de enraizamento.

O cálcio influenciou negativa e significativamente o número de miniestacas, no minijardim clonal em leito de areia, nos clones 386, 1207, 1274 e 7074, e no minijardim clonal em tubetes, os clones 57 e 1046. Os altos teores de cálcio encontrados nas brotações podem explicar o efeito negativo deste nutriente. Deste modo, pode-se dizer que possivelmente o número de miniestacas é dependente de concentrações menores de cálcio do que as encontradas nas brotações. De modo geral, menores doses de cálcio, em relação ao que vem sendo empregado, são indicadas para aumentar o número de miniestacas por minicepa.

Para o magnésio, foi observado efeito negativo significativo para os clones 911, 1046 e 2719, no minijardim clonal em leito de areia; estes clones apresentavam concentrações do nutriente em níveis acima dos adequados. Já no minijardim clonal em tubetes, foi observado efeito positivo significativo para o clone 57, no qual a concentração nas brotações estava dentro de níveis adequados. De modo similar ao verificado para cálcio, o número de miniestacas é dependente da concentração de magnésio nas brotações. Assim, níveis elevados do nutriente nas brotações prejudicam o número de miniestacas, devendo ser

diminuídos e níveis adequados devem ser aumentados visando maior produtividade.

O enxofre influenciou negativa e significativamente o número de miniestacas, no minijardim clonal em leito de areia, os clones 57, 129, 1206 e 7074, indicando que uma diminuição nos teores deste elemento aumentaria a produtividade de miniestacas. No minijardim clonal em tubetes não houve correlação significativa.

O zinco influenciou negativa e significativamente a produtividade de miniestacas, no minijardim clonal em leito de areia, dos clones 129, 1046 e 7074, e no minijardim clonal em tubetes, o clone 7074, indicando que menores doses desse nutriente promoveriam aumento de produtividade. Isto pode ser justificado pelo fato de o zinco atuar na produção de triptofano, precursor natural do AIA (Hartmann *et al.*, 1997) e, um aumento nos níveis de auxina pode favorecer uma relação positiva entre auxina/citocinina, o que é prejudicial para a produtividade de miniestacas, favorecendo a produção de raízes.

Para o cobre, foram observadas correlações positivas significativas, no minijardim clonal em leito de areia, para os clones 957 e 1128 e negativas para os clones 57 e 129. Essa diferença de resultados pode ser atribuída aos diversos materiais genéticos.

Nos minijardins clonal em leito de areia, foram verificadas correlações negativas significativas entre os teores de ferro e a produtividade das minicepas, no minijardim clonal em leito de areia, para os clones 1274 e 7074 e, no minijardim clonal em tubetes, para o clone 1213. O ferro atua na atividade de peroxidase, enzima envolvida no crescimento e expansão celulares, diferenciação e desenvolvimento, catabolismo de auxina e lignificação (Fang & Kao, 2000). Desta forma, uma diminuição na dose de ferro aumentaria a produtividade das minicepas.

Para o manganês, foi observado efeito positivo significativo para produtividade, no minijardim clonal em tubetes, para o clone 129, de forma que para aumentar a produtividade é necessário aumentar a dose do nutriente. Já no minijardim clonal em leito de areia, as correlações observadas foram negativas

significativas, para os clones 129, 1046 e 7074, sendo necessária uma diminuição da dose de manganês para aumentar a produtividade das minicepas. Essa diferença de resultados pode ser atribuída a níveis muito elevados de manganês, encontrados nas brotações do minijardim clonal em leito de areia, podendo esse nutriente estar causando problemas de toxicidade nas miniestacas e conseqüentemente estar diminuindo o número de miniestacas.

O boro influenciou negativa e significativamente o número de miniestacas, no minijardim clonal em tubetes, desta forma uma diminuição da dose do nutriente aumentaria o número de miniestacas, no entanto ocorreria uma queda nas taxas de enraizamento, tendo em vista que o boro está correlacionado positivamente com o enraizamento das miniestacas, neste clone. Segundo Eaton (1940), as funções do boro estão relacionadas com a formação de hormônios e, os sintomas de deficiência de boro são similares à deficiência de auxina. Deste modo, os resultados encontrados estão condizentes, pois os teores de boro observados nas brotações estavam dentro de níveis adequados a elevados, o que possivelmente estaria favorecendo os níveis de auxina endógena e prejudicando a produtividade das minicepas.

A alta freqüência de casos de concentração da faixa de suficiência dos nutrientes dentro de níveis adequados ou próximos explica a ampla quantidade de correlações não significativas em relação ao estado nutricional e ao número de miniestacas, sendo semelhante ao que ocorre para o enraizamento de miniestacas, como discutido anteriormente.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados, as seguintes tendências podem ser apontadas:

- Os resultados indicam que a nutrição mineral desempenha papel importante no enraizamento adventício e no número de miniestacas de modo genótipo-dependente, gerando respostas diferenciadas, de acordo com cada nutriente, cada clone e, para os diferentes tipos de minijardim clonal.

- O manejo do minijardim clonal deve ser mudado, de forma a ser usado uma solução nutritiva ideal e específica para cada clone, nos diferentes minijardins. Desta forma, será possível utilizar todo o potencial de produtividade das minicepas e enraizamento das miniestacas.

- Para a manipulação de solução nutritiva, visando otimizar o processo, há necessidade de priorizar o objetivo, ou seja, maior enraizamento das miniestacas ou maior produtividade das minicepas, pois observa-se comportamento distinto de alguns nutrientes em relação a estas características.

- As faixas de concentrações de nutrientes nas brotações consideradas adequadas na literatura não se enquadram para muitos clones estudados, bem como nos dois sistemas de cultivo. Desta forma, devem ser conduzidos novos estudos visando definir níveis adequados dos nutrientes estudados, nas miniestacas dos clones de *Eucalyptus*, assim, soluções nutritivas usadas nos sistemas de cultivo estudados devem ser remanejadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 442p.

ANURADHA, M.; NARAYANAN, A. Promotion of root elongation by phosphorus deficiency. **Plant and Soil**, v.136, p. 273-275, 1991.

ARNOLD, M. A.; LINEBERGER, R. D.; STRUVE, D. K. Cooper compounds influence *in vitro* rooting of birch microcuttings. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.119, n.1, p. 74-79, 1994.

ASSIS, T. F. Evolution of technology for cloning *Eucalyptus* in large scale. In: IUFRO INTERNATIONAL SYMPOSIUM "DEVELOPING THE EUCALYPT OF THE FUTURE". Valdivia, Chile, 2001. **Syntheses...** Valdivia, Chile: IUFRO 2001. Electronic Publication in CD

ASSIS, T. F.; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, v.1, p.261-296, 1998.

BELLAMINE, J.; PENEL, C.; GREPPIN, H.; GASPAR, T. Confirmation of the role of auxin and calcium in the late phases of adventitious root formation. **Plant Growth Regulation**, v.26, p. 191-194, 1998.

BLAZICH, F. A. Mineral nutrition and adventitious rooting. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, p. 61 – 69, 1987 (Advances in Plant Sciences Series, 2).

BRENCHLEY, W. E.; WARINGTON, K. The role of boron in the growth of plants. **Annals of Botany**, v.41, p. 167-187, 1927.

CORRÊA, L. da R.; FETT-NETO, A. G. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Journal of Thermal Biology**, v.29, p. 315-324, 2004.

CORRÊA, L. da R.; PAIM, D. C.; SCHAWAMBACH, J. FETT-NETO, A. G. Carbohydrates as regulatory factors on the rooting of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Plant Growth Regulation**, v.45, p. 63-73, 2005.

DE KLERK, G. J.; VAN DER KRIEKEN, W.; DE JONG, J. G. Review – The formation of adventitious roots: New concepts, new possibilities. **In Vitro Cellular & Developmental Biology. Plant**. v.35, n.3, p. 189-199, 1999.

EATON, F. M. Interrelation in the effects of boron and indolacético acid on plant growth. **Botanical Gazette**, v.101, p. 700-705, 1940.

ELIASSON, L. Effects of nutrients and light on growth and root formation in *Pisum sativum* cuttings. **Physiologia Plantarum**, v.43, p.13-18, 1978.

FACHINELLO, J. C.; LUCCHESI, A. A.; GUTIERREZ, L. E. Influência do anelamento na nutrição e o enraizamento de estacas lenhosas do porta-enxerto (Malling-Merton 106). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.9, p. 1025-1031, 1988.

FANG, W. C.; KAO, C. H. Enhanced peroxidase activity in rice leaves in response to excess iron, copper and zinc. **Plant Science**, v.158, p. 71-76, 2000.

HAND, P. Biochemical and molecular markers of cellular competence for adventitious rooting. In: DAVIS, T. D. & HASSIG, B. E. **Biology of adventitious root formation**. New York: Plenum Press, p. 111-121, 1994. (Masic Life Sciences 62).

HARTMANN, H. T., KESTER, D. E., DAVIES JUNIOR, F. T., GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 6 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1997. 770p.

HEMBERG, T. Rooting experiments with hypocotyls of *Phaseolus vulgaris* L. **Physiologia Plantarum**, v.4, p. 358-369, 1951.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Monitoramento nutricional e fertilização em macro, mini e microjardim clonal de *Eucalyptus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000a. p. 191-217

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; FIRME, D. J.; LEITE, F. P.; GONÇALVES, A. N. Influência do estado nutricional da minitouça no enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus* spp. . In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, Santa Maria, 2000. **Anais...** Santa Maria: SBCS/SBM, 2000b. Cd-Room.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, **Enciclopédia dos municípios brasileiros**. Rio de Janeiro, 1969, v. 27, 459p.

JARVIS, B. C.; ALI, A. H. N.; SHAHEED, A. I. Auxin and boron interrelation to the rooting response and ageing of mung bean cuttings. **New Phytologist**, v.95,p. 509-518, 1983.

JOSTEN, P.; KUTSCHERA, U. The micronutrient boron causes the development of adventitious roots in sunflower cuttings. **Annals of botany**, v.84, p. 337-342, 1999.

MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas – perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 131-35, 1994.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press. 1995. 889p.

MENZIES, M. I. Management of stock plants for the production of cutting material. In: SYMPOSIUM IN IUFRO'S CENTENNIAL YEAR – MASS PRODUCTION TECHNOLOGY FOR GENETICALLY IMPROVED FAST GROWING FOREST TREE SPECIES, 1992, Bordeaux. **Syntheses...** Paris: AFOCEL, IUFRO, 1992. p. 145-158. (Colloque AFOCEL – IUFRO).

MIDDLETON, W.; JARVIS, B. C.; BOOTH, A. The boron requirement for root development in stem cuttings of *Phaseolus aureus* Roxb. **New Phytologist**, v.81, p. 287-297, 1978.

MOKOTEDI, M. E. O.; WATT, M. P.; PAMMENTER, N. W.; BLAKEWAY, F. C. *In vitro* rooting and subsequent survival of two clones of cold-tolerant *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus nitens* Hybrid. **Hortscience**, v.35, n.6, p. 1163-1165, 2000.

OLSEN, R. A.; BENNETT, J. H.; BLUME, D.; BROWN, J. C. Chemical aspects of the Fe stress response mechanism in tomatoes. **Journal of Plant Nutrition**, v.3, p. 905-921, 1981.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; RODRIGUES, S. D. Interações entre auxinas e boro no enraizamento de estacas de camélia (*Camellia japonica* L.). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.4, n.2, p. 107-112, 1992a.

ONO, E. O.; RODRIGUES, S. D.; RODRIGUES, J. D. Interações entre auxinas e boro no enraizamento de estacas de hortênsia (*Hydrangea macrophylla* Ser.). **Científica**, v.20, n.2, p. 413-422, 1992b.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z.; RODRIGUES, S. D. Enraizamento de estacas de café cv. Mundo Novo submetidas à tratamentos auxínicos e com boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.7, p. 773-777, 1993.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z.; Ação de auxinas e/ou boro no processo de formação de raízes em estacas de café (*Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo). **Arquivo de Biologia e Tecnologia**, v.37, n.1, p. 157-166, 1994.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. de Enraizamento de estacas caulinares de Kiwi (*Actinidia chinensis* Planch cv Abbott) tratadas com auxina e boro. **Scientia Agricola**, v.52, n.3, p. 462-468, 1995.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. Efeito de auxinas e boro no enraizamento de estacas caulinares de Kiwi retiradas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.2, p. 213-219, 1998.

PAULA, T. A.; SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E., N.; GONÇALVES, A. N. Efeito do potássio sobre a produção e enraizamento de estacas de *Eucalyptus*. In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, Santa Maria, 2000. **Anais...** Santa Maria: SBCS/SBM, 2000. Cd-Room.

REUVENI, O.; RAVIV, M. Importance of leaf retention to rooting of avocado cuttings. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.106, p. 127-130, 1981.

RÖMHELD, V.; MARSCHNER, H. Rhythmic iron stress reactions in sunflower at suboptimal iron supply. **Physiologia Plantarum**, v.53, p. 347-353, 1981.

ROSA, L. S. da **Adubação nitrogenada e substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2006. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SCHAWAMBACH, J.; FADANELLI, C.; FETT-NETO, A. G. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v.25, p. 487-494, 2005.

SKOOG, F. Relationships between zinc and auxin in the growth of higher plants. **American Journal of Botany**, v.27, p. 939-950, 1940.

TINLEY, G. H. Effect of ferric dimethyldithiocarbamate on the rooting of cuttings of *Hevea brasiliensis*. **Nature**, v.191, p. 1217-1218, 1961.

WILSON, P. J. Environmental preferences of *Eucalyptus globulus* stem cuttings in one nursery. **New Zeland Journal of Forestry Science**, v.28, n.3, p. 304-315, 1998.

XAVIER, A.; WENDLING, I. **Miniestaquia na clonagem de *Eucalyptus***. Viçosa, MG: SIF, 1998. 10p.

XAVIER, A.; ANDRADE, H. B.; OLIVEIRA, M. L.; WENDLING, I. Desempenho do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.25, n.4, p. 403-411, 2001.

ANEXOS

ANEXO 1 – Médias mensais de temperaturas mínimas, médias e máximas, em °C, observadas na região do Vale do Rio Doce, no município de Belo Oriente, MG.

2003	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Tmim	22,0	20,8	21,4	19,9	15,8	13,5	12,7	15,6	17,0	18,3	20,7	21,4
Tméd	25,4	26,1	25,8	24,1	21,2	19,7	19,1	20,7	22,6	24,1	25,2	25,7
Tmáx	31,0	33,3	32,6	30,7	29,1	29,2	28,0	27,8	29,7	31,1	31,3	32,2

2004	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Tmim	21,5	21,0	20,6	19,8	18,1	15,1	14,4	13,6	15,0	19,7	20,7	20,8
Tméd	24,8	24,5	24,3	23,2	21,5	19,4	18,8	19,5	21,7	24,4	25,6	24,7
Tmáx	30,1	29,9	30,2	29,0	27,2	26,4	25,4	27,7	30,6	31,1	32,5	31,2

2005	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Tmim	21,4	20,2	21,4	19,8	17,9	16,4	15,0	16,4	18,3	19,6	20,1	19,9
Tméd	25,2	24,2	25,0	24,1	22,1	20,5	19,8	21,7	22,7	25,6	23,2	23,9
Tmáx	32,0	31,7	30,8	30,9	28,8	26,9	26,9	28,9	28,7	33,1	28,1	29,6

ANEXO 2 – Médias mensais de umidade relativa do ar, em %, observadas na região do Vale do Rio Doce, no município de Belo Oriente, MG.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2003	85,8	75,4	77,5	82,3	81,2	80,7	78,0	75,7	72,2	65,8	72,8	77,6
2004	84,2	84,5	83,6	86,6	87,1	87,2	85,4	80,1	72,3	70,8	70,9	83,9
2005	84,2	83,1	85,1	82,2	83,7	83,2	78,7	73,2	75,3	62,7	82,2	79,9

ANEXO 3 – Médias mensais de radiação fotossinteticamente ativa, em $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}$, observadas na região do Vale do Rio Doce, no município de Belo Oriente, MG.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2003	32655	48822	41539	34866	30236	28771	29807	35667	38172	48030	48300	54584
2004	49006	49834	52289	46855	38657	39262	41108	54877	67669	72236	56681	40076
2005	40732	44045	33700	33398	26363	21337	26810	33006	28807	43580	30337	42967

CAPÍTULO 2 - RELAÇÕES ENTRE CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS COM O NÚMERO E O ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE EUCALIPTO

RESUMO

O conhecimento sobre o modo de ação dos fatores extrínsecos sobre o enraizamento é fundamental para o sucesso da produção de mudas por miniestaquia. O objetivo deste trabalho foi avaliar o grau de associação linear entre as condições meteorológicas com o número e o enraizamento de miniestacas de eucalipto, cultivados em dois tipos de minijardim (leito de areia e tubetes com subirrigação). Foram utilizados dados da CENIBRA, dentre os quais foram analisados os de enraizamento de miniestacas, de número de miniestacas por minicepa e dos dados de monitoramento climático. O número de miniestacas produzidas por minicepa e sua taxa de enraizamento foram correlacionados com os dados climáticos. A temperatura influencia de diferentes maneiras o enraizamento de miniestacas, sendo seu efeito variável, de acordo com o clone e tipo de minijardim clonal. Para o minijardim clonal em leito de areia, a diminuição da temperatura favorece o enraizamento; já para o minijardim clonal em tubetes com subirrigação, o enraizamento é favorecido pelo aumento da temperatura. Em relação ao número de miniestacas, o aumento da temperatura favorece a produção de miniestacas, independente do tipo de minijardim. A luz influenciou positivamente e a umidade relativa do ar negativamente o

enraizamento e o número de miniestacas, também independente do tipo de minijardim. Os dados desse estudo indicam que aumento na intensidade luminosa e diminuição da umidade relativa do ar favorecem tanto o enraizamento de miniestacas quanto o número de miniestacas produzidos pelas minicepas.

INTRODUÇÃO

O plantio de florestas clonais de eucalipto permite a preservação de genótipos de interesse e resulta em clones com melhor qualidade e homogeneidade. O sistema de clonagem tem sido baseado em enraizamento de miniestacas obtidas a partir de genótipos híbridos superiores e, desta forma, a propagação vegetativa tem se tornado uma importante ferramenta para aumentar a competitividade entre as empresas florestais, pois transforma os ganhos genéticos em benefícios para a indústria (Assis *et al.*, 2004).

Devido ao seu valor econômico, o gênero *Eucalyptus* tem se configurado em modelo para estudo de inúmeros processos fisiológicos em plantas arbóreas. Podem ser citados, a regeneração de plantas via embriogênese somática (Termignoni *et al.*, 1996), rizogênese adventícia em respostas a diversos fatores ambientais (Wilson, 1998; Fett-Neto *et al.*, 2001; Corrêa & Fett-Neto, 2004; Corrêa *et al.*, 2005), reguladores de crescimento (Fogaça & Fett-Neto, 2005), nutrição mineral (Schwambach *et al.*, 2005), características genéticas (Hand, 1994) e sanidade das estacas (Alfenas *et al.*, 2004). Sendo esses estudos importantes no sentido de estabelecer protocolos para a propagação clonal, propiciando a seleção de genótipos de interesse.

Essas variações originam-se de uma interação de fatores internos e externos inerentes, presentes nas células das plantas (Bhattacharya, 1987; Greenwood, 1992). Embora a maioria dos fatores envolvidos na propagação vegetativa de plantas tenha sido identificada, existe uma carência muito grande a respeito da importância individual, da interação destes fatores no processo de propagação, assim como da fisiologia do processo (Thompson, 1992).

O conhecimento da luz, da temperatura e da umidade ideais para o crescimento e desenvolvimento de vegetais é de suma importância para um eficiente protocolo de propagação, seja *in vitro*, seja diretamente no substrato, como terra ou vermiculita. No entanto, ainda não há estudos detalhados sobre a influência das condições ambientais sobre a rizogênese do eucalipto.

A intensidade de luz pode influenciar fortemente a produtividade e o enraizamento de estacas por redução ou aumento de substâncias fenólicas endógenas, as quais podem agir como inibidores ou promotores, dependendo das concentrações nos tecidos e da espécie (Assis *et al.*, 2004). Segundo os mesmos autores, a luz também pode afetar a concentração endógena de citocininas, que possuem funções inibidoras do enraizamento.

Boas condições de iluminação favorecem o transporte basípeto de auxinas endógenas, se comparadas às plantas sombreadas (Morelli & Ruberti, 2002) e, conseqüentemente, podem afetar a rizogênese adventícia.

A temperatura pode influenciar o enraizamento, atuando principalmente na absorção de nutrientes e no metabolismo, especialmente em regiões de clima subtropical. Logo, esse fator ambiental deve ser ajustado para uma ótima produção de miniestacas (Corrêa & Fett-Neto, 2004). Ainda, segundo Wendling *et al.* (1999), a produção de miniestacas de *Eucalyptus* apresenta variação conforme a temperatura que pode influenciar na emissão de novas brotações.

Para Wilson (1998), a temperatura mais adequada para o enraizamento de explantes está entre 20 e 30°C. Hansen (1989), observou que a temperatura de 17°C por nove semanas seguidas, inibe quase que completamente a emissão de raízes em *Stephanotis floribunda*, no entanto, com a temperatura inicial de 17°C por duas, três ou quatro semanas e após mantida a 23°C, a percentagem de estacas de ramos enraizadas é de 92 a 98%.

A umidade constitui um dos fatores primordiais e de relevante importância para a propagação vegetativa, sendo mais crítica para as estacas com folhas (Zuffelato-Ribas & Rodrigues, 2001). A presença de folhas nas estacas é um forte estímulo ao enraizamento. Entretanto, deve-se manter a umidade do ar elevada, favorecendo as estacas e reduzindo a transpiração pelas folhas. Quando

ocorre murchamento pronunciado das estacas, devido a redução de umidade, danos irreversíveis podem ocorrer e mesmo sob condições normais de umidade, as estacas não voltam a enraizar (Hartmann *et al.*, 1997).

A formação de raízes adventícias envolve o crescimento e síntese de novos compostos, sendo estes influenciados de diferentes maneiras pelo status hídrico. Deste modo, a pressão de turgor é essencial para promover a força necessária à expansão celular (Malavasi, 1994), facilitando a emergência de raízes nos propágulos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as relações entre condições meteorológicas com o número e o enraizamento de miniestacas de eucalipto, nos minijardins clonais em canaletão de areia (fertirrigação por gotejamento) e em tubetes com subirrigação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizados bancos de dados do viveiro da Celulose Nipo-Brasileira S. A. – CENIBRA, localizada no Município de Belo Oriente - MG. Os dados utilizados foram referentes ao número e ao enraizamento de miniestacas e os dados de monitoramento climático (luz; temperatura máxima, média e mínima; e umidade relativa do ar).

O município de Belo Oriente - MG, localiza-se na região do Vale do Rio Doce, com clima do tipo Cwa (subtropical, chuvoso e mesotérmico), segundo a classificação de Köeppen, latitude de 19°18'23" S e longitude 42°22'46" W e uma altitude média de 363 m. Apresenta precipitação média anual de 1.233 mm. Temperatura média anual de 21°C, com máxima média de 27°C e mínima média de 14°C (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 1969).

Os dados analisados foram referentes ao período de 2003 a 2005, e incluíram os clones que continham uma maior quantidade de dados disponíveis. Os clones analisados foram: 57, 2719 (clones *Eucalyptus grandis* x desconhecido); 129, 7074 (clones de *Eucalyptus grandis*); 386, 908, 911, 957

(clones de *Eucalyptus urophylla*) e 1046, 1128, 1206, 1207, 1213, 1274 (clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*), no minijardim clonal em leito de areia. Para as análises de número de miniestacas no minijardim clonal cultivado em tubetes, foram usados os mesmos clones, exceto os clones: 957, 1206 e 1207, pela pequena quantidade de dados observados.

Esses clones constituíam minijardim oriundos do enraizamento de miniestacas propagadas pelo método da estaquia convencional (Xavier & Wendling, 1998).

Os dados foram originados de minijardins cultivados em leito de areia sob teto translúcido retrátil, com fertirrigação por gotejamento, e outro em que as minicepas eram cultivadas em tubetes com subirrigação, sob abrigo de teto translúcido fixo. Foi realizada uma aplicação contínua de nutrientes com água (a água era aplicada conforme a necessidade das minicepas), nos dois sistemas de cultivo. A fertirrigação foi efetuada através de sistema automatizado, sendo usadas as soluções nutritivas apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Solução nutritiva estoque usada no minijardim clonal cultivado em leito de areia, com fertirrigação por gotejamento.

Fertilizante	Dose (g 1000L⁻¹)
Nitrato de cálcio	33.300
Sulfato de Amônio	13.300
Ácido Fosfórico	3.300
Cloreto de Potássio	11.100
Sulfato de Magnésio	14.400
Ácido Bórico	1.222,2
Sulfato de Zinco	122,2
Sulfato de Cobre	166,7
Sulfato Ferroso	3.222,2
EDTA Dissódico	4.666,7
Sulfato de Manganês	666,7
Molibdato de Sódio	33,3

Tabela 2: Solução nutritiva estoque usada no minijardim clonal cultivado em tubete, com subirrigação.

Fertilizante	Dose (g 1000L⁻¹)
Nitrato de Cálcio	80.000
Sulfato de Amônio	27.800
Ácido Fosfórico	5.000
Cloreto de Potássio	20.000
Sulfato de Magnésio	14.400
Ácido Bórico	311,1
Sulfato de Zinco	27,8
Sulfato de Cobre	42,2
Sulfato Ferroso	1.222,2
EDTA Dissódico	1.833,3
Sulfato de Manganês	666,7
Molibdato de Sódio	11,1

Para evitar salinização, em ambos os sistemas de cultivo, quinzenalmente foi aplicada uma lâmina de água pura de 10 mm e a cada dois meses uma lâmina de água pura de 20 mm. A solução nutritiva estoque apresentava $EC = 1,0$ a $1,5$ $mS.cm^{-1}$, durante os meses mais quentes do ano, e de $1,5$ a $2,0$ $mS.cm^{-1}$, nos meses mais frios. Para todos os nutrientes, permitiu-se uma variação de dose em torno de 10%. O pH das soluções foi mantido entre 5,5 e 6,5.

Coleta das brotações

A coleta das brotações para preparo de miniestacas foi feita de forma seletiva e contínua, de modo a manter as minicepas em bom estado vegetativo, e com sistema radicular ativo. A periodicidade das coletas foi de aproximadamente uma coleta por semana. Foram coletadas miniestacas apicais com dimensões variando entre 4 e 6 cm, contendo dois a três pares de folhas, sendo estas

cortadas pela metade. O número médio de estacas obtido a cada mês foi utilizado nas análises estatísticas.

Enraizamento

Após serem coletadas e preparadas, as miniestacas foram colocadas em tubetes contendo um substrato composto de partes iguais de casca de arroz carbonizada e vermiculita granulometria grossa. Este substrato recebeu adição de: 8,0 kg.m³ de superfosfato simples; 0,695 kg.m³ de sulfato de amônio; 0,208 kg.m³ de cloreto de potássio; 0,014 kg.m³ de sulfato de zinco; 0,014 kg.m³ de sulfato de cobre; 0,014 kg.m³ de sulfato de manganês; e 0,028 kg.m³ de ácido bórico. Os tubetes plásticos tinham capacidade de 50 cm³.

Para o enraizamento, as miniestacas permaneceram em casa de vegetação por um período de 15 a 25 dias, seguindo, posteriormente, para a casa de sombra, com sombrite de 50%, por 5 a 7 dias. Na saída da casa de sombra, foi feita uma primeira seleção das mudas, separando-se as enraizadas das não enraizadas, e agrupando-as por tamanho. As mudas, de acordo com o tamanho, foram transferidas para bandejas, de modo a preencher 30% de seus orifícios, e permaneceram em uma área de crescimento de 15 a 20 dias. Ao sair da área de crescimento, foi feita uma segunda seleção das mudas, de modo semelhante à primeira, exceto pela eliminação de brotações laterais, deixando-se apenas um caule. As mudas permaneceram na área de aclimatação por, aproximadamente, 20 dias, até serem expedidas.

A umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação foi mantida acima de 80%, por meio de um sensor de irrigação. Os valores de temperatura, de umidade e de luminosidade, ocorridos durante o período da coleta dos dados, encontram-se nos anexos 1, 2 e 3, respectivamente.

O controle fitossanitário das mudas foi realizado sempre que necessário, sendo o controle de modo curativo.

Os dados utilizados corresponderam à média mensal de enraizamento.

Monitoramento climático

Os dados referentes à luz, à umidade relativa do ar e à temperatura foram obtidos de uma estação climática automática, instalada próxima ao viveiro da empresa. O sensor de temperatura e umidade relativa do ar usado foi um Vaisala modelo HMP45C e o sensor de radiação fotossinteticamente ativa (luz) foi um Kipp & Zonen modelo PAR LITE - LI190SB. Os dados climáticos foram coletados diariamente, mas para as análises foram usadas médias mensais.

Análise dos dados

Para o pareamento dos dados, foi utilizado um critério temporal, de modo que os dados coletados foram pareados mensalmente para poder estabelecer o grau de associação linear entre as variáveis analisadas. Com os dados de número e enraizamento das miniestacas e dados do monitoramento climático, foram realizadas análises para estabelecer o tipo e o grau de associação entre as condições climáticas e a taxa de enraizamento das miniestacas, e o número de miniestacas. As análises foram feitas utilizando o *software Statistica*, versão 7.0, para cada tipo de cultivo. As hipóteses avaliadas foram:

$$H_{0(ij)}: \rho_{X_i Y_j} = 0$$

$$H_{a(ij)}: \text{não } H_{0(ij)}$$

$\rho_{X_i Y_j}$: coeficiente de correlação linear entre as variáveis aleatórias X_i e Y_j ;

j: 1 e 2 (% de enraizamento e produtividade de miniestacas por minicepa);

i: 1, 2, 3, 4, 5 (variáveis climáticas);

Estas hipóteses foram avaliadas pela estatística F. As hipóteses foram avaliadas para níveis de significância de 5 %, 10% e 15% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram interpretados e discutidos somente para as correlações significativas, tanto para enraizamento quanto para o número de miniestacas.

As médias de porcentagem de enraizamento e o número de miniestacas por minicepa observadas nos dois sistemas de cultivo encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3: Médias de porcentagem de enraizamento e média do número de miniestacas por minicepa por coleta, observadas no minijardim clonal em leito de areia e no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Leito de areia		Tubetes	
	Enraizamento (%)	Nº de miniestacas	Enraizamento (%)	Nº de miniestacas
57	87,3	9,4	81,3	2,4
129	87,1	9,5	84,2	3,0
386	84,6	8,9	81,3	2,8
908	75,6	8,5	74,2	2,6
911	85,5	7,8	84,7	2,8
957	83,2	9,9	76,8	-
1046	73,9	10,0	72,4	2,5
1128	79,5	7,7	74,6	2,6
1206	78,0	7,6	67,9	-
1207	73,1	7,6	67,2	-
1213	79,5	11,8	76,8	3,2
1274	81,4	10,9	76,6	3,2
2719	88,5	8,9	86,9	3,2
7074	82,5	10,2	79,0	3,1

Enraizamento

As correlações entre o monitoramento climático e as taxas de enraizamento das miniestacas dos clones de *Eucalyptus*, no minijardim clonal em leito de areia e no minijardim clonal em tubetes estão nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4: Coeficiente de correlação de *Pearson* entre os dados climáticos e as taxas de enraizamento das miniestacas dos clones de *Eucalyptus*, no minijardim clonal em leito de areia.

Clones	Número de observações	Monitoramento climático				Umidade
		Luz	Temp min	Temp med	Temp max	
57	35	0,00 ^{ns}	-0,60 ¹	-0,52 ¹	-0,36 ¹	-0,41 ¹
129	33	0,13 ^{ns}	-0,26 ³	-0,09 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,62 ¹
386	34	0,00 ^{ns}	-0,26 ³	-0,12 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,37 ¹
908	21	-0,20 ^{ns}	-0,59 ¹	-0,54 ¹	-0,38 ²	-0,15 ^{ns}
911	35	0,00 ^{ns}	-0,34 ¹	-0,25 ³	-0,11 ^{ns}	-0,22 ^{ns}
957	33	-0,23 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,12 ^{ns}
1046	34	-0,06 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,15 ^{ns}
1128	35	-0,13 ^{ns}	-0,48 ¹	-0,39 ¹	-0,28 ³	-0,34 ¹
1206	35	0,08 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,11 ^{ns}
1207	35	0,00 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
1213	35	0,22 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,32 ²	-0,32 ²
1274	35	0,10 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,26 ³
2719	32	-0,08 ^{ns}	-0,32 ²	-0,24 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,38 ¹
7074	34	0,07 ^{ns}	-0,40 ¹	-0,29 ²	-0,12 ^{ns}	-0,30 ²

¹ = significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; ² = significativo em nível de 10% de probabilidade de erro; ³ = significativo em nível de 15% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

Tabela 5: Coeficiente de correlação de *Pearson* entre os dados climáticos e as taxas de enraizamento das miniestacas dos clones de *Eucalyptus*, no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Número de observações	Monitoramento climático				
		Luz	Temp min	Temp med	Temp max	Umidade
57	31	-0,14 ^{ns}	-0,60 ¹	-0,47 ¹	-0,26 ³	-0,47 ¹
129	2	0,57 ¹	-0,01 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,47 ¹	-0,50 ¹
386	34	0,15 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,32 ²	-0,26 ³
908	20	-0,09 ^{ns}	-0,44 ²	-0,30 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,39 ²
911	23	0,52 ¹	0,36 ²	0,49 ¹	-0,34 ³	0,55 ¹
957	19	0,32 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,46 ¹	0,67 ¹	-0,14 ^{ns}
1046	32	0,47 ¹	0,34 ²	0,54 ¹	0,68 ¹	-0,55 ¹
1128	30	0,11 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,02 ^{ns}
1206	15	0,21 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,35 ^{ns}
1207	22	-0,18 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,04 ^{ns}
1213	35	0,33 ²	0,41 ¹	0,47 ¹	0,52 ¹	-0,09 ^{ns}
1274	30	0,23 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,28 ³	0,34 ²	-0,19 ^{ns}
2719	33	0,18 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,39 ¹	-0,48 ¹
7074	35	0,42 ¹	0,25 ^{ns}	0,43 ¹	0,58 ¹	-0,56 ¹

¹ = significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; ² = significativo em nível de 10% de probabilidade de erro; ³ = significativo em nível de 15% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

Para o minijardim clonal em leito de areia, não foi observada correlação significativa entre a luz e a taxa de enraizamento das miniestacas. A luz exerceu efeito positivo para o enraizamento, no minijardim clonal em tubetes, de modo que um aumento nos índices de radiação fotossinteticamente ativa, possivelmente, aumentaria as taxas de enraizamento. Fett-Neto *et al.* (2001) também observaram influência da luz sobre a rizogênese adventícia.

Alfenas *et al.* (2004) afirmam que a luz influencia indiretamente no enraizamento, pois os produtos da fotossíntese, particularmente carboidratos e reguladores de crescimento, são fundamentais para a iniciação e o desenvolvimento radicular. Os mesmos autores salientam ainda que deve-se fornecer luminosidade satisfatória, de modo a obter níveis adequados de

fotossíntese e, conseqüentemente, acúmulo de reservas e substâncias indutoras de enraizamento.

Boas condições de iluminação favorecem o transporte basípeto de auxinas endógenas, se comparado às plantas sombreadas (Morelli & Ruberti, 2002) e, conseqüentemente podem afetar a rizogênese adventícia.

Corrêa *et al.* (2005) observaram redução na resposta rizogênica de estacas retiradas de plantas de *Eucalyptus saligna*, após a exposição destas a quatro semanas de escuro, o que foi parcialmente recuperado com o uso de sacarose no meio de cultivo. Poucas diferenças foram notadas em estacas provenientes de plantas-mãe sob 30 a 60 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa.

No minijardim clonal em leito de areia, foram observadas correlações negativas em relação à temperatura, de um modo geral, com exceção dos clones 1213. Desta forma, é necessária uma mudança no manejo desse minijardim, de modo a diminuir a temperatura e conseqüentemente aumentar o enraizamento.

Já no minijardim clonal em tubetes, foram averiguadas correlações positivas, exceto para os clones 57 (em todos os níveis de temperatura) e 908 (temperatura mínima).

A temperatura tem importante função regulatória no metabolismo das plantas, afetando o enraizamento; ainda a divisão celular é favorecida com o aumento da temperatura e conseqüentemente auxilia na formação de raízes. No entanto, temperatura excessivamente alta, durante a fase de enraizamento, estimula o desenvolvimento de gemas laterais antes do aparecimento de raízes (Hartmann *et al.*, 1997).

No período de coleta dos dados foi verificada uma ampla oscilação de temperatura (Gráfico 1), sendo esta maior nos meses mais frios. Segundo Gomes (1987), amplas oscilações térmicas são altamente deletérias ao enraizamento. Essa variação na temperatura pode explicar a maioria dos efeitos negativos verificados no minijardim clonal em leito de areia. Por neste minijardim existir o sistema de teto retrátil, as variações de temperatura podem estar atuando de forma mais intensa que no minijardim clonal em tubetes (com teto fixo), o que explicaria as diferenças encontradas nos dois tipos de minijardim, tendo em vista

a afirmação feita por Corrêa & Fett-Neto (2004), os quais relatam que a temperatura pode influenciar o enraizamento, atuando principalmente na absorção de nutrientes e no metabolismo.

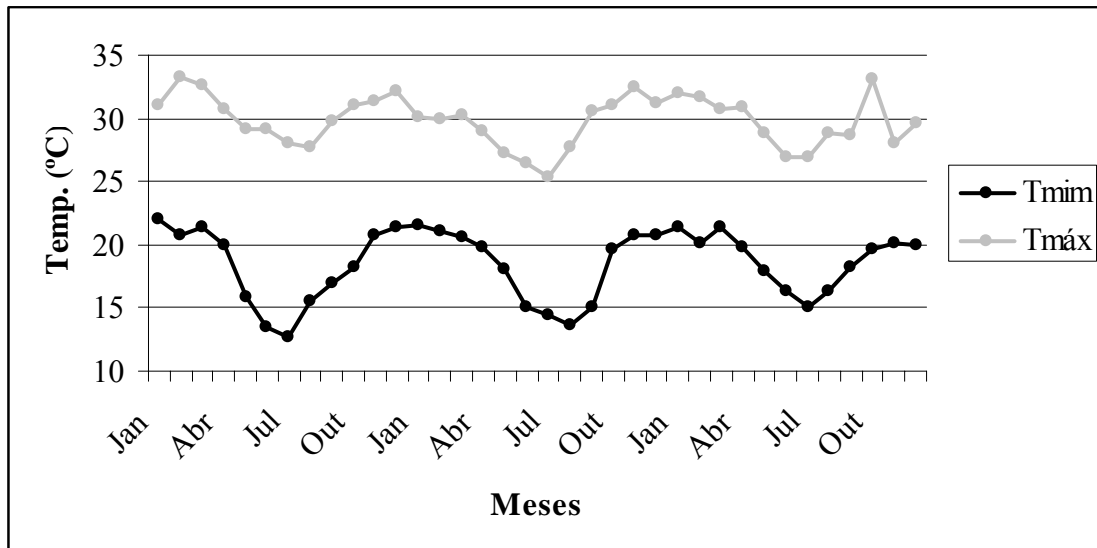


Gráfico 1: Temperaturas mínimas e máximas observadas no período de coleta dos dados (jan/2003 a out/2005).

A umidade relativa do ar influenciou negativamente o enraizamento, independente do tipo de minijardim. Segundo Xavier (2002), a umidade ao redor da estaca tem grande efeito no seu estado hídrico, em virtude de as mesmas não possuírem meios para absorver água e nutrientes. No entanto, o excesso também é prejudicial, por dificultar as trocas gasosas, propiciar o desenvolvimento de doenças, impedir o enraizamento e provocar a morte dos tecidos. Desta forma, pode-se inferir que esteja ocorrendo um excesso de umidade relativa do ar, o que está prejudicando a formação de raízes.

Número de miniestacas por minicepa

As correlações entre o monitoramento climático e o número de miniestacas por minicepa dos clones de *Eucalyptus*, no minijardim clonal em

leito de areia e no minijardim clonal em tubetes estão nas Tabelas 6 e 7, respectivamente.

Tabela 6: Coeficiente de correlação de *Pearson* entre os dados climáticos e a produtividade das minicepas dos clones de *Eucalyptus*, no minijardim clonal em leito de areia.

Clones	Número de observações	Monitoramento climático				
		Luz	Temp min	Temp med	Temp max	Umidade
57	30	0,17 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,25 ^{ns}	-0,44 ¹
129	28	0,41 ¹	0,37 ²	0,49 ¹	0,48 ¹	-0,42 ¹
386	30	0,35 ²	0,40 ¹	0,51 ¹	0,54 ¹	-0,17 ^{ns}
908	16	-0,33 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,18 ^{ns}
911	30	0,20 ^{ns}	0,34 ²	0,34 ²	0,25 ^{ns}	-0,01 ^{ns}
957	28	0,47 ¹	0,18 ^{ns}	0,28 ³	0,35 ²	-0,29 ³
1046	29	-0,26 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,05 ^{ns}
1128	28	0,23 ^{ns}	0,49 ¹	0,56 ¹	0,52 ¹	-0,10 ^{ns}
1206	29	0,17 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,10 ^{ns}
1207	29	0,29 ³	0,28 ³	0,32 ²	0,28 ³	-0,16 ^{ns}
1213	30	0,20 ^{ns}	0,35 ²	0,49 ¹	0,56 ¹	-0,25 ^{ns}
1274	30	0,24 ^{ns}	0,30 ³	0,38 ¹	0,48 ¹	-0,01 ^{ns}
2719	28	-0,09 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,01 ^{ns}
7074	30	0,27 ³	0,20 ^{ns}	0,33 ²	0,39 ¹	-0,38 ¹

¹ = significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; ² = significativo em nível de 10% de probabilidade de erro; ³ = significativo em nível de 15% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

Tabela 7: Coeficiente de correlação de *Pearson* entre os dados climáticos e a produtividade das minicepas dos clones de *Eucalyptus*, no minijardim clonal em tubetes.

Clones	Número de observações	Monitoramento climático				
		Luz	Temp min	Temp med	Temp max	Umidade
57	26	0,34 ²	-0,07 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,39 ¹
129	18	0,19 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,36 ³	-0,49 ¹
386	29	0,28 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,38 ¹	0,54 ¹	-0,51 ¹
908	13	-0,03 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,39 ^{ns}
911	14	0,73 ¹	0,58 ¹	0,69 ¹	0,69 ¹	-0,36 ^{ns}
1046	27	0,24 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,18 ^{ns}
1128	20	0,37 ³	0,35 ³	0,32 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,01 ^{ns}
1213	30	0,13 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,30 ³	0,34 ²	-0,18 ^{ns}
1274	22	0,07 ^{ns}	0,37 ²	0,35 ³	0,25 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
2719	29	0,25 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,32 ²	-0,09 ^{ns}
7074	30	0,10 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,36 ¹	0,45 ¹	-0,33 ²

¹ = significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; ² = significativo em nível de 10% de probabilidade de erro; ³ = significativo em nível de 15% de probabilidade de erro; ns = não significativos.

A luz influenciou positivamente a produtividade das minicepas, nos dois sistemas de cultivo, indicando que uma suplementação nos índices de radiação fotossinteticamente ativa seria favorável, visando um aumento do número de miniestacas.

Segundo Assis *et al.* (2004), a intensidade de luz pode influenciar fortemente o número e o enraizamento de estacas por redução ou aumento de substâncias fenólicas endógenas, as quais podem agir como inibidores ou promotores, dependendo das concentrações nos tecidos e da espécie. Segundo os mesmo autores, a luz também pode afetar a concentração endógena de citocininas, que possuem funções de inibidoras do enraizamento.

Em relação à temperatura foram observados efeitos positivos em todos os níveis de temperatura, nos dois tipos de minijardim. Os resultados indicam que o aumento da temperatura implicaria em aumento de número de miniestacas.

Segundo Wendling *et al.* (1999), o número de miniestacas apresenta variação conforme a temperatura que pode influenciar na emissão de novas brotações.

Rosa (2006), observou menor produção de miniestacas no período de temperaturas mais baixas ao trabalhar com *Eucalyptus dunnii* no processo de miniestaquia, o que está de acordo com os resultados observados, já que um aumento da temperatura mínima favorece a produtividade das minicepas, nos diferentes tipos de minijardim clonal.

Para a umidade relativa do ar, foram observadas correlações negativas para o número de miniestacas, em ambos os minijardins. No período de coleta dos dados foi verificada uma média de umidade relativa do ar em torno de 80%, o que pode estar influenciando negativamente a produção de brotos, tendo em vista que uma umidade relativa do ar elevada, por prejudicar as trocas gasosas e propiciar o aparecimento de doenças, pode estar afetando a produtividade de brotos.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados, as seguintes tendências podem ser apontadas:

- Aumentos na intensidade luminosa e diminuição da umidade relativa do ar favorecem tanto o enraizamento quanto o número de miniestacas.

- O fator temperatura influencia de diferentes maneiras o enraizamento de miniestacas, sendo dependente dos clones e do tipo de minijardim clonal. Para o minijardim clonal em leito de areia, uma diminuição da temperatura favorece o enraizamento, já para o minijardim clonal em tubetes, o enraizamento é favorecido pelo aumento da temperatura. Em relação ao número de miniestacas, o aumento da temperatura favorece a produção de miniestacas, independente do tipo de minijardim.

- Especial atenção deve ser dada ao analisar o local onde será instalado o viveiro, devendo-se estar atento às condições climáticas do local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 442p.

ASSIS, T. F.; FETT-NETO, A. G.; ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwood with emphasis on *Eucalyptus*. In: Walter, C. & Carson, M. **Plantation forest biotechnology for the 21th century**. New Delhi, India: Research Sign Post, v.1, p. 303-333, 2004.

BHATTACHARYA, N. C. Enzyme activities during adventitious rooting. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, 1987. p. 88 - 101. (Advances in Plant Sciences Series, 2).

CORRÊA, L. da R.; FETT-NETO, A. G. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Journal of Thermal Biology**, v.29, p. 315-324, 2004.

CORRÊA, L. da R.; PAIM, D. C.; SCHAWAMBACH, J. FETT-NETO, A. G. Carbohydrates as regulatory factors on the rooting of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Plant Growth Regulation**, v.45, p. 63-73, 2005.

FETT-NETO, A. G.; FETT, J. P.; GOULART, L. W. V.; PASQUALI, G.; TERMIGNONI, R. R.; FERREIRA, A. G. Distinct effects of auxin and light on adventitious root development in *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**. v.21, p. 457-464, 2001.

FOGAÇA, C. M.; FETT-NETO, A. G. Role of auxin and its modulators in the adventitious rooting of *Eucalyptus* species differing in recalcitrance. **Plant Growth Regulation**, v.45, p. 1-10, 2005.

GOMES, A. L. **Propagação clonal: princípios e particularidades**. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1987. 69 p.

GREENWOOD, M. S. Theoretical aspects of juvenility and maturation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. **Mass production technology for genetically improved fast growing forest tree species**. Bordeaux: 1992. (Colloque AFOCEL IUFRO, Paris, 1992).

HAND, P. Biochemical and molecular markers of cellular competence for adventitious rooting. In: Davis, T. D. & Hassig, B. E. **Biology of adventitious root formation**. New York: Plenum Press. p. 111-121, 1994. (Masic Life Sciences 62).

HANSEN, J. Influence of cutting position and temperature during rooting on adventitious root formation and axillary bud break of *Stephanotis floribunda*. **Scientia Horticulturae**, v.40, p.345-354, 1989.

HARTMANN, H. T., KESTER, D. E., DAVIES JUNIOR, F. T., GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 6 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1997. 770p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE, **Enciclopédia dos municípios brasileiros**. Rio de Janeiro, 1969, v. 27, 459p.

MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas – perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 131-35, 1994.

MORELLI, G.; RUBERTI, I. Light and shade in the photocontrol of *Arabidopsis* growth. **Trends in Plant Science**, v.7, n.9, p. 399-404, 2002.

ROSA, L. S. da **Adubação nitrogenada e substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2006. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SCHAWAMBACH, J.; FADANELLI, C.; FETT-NETO, A. G. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v.25, p. 487-494, 2005.

TERMIGNONI, R. R.; WANG, P. J.; HU, C. Y. Somatic embryo induction in *Eucalyptus dunnii*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v.45, p.129-132, 1996.

THOMPSON, D. G. Current state-of-the-art of rooting cuttings and a view to the future. In: SYMPOSIUM IN IUFRO'S CENTENNIAL YEAR – MASS PRODUCTION TECHNOLOGY FOR GENETICALLY IMPROVED FAST GROWING FOREST TREE SPECIES, 1992, Bordeaux. **Syntheses...** Paris: AFOCEL, IUFRO, 1992. p. 159-172. (Colloque AFOCEL – IUFRO).

WENDLING, I.; XAVIER, A.; TITON, M. Miniestaquia na silvicultural clonal de *Eucalyptus*. **Folha Florestal**, v.1, p. 16-17, 1999.

WILSON, P. J. Environmental preferences of *Eucalyptus globulus* stem cuttings in one nursery. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v.28, n.3, p. 304-315, 1998.

XAVIER, A.; WENDLING, I. **Miniestaquia na clonagem de *Eucalyptus***. Viçosa, MG: SIF, 1998. 10p.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal I: princípios e técnicas de propagação vegetativa**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 64p. (Caderno didático, 92).

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos**. Curitiba: UFPR, 2001. 39p.

ANEXOS

ANEXO 1 – Médias mensais de temperaturas mínimas, médias e máximas, em °C, observadas na região do Vale do Rio Doce, no município de Belo Oriente, MG.

2003	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Tmim	22,0	20,8	21,4	19,9	15,8	13,5	12,7	15,6	17,0	18,3	20,7	21,4
Tméd	25,4	26,1	25,8	24,1	21,2	19,7	19,1	20,7	22,6	24,1	25,2	25,7
Tmáx	31,0	33,3	32,6	30,7	29,1	29,2	28,0	27,8	29,7	31,1	31,3	32,2

2004	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Tmim	21,5	21,0	20,6	19,8	18,1	15,1	14,4	13,6	15,0	19,7	20,7	20,8
Tméd	24,8	24,5	24,3	23,2	21,5	19,4	18,8	19,5	21,7	24,4	25,6	24,7
Tmáx	30,1	29,9	30,2	29,0	27,2	26,4	25,4	27,7	30,6	31,1	32,5	31,2

2005	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Tmim	21,4	20,2	21,4	19,8	17,9	16,4	15,0	16,4	18,3	19,6	20,1	19,9
Tméd	25,2	24,2	25,0	24,1	22,1	20,5	19,8	21,7	22,7	25,6	23,2	23,9
Tmáx	32,0	31,7	30,8	30,9	28,8	26,9	26,9	28,9	28,7	33,1	28,1	29,6

ANEXO 2 – Médias mensais de umidade relativa do ar, em %, observadas na região do Vale do Rio Doce, no município de Belo Oriente, MG.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2003	85,8	75,4	77,5	82,3	81,2	80,7	78,0	75,7	72,2	65,8	72,8	77,6
2004	84,2	84,5	83,6	86,6	87,1	87,2	85,4	80,1	72,3	70,8	70,9	83,9
2005	84,2	83,1	85,1	82,2	83,7	83,2	78,7	73,2	75,3	62,7	82,2	79,9

ANEXO 3 – Médias mensais de radiação fotossinteticamente ativa, em $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}$, observadas na região do Vale do Rio Doce, no município de Belo Oriente, MG.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2003	32655	48822	41539	34866	30236	28771	29807	35667	38172	48030	48300	54584
2004	49006	49834	52289	46855	38657	39262	41108	54877	67669	72236	56681	40076
2005	40732	44045	33700	33398	26363	21337	26810	33006	28807	43580	30337	42967

RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES

Muitas são as variáveis envolvidas no processo de propagação clonal de espécies florestais, incluindo desde a temperatura, a luz e a umidade relativa do ar, parcialmente controláveis, até o metabolismo dos propágulos, fator mais complexo e ainda pouco estudado.

Com base nos resultados, as seguintes recomendações e sugestões são apresentadas:

- Para a manipulação de solução nutritiva, visando otimizar o processo, há necessidade de priorizar o objetivo, ou seja, maior enraizamento das miniestacas ou maior produtividade das minicepas, pois observa-se comportamento distinto de vários nutrientes em relação a estas características. De modo geral, aumento nos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, manganês e cobre aumentariam as taxas de enraizamento das miniestacas, bem como de produtividade das minicepas, no entanto, para obter os mesmos resultados, o adequado seria diminuir os teores de cálcio e enxofre. Já para magnésio, zinco, ferro e boro, o indicado é aumentar as doses desses nutrientes visando aumento dos índices de enraizamento, entretanto, para aumentar a produtividade das minicepas os teores desses nutrientes deveriam ser reduzidos.

- Manipular as casas de vegetação onde são cultivados os minijardins clonais de modo a aumentar a intensidade luminosa e diminuir a umidade relativa do ar, visando aumentar o número e o enraizamento de miniestacas.

- Adoção de manejos diferentes em relação à manutenção da temperatura nas casas de vegetação onde são cultivados os minijardins. Visto isso, o manejo deve ser feito de forma a diminuir a temperatura no minijardim clonal em leito de areia, visando aumentar o enraizamento. E no minijardim clonal em tubetes, aumentar a temperatura, visando alcançar o mesmo objetivo.

- Diversos estudos devem ser realizados com a finalidade de abordar fatores como a manipulação da intensidade de luz, a regulação da umidade relativa do ar no interior das casas de vegetação onde são cultivados os minijardins clonais e os efeitos da temperatura no enraizamento.