

Crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto cultivadas sob condições de diferentes fontes de fertilizantes

Erci Marcos Del Quiqui^{1*}, Sueli Sato Martins², José Carlos Pinto², Paulo José Parazzi de Andrade³ e Antonio Saraiva Muniz²

¹Engenheiro Agrônomo, Rua Paranaguá, 578, 87400-000, Cruzeiro do Oeste, Paraná, Brasil. ²Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. ³Instituto Ambiental do Paraná, Av. Bento Munhos da Rocha Neto, 16, 87030-100, Maringá, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: ercimarcos@ehnet.com.br

RESUMO. Em trabalho realizado em viveiro florestal setorizado, estudou-se o efeito da aplicação de diferentes fontes de nutrientes para produção de mudas de *E. saligna*, *E. grandis* e *E. citriodora*, cultivadas em tubetes com volume de 50 cm³ e substrato comercial. As mudas de cada uma das espécies estudadas foram submetidas a nove tratamentos com quatro repetições, sendo cada parcela composta por bandeja de 16 tubetes. A utilização de fontes de nutrientes de liberação lenta permitiu maior acúmulo de nutrientes na parte aérea das mudas, com exceção do fósforo e potássio, que apresentaram maiores teores em *E. citriodora*. Para *E. saligna* e *E. citriodora*, a fertilização com micronutrientes e adubação foliar, não propiciou benefícios significativos no acúmulo de nutrientes na matéria seca das mudas de eucalipto estudadas.

Palavras chaves: nutrição mineral, mudas de eucalipto, fertilizantes.

ABSTRACT. *Growth and mineral composition of eucalyptus seedlings cultivated under conditions of different sources of fertilizers.* The objective of this work was to evaluate the effects of different fertilizers on the growth and mineral composition of eucalyptus seedlings. Three species of eucalyptus (*E. saligna*, *E. grandis* and *E. citriodora*), nine fertilizers (differing in composition and solubility - rate of nutrient liberation: high and low liberation), and 4 replications were used in this study. The eucalyptus seedlings were cultivated into plastic tubes (50cm³) with commercial substratum, under controlled conditions of illumination and irrigation, during a period of 6 months. Results showed that the use of slow release fertilizers resulted in a larger accumulation of nutrients in the shoot part of the eucalyptus seedlings, except for phosphorus and potassium, that the high contents values were noticed for *E. citriodora*. For *E. saligna* and *E. citriodora*, the utilization of micro nutrients and foliar fertilization did not result in a significantly increase in dry mass production of eucalyptus seedlings.

Key words: mineral nutrition, eucalyptus seedlings, fertilizers.

Introdução

O setor florestal do Estado do Paraná é considerado um dos mais promissores do país. O desenvolvimento de novas tecnologias, desde a produção de sementes e mudas, o manejo adequado visando a alta produtividade e os modernos processos utilizados pelas indústrias de celulose, papel, móveis, dentre outros, faz com que a atividade florestal paranaense apresente grandes possibilidades de ampliar sua participação na balança comercial, através das exportações (Sema, 2002).

A produção de mudas é uma das fases mais importantes para o estabelecimento dos povoamentos florestais. A nutrição adequada das mesmas e o uso de substrato de cultivo apropriado são fatores essenciais para assegurar boa adaptação e crescimento

após o plantio.

No viveiro, a primeira fase de desenvolvimento das mudas, da germinação das sementes até 30-35 dias após, apresenta crescimento lento, pois a plântula direciona a maior parte de suas energias para a expansão da área foliar e a formação de raízes, quando o nitrogênio (N) e o fósforo (P) são os elementos mais importantes. A partir dos 40 dias após a germinação, a demanda de nutrientes é mais intensa, em função do rápido crescimento das mudas (Barros *et al.*, 1997). Para atender a essa demanda, a suplementação dos nutrientes pode ser conseguida com base no estudo das curvas de acúmulo de biomassa e de nutrientes, tendo-se com isso a quantificação da necessidade nutricional numa determinada fase de crescimento, permitindo melhor

definição da fertilização a ser empregada (Barros *et al.*, 2000).

A demanda de nutrientes pela planta depende da sua taxa de crescimento e da eficiência com que ela converte os nutrientes absorvidos em biomassa. Para um mesmo material genético, numa determinada região, há uma relação relativamente estreita entre a taxa de crescimento e acúmulo de nutrientes na biomassa (Barros *et al.*, 2000). Entretanto, diferenças na eficiência nutricional entre procedências e híbridos de eucalipto têm sido constatadas, podendo representar um fator importante na economia ou no emprego mais racional de fertilizantes (Molica, 1992; Paula *et al.*, 1997).

Existem, basicamente, dois métodos de fertilização de mudas em viveiro: a adubação de base, que consiste em incorporar corretivos e fertilizantes ao substrato; e a adubação de cobertura, realizada através da aplicação de fertilizantes pelo sistema de irrigação (Valeri, 1999).

A eficiência das adubações, principalmente aquelas realizadas em cobertura, depende basicamente das doses e fontes dos nutrientes utilizados, da capacidade de troca catiônica do substrato e das suas características físicas. Uma das alternativas para se aumentar a eficiência dessas adubações seria a realização de um maior parcelamento das doses. Tal prática, entretanto, resulta em aumento significativo no custo operacional. Outra alternativa seria a utilização de adubos com liberação lenta ou controlada de nutrientes, como o osmocote (Sgarbi *et al.*, 1999).

O osmocote é um fertilizante constituído de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), disponível em várias formulações, que apresenta taxa de liberação de nutrientes de 3 a 18 meses, dependendo da espessura da resina que reveste seus grânulos. A água do solo penetra na resina e dissolve os nutrientes que são gradualmente liberados no solo, sendo que a taxa de transferência dos nutrientes do grânulo para o meio externo é mais influenciada pela espessura da membrana de revestimento e pela temperatura, do que pelo pH e pela atividade microbológica do meio (Braccini *et al.*, 1999).

Em recipientes de pequeno volume (50 cm³), por exemplo, ressalta-se a importância e a necessidade do uso de fontes de nutrientes de liberação lenta, pois permite às raízes absorver quantias de nutrientes durante um maior intervalo de tempo. Desse modo, há

uma compensação do reduzido volume de substrato a ser explorado, em especial no momento em que a muda tem volume adequado de raízes para a absorção de água e nutrientes, além de suficiente área foliar para absorção de CO₂ e energia radiante. Este período, para o eucalipto, ocorre a partir de quarenta dias, após a semeadura (Barros *et al.*, 1997).

Para cada substrato ou mistura de substrato a ser utilizada deve-se, primeiramente, conduzir estudos para determinar a capacidade do substrato em reter e fornecer nutrientes aplicados via fertilizantes. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento e a composição mineral de mudas de eucalipto cultivadas com diferentes fontes comerciais de nutrientes.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Horto Florestal do município de Mandaguari, pertencente ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP). O município encontra-se na região Noroeste do Estado do Paraná, tendo como coordenadas 23°31' a 23°32' latitude sul e 51°39' a 51°40' longitude oeste, a uma altitude de 650 metros. O clima, segundo classificação de Köppen, é do tipo Cfa (h) - clima tropical modificado pela altitude, com verão quente e temperatura média anual situada entre 21°C e 22°C, e precipitação média em torno de 1.500mm por ano (Iapar, 1994).

Para a realização deste trabalho foram utilizadas mudas de eucalipto de três espécies: *Eucalyptus grandis*, procedência de Anhembi – (SP); *E. saligna*, procedente de Itatinga – (SP) e *E. citriodora*, de Restinga - (SP). A semeadura foi direta, utilizando-se semeadoras do tipo seringa para as espécies *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. Para a espécie *E. citriodora*, a semeadura foi manual, depositando-se de três a cinco sementes por tubete acomodados em área coberta por sombrite (25% de transparência). Nesta fase as mudas receberam três irrigações diárias por meio de microaspersão. O raleio das mudas ocorreu vinte e dois dias após a semeadura, deixando-se apenas uma muda em cada tubete. A plântulas permaneceram nestas condições por 64 dias, quando então foram transferidas para a área de “rustificação”, a pleno sol.

Antes da instalação do experimento, foi retirada uma amostra do substrato comercial usado nos tubetes para análise química, de acordo com metodologia descrita em Embrapa (1997) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de pH e teores de Ca, K, P, Fe, Cu, Zn, Mn e C presentes no substrato.

CaCl ₂	pH	cmol dm ⁻³					mg dm ⁻³				g dm ⁻³	
	H ₂ O	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	P	Fe	Cu	Zn	Mn	C
5,3	5,3	4,28	0,00	23,55	16,22	1,78	700	63	1	54	42	56

Análise realizada no Laboratório de Solos do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná.

Foi utilizado delineamento em blocos casualizados e cada uma das três espécies de eucalipto estudadas foram submetidas a nove tratamentos com quatro repetições, descritos no Tabela 2. Cada parcela foi composta por 16 tubetes de polipropileno de secção quadrada de quatro estrias e volume de 50cm³, dispostos em bandejas.

Tabela 2. Tratamentos utilizados na produção das mudas de *Eucalyptus citriodora*, *E. saligna*, *E. grandis*, segundo fontes de nutrientes.

Tratamentos	Características de fornecimento	Formulação de N- P ₂ O ₅ - K ₂ O
1	Liberção lenta	17-7-12
2	Liberção lenta	15-9-12 + micro *
3	Liberção lenta	14-14-14
4	Pronta disponibilidade	17-7-12
5	Pronta disponibilidade	15-9-12 + micro *
6	Pronta disponibilidade	14-14-14
7	Adubaçõ foliar	30-10-10 + micro **
8	Adubaçõ foliar	20-10-10 + micro **
9	Sem adubaçõ	00-00-00 (testemunha)

* Valores em % de micronutrientes com relação ao adubo utilizado B 0,02; Cu 0,05; Fe 0,45; Mo 0,02; Zn 0,05; ** Valores em % de micronutrientes com relação ao adubo utilizado Mn 0,025; Mo 0,0009; B 0,0068; Cu 0,0036; Fe 0,05; Zn 0,0022.

As doses utilizadas para os fertilizantes capsulados de liberção lenta (osmocote) foram de 3kg m⁻³ de substrato. Para a adubaçõ via foliar, a dose utilizada foi de 1g L⁻¹ de água. Para os adubos de pronta disponibilidade foram utilizados produtos puros e calculadas as mesmas dosagens de nutrientes contidas no produto capsulado.

Os tratamentos com adubaçõ via foliar receberam uma aplicaçõ do formulado 9-45-15 + micro (Mn 0,025%; Mo 0,0009%; B 0,0068%; Cu 0,0036%; Fe 0,05% e Zn 0,0025%) logo após a germinaçõ, na dosagem de 1 grama do adubo por litro de água.

Passados cento e oitenta dias da sementeira, seccionou-se a parte aérea das mudas na altura do colo. O material vegetal foi seco em estufa de circulaçõ de ar forçada a 65°C por 72 horas para a determinaçõ da massa da matéria seca. Após, o material vegetal foi moído (moinho tipo Willey) e amostras foram utilizadas para as determinaçõs químicas segundo metodologias descritas por Malavolta *et al.* (1997).

A análise estatística foi realizada pelo método dos quadrados mínimos, por meio do programa SAEG, utilizando-se para a comparaçõ de médias, o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados e discussõ

A massa de matéria seca da parte aérea das mudas de eucalipto das espécies *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* não diferiu entre si. No entanto, os valores foram significativamente superiores em relaçõ à espécie *Eucalyptus citriodora* (Tabela 3).

Tabela 3. Massa da matéria seca (g amostra⁻¹) da parte aérea das mudas de eucalipto cultivadas com diferentes fontes de nutrientes (média de 4 repetições).

Tratamento	<i>E. grandis</i>	<i>E. saligna</i>	<i>E. citriodora</i>
1	0,82 ± 0,102 a	1,63 ± 0,091 a	0,78 ± 0,096 b
2	1,18 ± 0,096 a	1,46 ± 0,087 a	1,34 ± 0,108 a
3	1,13 ± 0,089 a	1,22 ± 0,089 a	1,02 ± 0,092 ab
4	0,12 ± 0,089 c	0,16 ± 0,089 b	0,16 ± 0,088 c
5	0,08 ± 0,091 c	0,20 ± 0,087 b	0,18 ± 0,087 c
6	0,21 ± 0,087 c	0,18 ± 0,089 b	0,32 ± 0,087 c
7	0,18 ± 0,088 c	0,25 ± 0,088 b	0,17 ± 0,090 c
8	0,68 ± 0,088 b	0,20 ± 0,088 b	0,15 ± 0,098 c
9	0,14 ± 0,092 c	0,17 ± 0,089 b	0,10 ± 0,099 c
Média dos tratamentos	0,59 A	0,65 A	0,49 B

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada espécie (colunas). Letras maiúsculas comparam médias entre as espécies (linhas).

Em relaçõ ao efeito de tratamento, os maiores valores de massa de matéria seca da parte aérea da mudas de *Eucalyptus grandis* foram verificados nos tratamentos 2 (15-9-12 + micro, liberção lenta), 3 (14-14-14, liberção lenta) e 1 (17-7-12, liberção lenta), seguidos pelo tratamento 8 (20-10-10 + micro, adubaçõ foliar). Nos demais tratamentos, os valores não diferiram significativamente entre si. Para o *Eucalyptus saligna* foram superiores os tratamentos 1 (17-7-12, liberção lenta), 2 (15-9-12 + micro, liberção lenta) e 3 (14-14-14, liberção lenta). Para o *Eucalyptus citriodora*, foram superiores os tratamentos 2 (15-9-12 + micro, liberção lenta) e 3 (14-14-14, liberção lenta), e este semelhante ao tratamento 1 (17-7-12, liberção lenta). Nos demais tratamentos das três espécies, os valores não diferiram significativamente entre si, com exceçõ ao *E. grandis* do tratamento 8 (20-10-10, adubaçõ foliar).

Estes resultados demonstraram que o melhor desenvolvimento das mudas deveu-se, principalmente, ao período prolongado de disponibilidade dos elementos no substrato e não da quantidade aplicada. Tanto para os tratamentos de liberção lenta (1, 2 e 3) como os de pronta disponibilidade (4, 5 e 6) as doses foram as mesmas. Porém, quando se comparou os tratamentos com aqueles em que receberam fertilizantes por via foliar, as quantidades aplicadas não foram suficientes para o desenvolvimento das mudas, apresentando resultados semelhantes aos da testemunha, indicando a ineficácia deste sistema de adubaçõ para mudas, ao menos para as condições deste trabalho.

Analisando-se a absorçõ de P pelas mudas de eucalipto (Tabela 4) observou-se diferença significativa entre as espécies, sendo que o *Eucalyptus citriodora* apresentou-se superior às demais. O melhor desempenho de espécies florestais tem sido obtido pela aplicaçõ de P, contudo, dependendo das condições locais, respostas positivas podem ser obtidas com adubaçõ nitrogenada e potássica (Melo *et al.* 1995).

Os teores de P na parte aérea das mudas de eucalipto não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos para a espécie *Eucalyptus grandis* (Tabela 5) e para a espécie *Eucalyptus saligna* (Tabela 6). No entanto, para a espécie *Eucalyptus citriodora* os maiores teores de P foram

verificados nos tratamentos 1, 2 e 3 (Tabela 7). Para os demais tratamentos, não houve diferença significativa. As diferenças na absorção do fósforo têm sido atribuídas, principalmente, à diferença na nodulação e de mecanismos morfológicos e fisiológicos de cada espécie, influenciando na movimentação e retenção do nutriente absorvido e sua

consequente liberação no xilema (Furtini Neto, 1998). A maior capacidade de absorção de P pelo *E. citriodora* condiz com o conceito que essa espécie tem em conseguir desenvolver-se mesmo em solos pobres e com baixos teores do elemento (Novais *et al.*, 1979), coincidindo com os tratamentos que possuíam maior volume e peso de matéria seca.

Tabela 4. Acúmulo dos elementos minerais na parte aérea das mudas de eucalipto (média dos tratamentos).

Espécie	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn
	----- g amostra ⁻¹ -----					
<i>E. grandis</i>	0,02 ± 0,011 b	0,05 ± 0,014 ab	0,10 ± 0,004 a	0,03 ± 0,001 a	0,23 ± 0,02 a	1,38 ± 0,08 a
<i>E. saligna</i>	0,01 ± 0,011 b	0,04 ± 0,014 b	0,08 ± 0,004 b	0,02 ± 0,001 a	0,18 ± 0,02 a	1,38 ± 0,08 a
<i>E. citriodora</i>	0,08 ± 0,011 a	0,09 ± 0,014 a	0,09 ± 0,004 ab	0,03 ± 0,001 a	0,24 ± 0,02 a	0,80 ± 0,08 b

Para cada elemento, médias seguidas pela mesma letra (coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$). Tukey ($\alpha=0,05$).

Tabela 5. Acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de eucalipto, espécie *Eucalyptus grandis*, em relação aos diferentes tratamentos (média de 4 repetições).

Tratamento	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn
	----- g amostra ⁻¹ -----					
1	0,04 ± 0,033a	0,11 ± 0,041a	0,26 ± 0,013a	0,06 ± 0,004a	0,38 ± 0,063 b	2,87 ± 0,242 b
2	0,04 ± 0,033a	0,12 ± 0,041a	0,22 ± 0,013a b	0,06 ± 0,004a	0,40 ± 0,063a	4,42 ± 0,242a
3	0,03 ± 0,033a	0,11 ± 0,041a	0,19 ± 0,013 b	0,05 ± 0,004a	0,43 ± 0,063a	3,42 ± 0,242ab
4	0,01 ± 0,033a	0,01 ± 0,041a	0,04 ± 0,013 c	0,01 ± 0,004 b	0,07 ± 0,063 c	0,24 ± 0,242 c
5	0,01 ± 0,033a	0,02 ± 0,041a	0,05 ± 0,013 c	0,01 ± 0,004 b	0,09 ± 0,063 bc	0,39 ± 0,242 c
6	0,01 ± 0,033a	0,02 ± 0,041a	0,04 ± 0,013 c	0,01 ± 0,004 b	0,06 ± 0,063 c	0,37 ± 0,242 c
7	0,01 ± 0,033a	0,03 ± 0,041a	0,06 ± 0,013 c	0,01 ± 0,004 b	0,07 ± 0,063 c	0,28 ± 0,242 c
8	0,01 ± 0,033a	0,02 ± 0,041a	0,04 ± 0,013 c	0,01 ± 0,004 b	0,06 ± 0,063 c	0,23 ± 0,242 c
9	0,01 ± 0,033a	0,02 ± 0,041a	0,04 ± 0,013 c	0,01 ± 0,004 b	0,06 ± 0,063 c	0,20 ± 0,242 c

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Tabela 6. Acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de eucalipto, espécie *Eucalyptus saligna*, em relação aos diferentes tratamentos (média de 4 repetições).

Tratamento	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn
	----- g amostra ⁻¹ -----					
1	0,02 ± 0,033 a	0,06 ± 0,041 a	0,12 ± 0,013 a	0,04 ± 0,004 a	0,34 ± 0,063 ab	1,73 ± 0,241 b
2	0,02 ± 0,033 a	0,08 ± 0,041 a	0,13 ± 0,013 a	0,04 ± 0,004 a	0,41 ± 0,063 ab	2,92 ± 0,241 a
3	0,03 ± 0,033 a	0,08 ± 0,041 a	0,17 ± 0,013 a	0,04 ± 0,004 a	0,50 ± 0,063 a	3,98 ± 0,241 a
4	0,01 ± 0,033 a	0,01 ± 0,041 a	0,03 ± 0,013 b	0,01 ± 0,004 b	0,10 ± 0,063 cd	0,36 ± 0,241 c
5	0,01 ± 0,033 a	0,01 ± 0,041 a	0,03 ± 0,013 b	0,01 ± 0,004 b	0,11 ± 0,063 cd	0,48 ± 0,241 c
6	0,01 ± 0,033 a	0,01 ± 0,041 a	0,05 ± 0,013 b	0,01 ± 0,004 b	0,08 ± 0,063 cd	0,55 ± 0,241 c
7	0,01 ± 0,033 a	0,01 ± 0,041 a	0,04 ± 0,013 b	0,01 ± 0,004 b	0,34 ± 0,063 abc	0,32 ± 0,241 c
8	0,02 ± 0,033 a	0,05 ± 0,041 a	0,12 ± 0,013 a	0,03 ± 0,004 a	0,17 ± 0,063 bcd	1,82 ± 0,241 b
9	0,01 ± 0,033 a	0,01 ± 0,041 a	0,04 ± 0,013 b	0,01 ± 0,004 b	0,05 ± 0,063 d	0,26 ± 0,241 c

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Tabela 7. Acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de eucalipto, espécie *Eucalyptus citriodora*, em relação aos diferentes tratamentos (média de 4 repetições).

Tratamento	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn
	----- g amostra ⁻¹ -----					
1	0,23 ± 0,033 a	0,33 ± 0,041 a	0,17 ± 0,013 b	0,051 ± 0,004 b	0,40 ± 0,063 b	1,20 ± 0,241 ab
2	0,22 ± 0,033 a	0,18 ± 0,041 a	0,25 ± 0,013 a	0,079 ± 0,004 a	0,73 ± 0,063 a	2,06 ± 0,241 a
3	0,13 ± 0,033 ab	0,14 ± 0,041 a	0,16 ± 0,013 b	0,049 ± 0,004 b	0,45 ± 0,063 b	2,01 ± 0,241 a
4	0,01 ± 0,033 b	0,03 ± 0,041 cd	0,04 ± 0,013 c	0,010 ± 0,004 c	0,10 ± 0,063 d	0,34 ± 0,241 b
5	0,01 ± 0,033 b	0,02 ± 0,041 d	0,04 ± 0,013 c	0,009 ± 0,004 c	0,07 ± 0,063 d	0,27 ± 0,241 b
6	0,01 ± 0,033 b	0,04 ± 0,041 c	0,06 ± 0,013 c	0,001 ± 0,004 c	0,15 ± 0,063 cd	0,52 ± 0,241 b
7	0,01 ± 0,033 b	0,08 ± 0,041 b	0,04 ± 0,013 c	0,010 ± 0,004 c	0,10 ± 0,063 d	0,20 ± 0,241 b
8	0,01 ± 0,033 b	0,02 ± 0,041 d	0,04 ± 0,013 c	0,011 ± 0,004 c	0,09 ± 0,063 d	0,34 ± 0,241 b
9	0,01 ± 0,033 b	0,02 ± 0,041 d	0,03 ± 0,013 c	0,007 ± 0,004 c	0,08 ± 0,063 d	0,27 ± 0,241 b

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Para o elemento K, os maiores teores foram observados nas espécies *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis*. Para a espécie *Eucalyptus saligna* o valor médio foi menor e diferiu significativamente da espécie *Eucalyptus citriodora*

(Tabela 4). Não foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos para o teor de K na parte aérea nas mudas das espécies *Eucalyptus grandis* (Tabela 5) e *Eucalyptus saligna* (Tabela 6). No entanto, para a espécie *Eucalyptus citriodora* os

teores de K foram significativamente superiores nos tratamentos 1, 2 e 3 em relação aos demais tratamentos (Tabela 7). Estudos com respeito à nutrição mineral de eucalipto, sobre as quantidades de potássio a aplicar no substrato para um adequado crescimento das mudas, não têm encontrado respostas a fertilização potássica, sugerindo que o nível crítico deste elemento deva ser inferior ao recomendado para a maioria das plantas cultivadas (Prezotti *et al.*, 1988).

O teor de Ca na parte aérea das mudas das espécies de eucaliptos estudadas é apresentado na Tabela 4. Os resultados demonstraram a superioridade do *Eucalyptus grandis*, seguido do *E. citriodora* que não diferiu significativamente do *E. saligna*.

Analisando-se os tratamentos aplicados para cada espécie, os resultados obtidos para o Ca, com relação ao *Eucalyptus grandis*, mostraram que os maiores teores foram obtidos no tratamento 1 (17-7-12, liberação lenta), seguido do 2 (15-9-12 + micro, liberação lenta) e do 3 (14-14-14, liberação lenta). Os demais tratamentos apresentaram resultados inferiores e equivaleram-se à testemunha (Tabela 5). Para o *Eucalyptus saligna*, os melhores resultados foram os obtidos nos tratamentos 3 (14-14-14, liberação lenta), 2 (15-9-12 + micro, liberação lenta), 1 (17-7-12, liberação lenta), e 8 (20-10-10, adubação foliar), que não diferiram entre si e foram superiores aos demais (Tabela 6). Com relação ao *Eucalyptus citriodora* o maior teor de Ca foi o observado no tratamento 2 (15-9-12 + micro, liberação lenta), seguido pelos tratamentos 1 (17-7-12, liberação lenta) e 3 (14-14-14, liberação lenta), que foram superiores aos demais e que demonstraram, por sua vez, equivalência à testemunha (tratamento 9) (Tabela 7).

A análise dos teores de Mg presentes na matéria seca da parte aérea das mudas de eucalipto não demonstrou diferenças significativas entre as três espécies estudadas (Tabela 4). Os teores encontrados na parte aérea das mudas demonstraram, tanto para o *Eucalyptus grandis* (Tabela 5) como *Eucalyptus saligna* (Tabela 6) a superioridade dos tratamentos 1 (17-7-12, liberação lenta), 2 (15-9-12 + micro, liberação lenta) e 3 (14-14-14, liberação lenta). Para o *Eucalyptus citriodora*, o tratamento 2 (15-9-12 + micro, liberação lenta), foi superior aos demais, seguido pelos tratamentos 1 (17-7-12, liberação lenta) e 3 (14-14-14, liberação lenta), que não diferiram significativamente entre si e foram superiores aos demais tratamentos.

Em relação aos teores de Zn presentes na parte aérea das mudas de eucalipto não houve diferença significativa entre as espécies (Tabela 4). Na comparação entre tratamentos, o teor de Zn, para *Eucalyptus grandis* verificou-se a superioridade dos tratamentos 2 (15-9-12 + micro, liberação lenta) e 3 (14-14-14, liberação lenta), seguidos pelos

tratamentos 1 (17-7-12, liberação lenta) e 5 (15-9-12 + micro, pronta disponibilidade) (Tabela 5). O *E. saligna* apresentou maior teor de Zn no tratamento 3 (14-14-14, liberação lenta), seguido pelos tratamentos 2 (15-9-12 + micro, liberação lenta), 1 (17-7-12, liberação lenta), e 7 (30-10-10 + micro, adubação foliar). No entanto, os tratamentos 1 e 7, não diferiram dos demais, sendo superiores somente ao tratamento 9 (testemunha) (Tabela 6). Para o *Eucalyptus citriodora* observou-se a superioridade do tratamento 2 (15-9-12 + micro, liberação lenta) quanto ao teor de Zn (Tabela 7), seguido pelos tratamentos 3 (14-14-14, liberação lenta) e 1 (17-7-12, liberação lenta), que não diferiram significativamente entre si, sendo, no entanto, superiores aos demais.

Os teores de Mn na parte aérea das mudas de eucalipto diferiram entre as espécies, sendo que o *Eucalyptus saligna* e o *E. grandis* apresentaram maiores teores. O *E. citriodora* apresentou o menor teor (Tabela 4). Para o *Eucalyptus grandis*, os tratamentos, 2 (15-9-12 + micro, liberação lenta), 3 (14-14-14, liberação lenta) e 1 (17-7-12, liberação lenta) apresentaram maiores teores de Mn em relação aos demais tratamentos, sendo que o melhor deles foi o tratamento 2 (Tabela 5). O *Eucalyptus saligna* teve como melhores os tratamentos 3 (14-14-14, liberação lenta) e 2 (15-9-12 + micro, liberação lenta), seguidos dos tratamentos 1 (17-7-12, liberação lenta) e 8 (20-10-10 + micro, adubação foliar). Os demais tratamentos foram inferiores e similares entre si (Tabela 6). Para o *Eucalyptus citriodora* os melhores resultados obtidos para Mn foram os tratamentos 2 (15-9-12 + micro, liberação lenta), 3 (14-14-14, liberação lenta) e 1 (17-7-12, liberação lenta), os quais foram semelhantes entre si (Tabela 7).

A aplicação de micronutrientes, de acordo com o observado nesse experimento, não demonstrou efeitos significativos, pois em nenhuma verificação pelo teste de média, os tratamentos que receberam aplicação adicional de micronutrientes apresentaram crescimento significativamente superior, quando comparados com os resultados obtidos pelos demais tratamentos. Considerando-se as fontes de fertilizantes, segundo características de liberação, apontando para o caso em estudo, constatou-se desnecessária a aplicação de micronutrientes para a produção de mudas de eucalipto. Barros *et al.* (1997), afirmaram que a deficiência dos micronutrientes B e Zn apresenta a maior chance de promover redução do crescimento de mudas de eucalipto, e que a suplementação destes nutrientes, quando necessária, seria definida pelo aparecimento de sintomas visuais de deficiência.

O maior acúmulo dos elementos minerais observado nos tratamentos de liberação lenta deveu-se ao maior desenvolvimento apresentado pelas mudas que receberam estes fertilizantes, tendo o

desenvolvimento da muda maior influência no resultado obtido do que a adição complementar do nutriente para a planta por meio da adubação, indicando que os teores dos nutrientes presentes no substrato em estudo teriam sido suficientes para nutrir as mudas.

Assim, observados os resultados de matéria seca, aliados à absorção dos nutrientes tem-se, para este trabalho, a superioridade dos tratamentos de liberação lenta, que devido as suas características permitiram para estas condições, uma nutrição mais adequada para as mudas das espécies de *Eucalyptus* em estudo.

Conclusão

A utilização de fontes de nutrientes de liberação lenta permitiu maior produção de matéria seca e maior acúmulo de nutrientes na parte aérea das mudas em comparação com as formulações com iguais teores de NPK, solúveis e com liberação rápida.

A adubação via foliar foi ineficiente como única forma de suplementação nutricional para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. citriodora*.

A fertilização com micronutrientes não propiciou benefícios significativos no desenvolvimento e no acúmulo de nutrientes na matéria seca das mudas de *E. saligna* e *E. citriodora*.

Referências

- BARROS, N.F. de et al. *Nutrição e adubação de eucalipto*. Belo Horizonte: Epamig, v. 18, p. 70-75, 1997 (Informe Agropecuário, 186).
- BARROS, N.F. de et al. Recomendações de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GONÇALVES, J.L. de M; BENEDETTI, V. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 269-286.
- BRACCINI, M. do C. et al. Produção de biomassa seca e teor de nutrientes do milho em resposta a doses e localização de osmocote em amostras de latossolo vermelho-escuro e areia quartzosa. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 21, n. 3, p. 497-503, 1999.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Brasília: Embrapa – DDT, 1997. 212 p.
- FURTINI NETO, E.A. Frações fosfatadas em mudas de *Eucalyptus*. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 22, p. 267-274, 1998.
- IAPAR-Instituto Agrônomo do Paraná. *Cartas climáticas do estado do Paraná*. Londrina: Iapar, 1994. 49 p.
- MALAVOLTA, E. et al. *Avaliação do Estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafós, 1997.
- MELO, V.F. et al. Balanço nutricional, eficiência de utilização e avaliação da fertilidade do solo em P, K, Ca e Mg em plantios de eucalipto no Rio Grande do Sul. *Scientia Forestalis IPEF*, n.48/49, p.8-17, jun./dez.1995.
- MOLICA, S.G. *Produção de biomassa e eficiência nutricional de híbridos interespecíficos de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais*. 1992. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.
- NOVAIS, R. F. et al. Calagem e adubação mineral na produção de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) efeitos da calagem e dos nutrientes N, P e K. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 3, n. 2, p. 121-134, 1979.
- PAULA, R.C. et al. Exportação de nutrientes por famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Colombo. *Proceedings...* Vol. 1. Colombo, Embrapa, CNPF. 1997. p.200-205.
- PREZOTTI, L.C. et al. Nível crítico de potássio no solo para a produção de mudas de eucalipto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 12, p. 65-70, 1988.
- SEMA-Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. *Desenvolvimento Florestal*. Instituto Ambiental do Paraná. Diretoria de Desenvolvimento Florestal. 2002. (Relatório 1995 – 2002).
- SGARBI, F. et al. Influência da aplicação de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. In: SIMPÓSIO DE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL. 1., 1999, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: 8 p. 1999.
- VALERI, S. V. Fertilização em viveiros para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: SIMPÓSIO DE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 1., 1999, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: 19 p. 1999.

Received on August 20, 2003.

Accepted on August 17, 2004.