ISSN 0103-9954

CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE *Pinus taeda* L. SUBMETIDAS À PODA QUÍMICA DE RAÍZES

GROWTH AND QUALITY OF *Pinus taeda.* L. SEEDLINGS SUBMITTED TO CHEMICAL ROOT PRUNING

Vera Lucia Rossi[1] Cassandro Vidal Talamini do Amarante[2] Frederico Dimas Fleig[3]

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da poda química de raízes com sulfato de cobre, oxicloreto de cobre e ethefon (ácido 2-cloroetilfosfônico) sobre o crescimento e qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em tubetes. Os tratamentos à base de sulfato de cobre ou oxicloreto de cobre foram feitos nos tubetes (antes da sua utilização para preenchimento com substrato e semeadura), por meio da sua imersão em uma mistura de partes iguais de água e tinta látex comum, contendo 0, 12, 24, 36 e 48g de cobre L^{-1} de solução (tinta + água). O ethefon foi aplicado via aérea em mudas com 10-15cm de altura nas concentrações de 0, 50, 75, 100 e 125 mg (i.a.) L^{-1}. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições. Considerando as fontes de cobre testadas, apenas o sulfato de cobre ocasionou redução significativa na massa seca total do sistema radicular, pela inibição do desenvolvimento de raízes secundárias, bem como no diâmetro do colo e na altura e massa secada parte aérea, com o aumento da dose aplicada. O incremento nas doses de sulfato de cobre ocasionou aumento maior na concentração de cobre presente no substrato em relação ao oxicloreto de cobre. O incremento nas doses de oxicloreto de cobre não causou redução na massa seca total do sistema radicular, mas promoveu aumento no número de raízes secundárias, concentradas especialmente nas porções mediana e superior do sistema radicular. O sulfato de cobre reduziu a emissão de raízes laterais, o mesmo fato não ocorrendo com o oxicloreto de cobre. Dessa forma, o incremento nas doses de oxicloreto de cobre parece apresentar efeito positivo em relação ao sulfato de cobre, já que um sistema radicular com maior número de raízes secundárias curtas é desejável visando estabelecimento das mudas a campo. O incremento nas doses de ethefon pulverizado na parte aérea das mudas ocasionou aumento significativo no acúmulo de massa seca de raiz primária e no número de raízes secundárias presentes nas porções mediana (efeito linear) e inferior (efeito quadrático) do sistema radicular. Não houve efeito de dose do ethefon sobre os demais atributos de crescimento analisados.

Palavras-chave: crescimento radicular; morfologia de muda; cobre; ácido 2-cloroetilfosfônico.

ABSTRACT

This work was carried out to study the effects of roots pruning with cupper sulphate, cupper oxychlorate and ethephon (2-cloroethtlphosphonic acid) on growth and quality of *Pinus taeda* L. seedlings produced in tubes. The treatments with cupper sulphate or cupper oxychlorate were applied on the tubes (before their filling with the substrate for plantation), by immersing them into a mixture of equal parts of water and latex paint, at cupper doses of 0, 12, 24, 36, and 48g L^{-1} of solution (paint + water). The ethefon was sprayed to the aerial part of seedlings (10-15cm height) at 0, 50, 75, 100, and 125 mg (a.i.) L^{-1}. The experiment followed a completely randomized block design with five replicates. Considering the cupper sources, only cupper sulphate reduced the attributes of root dry matter (mainly by inhibiting the development of lateral roots), collar diameter, seedlings height, and aerial dry matter, with the increase of product dose. The increment of cupper sulphate doses resulted in a higher increase of copper concentration in the substrate than the increase of cupper oxychlorate doses. The increment of cupper oxychlorate doses did not reduce the total root dry matter, but increased the number of lateral roots at the median and higher portion of the root

1. Engenheira Agrônoma, Acadêmica do Curso de Mestrado em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Caixa Postal 281, CEP 88502-970, Lages (SC). a8vlr@cav.udesc.br
2. Engenheiro Agrônomo, PhD., Professor do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Caixa Postal 281, CEP 88502-970, Lages (SC). Bolsista do CNPq. amarante@cav.udesc.br
3. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Cidade Universitária "Prof. Mariano da Rocha Filho", Av. Roraima, 1000, Bairro Camobi, CEP 97015-900, Santa Maria (RS). fdfleig@smail.ufsm.br

Recebido para publicação em 5/07/2006 e aceito em 10/10/2008.

system. Cupper sulphate significantly reduced the emission of lateral roots, as opposed to the effect of cupper oxychlorate. Therefore, the use of increasing doses of cupper oxychlorate seems to show a more positive effect on root pruning, compared to cupper sulphate, since a seedling with a large number of lateral roots of small length is desirable aiming the seedling establishment after transplantation. The increase of ethefon dose sprayed at seedlings aerial part increased the principal root dry matter and the number of later roots at the median (linear effect) and lower (quadratic effect) parts of root system. There was no effect of ethefon on the other seedling growth attributes.

Keywords: root growth; seedling morphology, cupper; 2-chloroethylphosphonic acid.

INTRODUÇÃO

O setor florestal apresenta importância destacada para o crescimento da economia brasileira. Somente a atividade de base florestal gera um PIB (Produto Interno Bruto) florestal de US$ 21 bilhões por ano, equivalente a aproximadamente 4% do PIB anual do país (LEITE, 2003). Dados da Associação Mineira de Silvicultura (2004) estimam que o Brasil possua cerca de 920 mil hectares plantados com a espécie *Pinus taeda* L.

A produção de mudas do gênero *Pinus* sp. em tubetes atende perfeitamente às necessidades do manejo, mas deixa a desejar no que se refere à qualidade morfológica do sistema radicular. Trabalhos desenvolvidos por Mattei (1994), comparando o sistema radicular de mudas de *Pinus taeda* L. produzido em tubetes com a semeadura direta a campo, demonstram os efeitos negativos da produção em tubetes. O sistema radicular das plantas originadas de semeadura direta apresentou raízes laterais bem distribuídas horizontalmente (nos quatro quadrantes) e sem deformações, enquanto mudas produzidas em tubetes apresentaram raízes laterais com distribuição horizontal deficiente (distribuídas em apenas dois quadrantes) e uma série de deformações morfológicas, que podem comprometer o crescimento futuro da árvore.

As substâncias químicas à base de cobre agem na planta como inibidores do crescimento radicular (JOHNSON, 1996). Segundo Landis (1990), quando as raízes da planta entram em contato com a barreira química representada pelo cobre cessam seu crescimento longitudinal e suberizam-se. Dessa forma, geram-se novas raízes laterais. Mudas de *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws produzidas em sacos de polipropileno tratados com hidróxido de cobre (contendo 7,1% de cobre) apresentam raízes secundárias fibrosas e bem distribuídas, com maior concentração nas zonas média e superior do eixo radicular, enquanto mudas não-tratadas apresentaram raízes secundárias retorcidas (DUMROESE e WENNY 1997). As observações identificaram que o desenvolvimento de raízes fibrosas tem ação positiva nas situações de déficit hídrico para a muda, não somente no viveiro, mas também no campo, enquanto a formação de raízes retorcidas tem correlação negativa com o desenvolvimento da muda após seu plantio definitivo, podendo comprometer a estabilidade da planta. Em mudas de *Pinus ponderosa Dougl.* e*x Laws.* var. *ponderosa*, o tratamento com carbonato de cobre (contendo 12% de cobre) não afetou o desenvolvimento inicial das árvores, mas ocasionou leve aumento na sobrevivência das plantas (WENNY *et al*., 1988).

O ethefon (ácido 2-cloroetilfosfônico) estimula a produção endógena do hormônio etileno, redutor de crescimento de raízes (TAIZ e ZEIGER, 1998). Os tecidos das raízes de mudas tratadas com ethefon apresentam reduzido crescimento primário (elongação) e aumento no crescimento secundário, levando ao seu engrossamento (JOHNSON, 1996). Mudas de *Picea mariana* (Mill.) Britton, Sterns & Poggenb., *Pinus resinosa* Ait. e *Pinus sylvestris* L. sofreram poda química de raízes com o uso de ethefon (LIVINGSTON, 1991 *apud* JOHNSON, 1996).

O presente trabalho foi conduzido visando a avaliar os efeitos da poda química de raízes com sulfato de cobre, oxicloreto de cobre e ethefon sobre o crescimento e qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em tubetes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no viveiro de produção de mudas da Empresa Florestadora Koeche, no município de Lages, Planalto Serrano do estado de Santa Catarina, com coordenadas geográficas de 27° 49’de latitude sul e 50° 40’de longitude oeste. O clima é o “Cfb”, segundo a classificação de Köeppen, caracterizado como sendo temperado, com verão fresco (LEMOS *et al*., 1973). As temperaturas médias máximas e mínimas são de 20°C e 16°C, respectivamente, e a precipitação média anual é de 1.200-1.900mm.

Foram utilizados tubetes cônicos de polipropileno com seis frisos internos e orifício inferior de 1cm de diâmetro (com volume interno de 50cm³). Os tratamentos à base de cobre foram realizados pela imersão dos tubetes em uma mistura de partes iguais de água e tinta látex comum, contendo diferentes concentrações de sulfato de cobre ou oxicloreto de cobre. O oxicloreto de cobre (Fungicida Reconil 350 , contendo 35% de cobre) foi utilizado nas concentrações de 0, 30, 60, 90 e 120 g L^{-1} de solução (tinta + água). O sulfato de cobre (Calda bordalesa Cupro-dimy , contendo 20% de cobre) foi utilizado nas concentrações de 0, 60, 120, 180 e 240 g L^{-1} de solução (tinta + água). Ambos, oxicloreto de cobre e sulfato de cobre, apresentaram concentrações do elemento cobre correspondentes a 0, 12, 24, 36 e 48 g L^{-1} de tinta + água. Os tubetes tratados foram colocados para escorrimento, secagem natural e preenchidos com substrato comercial composto por vermiculita e resíduos de acículas. A semeadura foi efetuada na segunda quinzena de setembro de 2004, com sementes clonais de *Pinus taeda* L., em número de 1 a 3 sementes/tubete.

Nos tratamentos com ethefon (ácido 2-cloroetilfosfônico), a semeadura foi efetuada em tubetes não-pintados. As mudas, isoladas das demais mudas que receberam tratamentos a base de cobre, receberam pulverizações até o ponto de completo molhamento foliar, quando atingiram 10 a 15 cm de altura. Foram utilizadas as concentrações de 0, 50, 75, 100 e 125 mg (i.a.) L^{-1} de água.

Posteriormente, os tubetes correspondentes aos diferentes tratamentos, à base de cobre e de ethefon, foram dispostos ao acaso em bandeja quadrada gradeada com 961 orifícios e 30 cm de altura. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso com cinco repetições, cada repetição correspondendo a 30 tubetes. Cada bandeja de grade consistiu em um bloco, e na fase de repicagem, cerca de 40 dias após a semeadura, foi mantido um orifício vago entre os tubetes na grade. As bandejas foram dispostas aleatoriamente em um dos canteiros, e as mudas foram manejadas de acordo com o sistema de produção do viveiro comercial, com adubações de NPK, irrigação por aspersão e pulverizações de fungicidas e inseticidas.

As mudas foram avaliadas aos 8 meses de idade, utilizando seis mudas centrais de cada tratamento, por meio da quantificação de atributos morfológicos e pela determinação do Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Foram avaliados os atributos de altura de parte aérea, diâmetro do colo, massa seca de parte aérea, massa seca de raízes principais e secundárias e número de raízes secundárias nas porções inferior, mediana e superior dos tubetes. A altura de parte aérea (cm) foi medida com régua graduada. O diâmetro do colo da muda foi tomado com paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm. O sistema radicular foi separado da parte aérea e ambos foram secos em estufa de circulação forçada a 60°C, durante 72 horas, para a quantificação da matéria seca com o auxílio de uma balança digital. Após a secagem e pesagem do sistema radicular, as raízes secundárias foram separadas das principais, para a determinação em separado do número de raízes secundárias nas três porções do tubete e da matéria seca destes dois tecidos radiculares.

Nos tratamentos com sulfato de cobre e oxicloreto de cobre, após as análises morfológicas, foi efetuada análise química de cobre nos tecidos vegetais das mudas e no substrato contido nos tubetes, segundo metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995). Para o tecido vegetal foi utilizada a digestão úmida nitroperclórica para obtenção dos extratos. Os tecidos vegetais foram moídos em almofariz, e as amostras (0,5 g) colocadas em tubos para digestão, seguido da adição de 1 mL de ácido perclórico ($HClO_4$) e 6 mL de ácido nítrico (HNO_3). Após digestão a 180°C durante 14 horas, foi feita a leitura da concentração de cobre (mg kg^{-1} de massa seca) em espectrofotômetro de absorção atômica. As amostras de substrato foram passadas em peneira com malha de 2 mm e secas em estufa de circulação forçada a 60°C durante 5 dias, e tratadas com solução extratora de HCl (0,1 M) na proporção de 1:1 (1 mL de HCl para 1 g de substrato), durante uma noite. A determinação do teor de cobre (mg dm^{-3}) foi feita com leitura em espectrofotômetro de absorção atômica.

Os dados foram submetidos à análise estatística através do programa SAS. O efeito de doses de tratamentos sobre os atributos avaliados foi analisado através de contrastes ortogonais polinomiais (lineares e quadráticos).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as fontes de cobre testadas, apenas o sulfato de cobre ocasionou redução visível no sistema radicular, com o incremento na dose utilizada, o mesmo não ocorrendo com o oxicloreto de cobre (Figura 1).

O incremento nas doses oxicloreto de cobre não afetou nenhum dos atributos de crescimento avaliados (Tabela 1). Todavia, com o incremento na dose de sulfato de cobre, houve redução linear no diâmetro do colo (P<0,05), na altura da parte aérea (P<0,05) e na massa seca de raízes secundárias (P<0,001), e efeito quadrático sobre a massa seca de parte aérea (P<0,05) e a massa seca total do sistema radicular (P<0,05) (Tabela 1). Resultados semelhantes foram observados por Arduini *et al.* (1995), testando sulfato de cobre em mudas de *Pinus pinaster* Ait. e *Pinus pinea* L. Os autores observaram que a aplicação de 1 mM de sulfato de cobre inibiu a elongação radicular com 3 dias de tratamento e promoveu a formação de raízes secundárias curtas, enquanto a dose de 5 mM de sulfato de cobre inibiu completamente o crescimento das raízes. Mudas de *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws. produzidas em recipientes plásticos de polipropileno tratados com hidróxido de cobre (contendo 7,1% de cobre) apresentaram redução significativa na matéria seca e no volume de raízes (DUMROESE e WENNY, 1997). A poda química não deve, contudo, apresentar efeito fitotóxico severo, que leve ao comprometimento do desenvolvimento da parte aérea, como observado com o incremento nas doses de sulfato de cobre (Tabela 1).

FIGURA 1: Sistema radicular de mudas de *Pinus taeda* L. submetidas à poda química com diferentes doses de sulfato de cobre e oxicloreto de cobre.

FIGURE 1: Roots of *Pinus taeda* L. seedlings submitted to roots pruning with different doses of cupper sulphate and cupper oxychlorate.

TABELA 1: Atributos de crescimento e índice de qualidade de Dickson (IQD) analisados em mudas de *Pinus taeda* L. submetidas à poda química da raiz com sulfato de cobre e oxicloreto de cobre.
TABLE 1: Growth attributes and Dickson quality index (DQI) analyzed in *Pinus taeda* L. seedlings submitted to roots pruning with cupper sulphate and cupper oxychlorate.

DP (g L^{-1})	DC (mm)	APA (cm)	MSPA (g)	MSTSR (g)	MSRP (g)	MSRS (g)	IQD
Sulfato de cobre							
0	3,75	31,81	1,66	0,59	0,13	0,45	0,1462
60	3,34	26,37	1,31	0,36	0,12	0,32	0,1043
120	3,38	28,65	1,18	0,35	0,16	0,33	0,1001
180	3,34	28,50	1,30	0,39	0,14	0,32	0,1074
240	3,28	27,62	1,23	0,29	0,16	0,25	0,0956
Linear	*	*	*	***	Ns	***	**
Quadr.	ns	ns	*	*	Ns	ns	ns
C.V. (%)	20,5	20,3	48,8	60,8	64,9	54,9	54,1
Oxicloreto de cobre							
0	3,75	31,81	1,66	0,59	0,13	0,45	0,1462
30	3,92	32,55	1,83	0,59	0,14	0,48	0,1607
60	3,73	31,11	1,59	0,47	0,13	0,41	0,1336
90	3,99	32,11	2,06	0,63	0,16	0,49	0,1815
120	3,82	30,90	1,66	0,51	0,16	0,42	0,1462
Linear	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns
Quadr.	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns
C.V. (%)	13,8	11,4	31,3	38,6	56,3	38,2	35,6

Em que: DP = Dose de produto; DC = Diâmetro do colo; APA = Altura da parte aérea; MSPA = Massa seca da parte aérea; MSTSR = Massa seca total do sistema radicular; MSRP = Massa seca de raiz primária; MSRS = Massa seca de raízes secundárias; Efeito linear e/ou quadrático de doses de produtos analisado através de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; ***= significativo a 0,1%.

Todos os tratamentos à base de cobre resultaram em valores de IQD menores que o índice mínimo (Tabela 1), correspondente a 0,2, preconizado por Dickson (DICKSON *et al.*, 1960 *apud* FONSECA e CRUZ *et al.*, 2004), e citado por Hunt (1990 *apud* FONSECA e CRUZ *et al.*, 2004), como indicador de alta qualidade de mudas para transplantio. Entretanto, observa-se que para o cálculo de IQD são considerados atributos morfológicos que expressam a robustez da muda, entre eles a massa seca da parte aérea e a massa seca do sistema radicular, atributos dependentes do crescimento das raízes, principal órgão de ação do cobre na poda química. A redução no desenvolvimento do sistema radicular das mudas submetidas a doses crescentes de sulfato de cobre resultou em redução do IQD (Tabela 1). O mesmo fato não ocorreu quando aplicadas diferentes doses de oxicloreto de cobre (Tabela 1).

Não foi detectada a presença de cobre nos tecidos da parte aérea das mudas em nenhum tratamento à base de cobre. Tais observações corroboram o trabalho de Landis (1990), o qual relata que, quando as raízes da planta entram em contato com o cobre cessam seu crescimento e suberizam-se, reduzindo drasticamente a absorção e transporte de cobre para a parte aérea. Entretanto, o incremento nas doses de sulfato de cobre e de oxicloreto de cobre ocasionou aumento linear na concentração de cobre presente no substrato (P<0,001) e efeito quadrático no aumento da concentração de cobre presente nos tecidos do sistema radicular (P<0,01) (Tabela 2). Porém, maiores incrementos na concentração de cobre no substrato com o aumento nas doses foram observados para o sulfato de cobre.

Observações efetuadas na fase de preparo da mistura de oxicloreto de cobre com tinta e água demonstraram facilidade na dissolução do produto, apesar de sua baixa solubilidade em água (menor do que 10mg/L a 20-25°C), mesma situação ocorrendo com o sulfato de cobre que apresenta elevada solubilidade em água (230,5g/L a 20-25°C) (DORES e DE-LAMONICA-FREIRE, 2001). As baixas concentrações de cobre no substrato dos tubetes tratados com oxicloreto de cobre podem ser resultados da lixiviação de parte do elemento em conseqüência da baixa interação do produto com a tinta látex. A baixa interação pode ter ocorrido em razão da falta de aceptores compatíveis de elétrons (aprisionadores de ligantes) do elemento

cobre na mistura do oxicloreto de cobre com a tinta látex, como reportado por Mendham *et al.* (2002). No caso do sulfato de cobre, ao proceder-se à sua mistura com tinta látex e água, observou-se a formação de uma pasta firme e homogênea. A mistura do sulfato de cobre, cuja fonte foi calda bordalesa, contendo cálcio, com a tinta látex e água, proporcionam formação de uma pasta de sulfato de cálcio (gesso). Isto pode ter permitido a formação de uma mistura densa, com maior interação entre a tinta e o sulfato de cobre, disponibilizando gradualmente maiores teores solúveis de cobre no interior dos tubetes, reduzindo assim a lixiviação do elemento.

TABELA 2: Concentração de cobre no substrato e nas raízes de mudas de *Pinus taeda* L. submetidas à poda química com sulfato de cobre e oxicloreto de cobre.

TABLE 2: Cupper concentration in the substrate and in the root tissues of *Pinus taeda* L. seedlings submitted to chemical root pruning with cupper sulphate and cupper oxychlorate.

Dose de produto (g L^{-1})	Cobre no substrato (mg dm^{-3})	Cobre nas raízes (mg kg^{-1})
	Sulfato de cobre	
0	0,70	0,0
60	31,66	14,40
120	40,26	25,40
180	70,43	18,20
240	99,90	20,80
Linear	***	***
Quadrática	ns	**
C.V. (%)	73,0	66,7
	Oxicloreto de cobre	
0	0,70	0,0
30	21,70	9,60
60	24,03	20,00
90	36,50	8,80
120	42,00	12,20
Linear	***	***
Quadrática	ns	***
C.V. (%)	65,1	74,5

Em que: Efeito linear e/ou quadrático de doses de produtos analisado por meio de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não-significativo; ** = significativo a 1%; ***= significativo a 0,1%.

A presença de cobre nos tecidos das raízes das mudas tratadas com sulfato de cobre e oxicloreto de cobre (Tabela 2) demonstram que houve contato dos sistemas radiculares com o elemento presente nos tubetes tratados. Entretanto, mesmo estando presente nos tecidos do sistema radicular, o tratamento com oxicloreto de cobre não apresentou efeito significativo de poda das raízes (Tabela 1). Possivelmente, na fase de contato das raízes com as paredes internas dos tubetes, as baixas quantidades de oxicloreto de cobre presentes não causaram efeito de poda química.

O aumento nas doses de sulfato de cobre não afetou o número de raízes quantificadas nas três porções analisadas do sistema radicular (Tabela 3). No entanto, houve efeito linear do incremento de dose de oxicloreto de cobre sobre o aumento no número de raízes secundárias presentes nas porções superior e média das raízes (P<0,01) (Tabela 3), demonstrando que o tratamento estimulou o aumento dessas raízes, praticamente dobrando seu número, em porções consideradas vitais para a absorção de água e nutrientes do solo após o transplantio.

No presente trabalho, observações visuais do sistema radicular de plantas tratadas com as doses mais altas de sulfato de cobre (120 e 180 g L^{-1}) e oxicloreto de cobre (60, 90 e 120 g L^{-1}) mostraram um bronzeamento das pontas das raízes secundárias. Segundo Arboleda *et al.* (2002), os ápices de raízes de *Pachyra insignis* (Swartz) Sav. e *Andira inermis* (W. Wright) Kunth ex DC., plantas lenhosas ornamentais submetidas à poda química com hidróxido de cobre (contendo 7,1% de cobre), apresentaram uma cor escura, entre o marrom e negro, refletindo sintoma de leve toxicidade por efeito do cobre.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstraram que o incremento nas doses de sulfato de cobre

promoveu redução na massa seca total do sistema radicular, como conseqüência do menor desenvolvimento de raízes secundárias. As mudas que receberam tratamento com as doses mais altas de sulfato de cobre apresentaram também reduzido crescimento da parte aérea, demonstrando de forma clara o sintoma de toxidez por cobre. Por outro lado, o incremento nas doses de oxicloreto de cobre não causou redução na massa seca total do sistema radicular, mas promoveu aumento no número de raízes secundárias, concentradas especialmente nas porções mediana e superior das mudas. O oxicloreto de cobre, mesmo nas doses mais elevadas, não ocasionou redução no crescimento da parte aérea, indicando que não houve toxidez pelo cobre. Portanto, o sulfato de cobre ocasionou a poda química do sistema radicular, especialmente através da redução na emissão de raízes laterais, o mesmo fato não ocorrendo com o oxicloreto de cobre. Dessa forma, o incremento nas doses de oxicloreto de cobre parece apresentar um efeito positivo maior em relação ao sulfato de cobre, já que um sistema radicular com maior número de raízes secundárias curtas é desejável visando ao estabelecimento das mudas a campo.

TABELA 3: Número de raízes secundárias em diferentes porções do sistema radicular em mudas de *Pinus taeda* L. tratadas com sulfato de cobre, oxicloreto de cobre e ethefon.

TABLE 3: Number of secondary roots in different portions of the root system in *Pinus taeda* L. seedlings treated with cupper sulphate cupper, oxychlorate and ethefon.

	Número de raízes		
	Porção superior	Porção média	Porção inferior
Sulfato de cobre (g L^{-1})			
0	14,2	7,8	6,4
60	16,2	7,9	6,0
120	15,3	9,7	6,1
180	17,3	10,3	7,9
240	16,5	7,5	6,2
Linear	ns	Ns	ns
Quadrática	ns	Ns	ns
C.V. (%)	30,9	44,1	55,4
Oxicloreto de cobre (g L^{-1})			
0	14,2	7,8	6,4
30	18,8	12,2	9,0
60	16,3	11,8	7,8
90	21,3	19,0	7,9
120	20,9	15,0	7,2
Linear	**	***	ns
Quadrática	ns	Ns	ns
C.V. (%)	31,5	52,2	52,0
Ethefon (mg i.a. L^{-1})			
0	17,73	8,00	5,36
50	18,90	10,40	9,10
75	16,67	11,08	8,83
100	18,50	9,30	7,10
125	15,27	14,73	7,27
Linear	ns	**	ns
Quadrática	ns	Ns	*
C.V. (%)	26,80	44,60	42,60

Em que: Efeito linear e/ou quadrático de doses de produtos analisado por meio de contrastes ortogonais polinomiais: ns = não-significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1%; ***= significativo a 0,1%.

O incremento nas doses de ethefon aplicados na parte aérea nas mudas, visando a liberação de etileno, apenas ocasionou aumento linear (P<0,05) na massa seca de raiz primária (dados não apresentados). Não houve efeito de dose do produto sobre os demais atributos de crescimento analisados (dados não apresentados). O incremento nas doses do produto causou aumento linear no número de raízes secundárias presentes na porção mediana (P<0,01), e aumento quadrático no número de raízes na porção inferior do

sistema radicular ($P < 0,05$) (Tabela 3).

Na planta, o etileno é biologicamente ativo em concentrações menores do que 1 µL L^{-1}. Em resposta ao etileno, ocorre expansão lateral de células radiculares, e, conseqüente, engrossamento e inibição do alongamento da raiz (TAIZ e ZEIGER 1998). Os resultados do efeito de doses de ethefon nas mudas demonstraram que não houve estímulo para a produção do etileno a ponto de causar redução no crescimento do sistema radicular. Todavia, o produto ocasionou engrossamento do eixo principal e aumento no número de raízes secundárias nas porções mediana e inferior da raiz, com possíveis efeitos benéficos para a absorção de água e nutrientes e estabilidade da planta após o transplantio.

CONCLUSÕES

O incremento nas doses de sulfato de cobre ocasionou redução na massa seca total do sistema radicular, porém inibiu o desenvolvimento de raízes secundárias e reduziu o Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

O incremento nas doses de oxicloreto de cobre não causou redução na massa seca total do sistema radicular, mas aumentou no número de raízes secundárias nas porções mediana e superior do sistema radicular, sem afetar o IQD.

O incremento nas doses de ethefon não reduziu o crescimento do sistema radicular, mas aumentou no número de raízes secundárias nas porções mediana e inferior do sistema radicular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDUINI, I.; GODBOLD, D.L.; ONNIS, A. influence of copper on root growth morphology of *Pinus pinea* L. and *Pinus pinaster* seedlings. **Tree Physiology**, v. 15, n. 6, p. 411-415, 1995.

ARBOLEDA, M.E.; BAUTISTA, D.; MOGOLLÓN, N. Efecto del hidróxido de cobre sobre el crecimiento de las espécies arbóreas *Pachyra insignes y Andira inermis* em condiciones de vivero. **Bioagro**, v. 14, n. 2, p. 65-70, 2002.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA. **O complexo florestal industrial (CFI) em Minas Gerais: caracterização, dimensionamento e importância**. Belo Horizonte: MAS, 2004. 41p.

DORES, E.F.G de C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E.M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: Águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso - Análise Preliminar. **Química Nova**, v. 24, n. 1, p. 27-36, 2001.

DUMROESE, R.K.; WENNY, D.L. An assessment of *Ponderosa pine* seedlings grown in copper-coated polybags. **Tree Planters' Notes**, v. 48, n. 3/4, p. 60-64, 1997.

FONSECA E CRUZ, C.A.; NOGUEIRA DE PAIVA, H.; GOMES, K.C.O.; GUERRERO, C.R.A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tebebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, v. 2, n. 66, p. 100-107, 2004.

JOHNSON, F. **The use of chemicals to control root growth in container stock**: a literature review. Ontario: 1996. 20p. (OMNR, Northeast Science & Technology: TR-026). Disponível em: <http://www.borealscience.on.ca/spectrasites/internet/nesi/publications. cfm>. Acesso em: 20/07/2003.

LANDIS, T.D. Containers and Growing Media. In: LANDIS, T.D.; TINUS, R.W.; McDONALD, S.E.; BARNETT, J.P. **The container tree nursery manual.** Washington: DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1990. 6v. V. 2: Cap. 1: Containers: Types and Functions. Disponível em: <http://www.rngr.net/Publications/ctnm>. Acesso em: 20/07/2003.

LEITE, N. B. O setor florestal no Brasil. In: SEMINÁRIO SOBRE A QUESTÃO FLORESTAL E O DESENVOLVIMENTO. Rio de Janeiro: BNDES, 2003. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalogo/s_florestal.asp>. Acesso em: 10/04/2004.

LEMOS, R. C.; UBERTI, A.A.A.; VIZZOTTO, V.J. *et al*. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado de Santa Catarina**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria e Superintendência do Desenvolvimento da Região Sul – SUDESUL, Santa Maria: 1973. 32p.

MATTEI, V.L. Deformações radiculares em plantas de *Pinus taeda* L. produzidas em tubetes quando comparadas com plantas originadas por semeadura direta. **Ciência Florestal**, v. 4, n. 1, p. 9-21, 1994.

MENDHAM, J.; DENNEY, R.C.; BARNES, J.D.; THOMAS M.J.K. **Vogel**: Análise química quantitativa. 6.ed. Editora LTC, São Paulo: Editora LCT, 2002. 488p

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2.ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., Publishers, 1998. 793p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Porto Alegre: UFRGS - Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, 1995. 174p.

WENNY, D.L.; LIU, Y.; OSBORNE, H.L. First year field growth of chemically root pruned containerized seedlings. **New Forests**, v. 2, n. 2, p. 111-118, 1988.