

## ECTOMICORRIZAÇÃO EM QUATRO ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS DO RIO GRANDE DO SUL E SUA EFICIÊNCIA EM SOLO CONTAMINADO POR COBRE

Rodrigo Ferreira da Silva<sup>1</sup>, Zaida Inês Antonioli<sup>2</sup>, Manoelli Lupatini<sup>3</sup>, Lineu Leal Trindade<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agronomia - CCR/UFSM; Santa Maria, RS

<sup>2</sup>Departamento de Solos - CCR/UFSM

<sup>3</sup>PPG em Ciência do Solo - CCR/UFSM

e-mail: rofesil@bol.com.br

### Resumo

Embora os fungos ectomicorrízicos possam auxiliar o estabelecimento de plantas, pouca ênfase tem se dado aos estudos relacionados à formação da simbiose micorrízica em espécies florestais nativas do Estado do Rio Grande do Sul e sua aplicação em solo contaminado por cobre. O trabalho objetivou avaliar a capacidade de formação de ectomicorrizas em plântulas de angico-vermelho, canafístula, grápia e timbaúva inoculadas *in vitro* e determinar a eficiência micorrízica em solo contaminado por cobre de uma das espécies que formou micorriza. Primeiramente, foi estabelecida a inoculação *in vitro* do fungo *Pisolithus microcarpus* UFSC-Pt116 em plântulas das espécies arbóreas citadas, cultivadas em meio MNM. Após 35 dias, avaliou-se a associação ectomicorrízica, comprimento radicular, altura de plântula e a massa fresca radicular. Posteriormente, determinou-se a eficiência micorrízica de mudas de canafístula cultivadas durante 180 dias em solo contaminado por cobre. Os resultados evidenciam colonização ectomicorrízica nas plântulas de angico-vermelho, canafístula e timbaúva. As plântulas inoculadas apresenta-

ram redução no comprimento da raiz principal, altura e massa fresca radicular. A eficiência micorrízica para as mudas de canafístula foi de até 46% em solo contaminado por cobre.

**Palavras-chave:** ectomicorriza, angico-vermelho, canafístula, grápia, timbaúva.

## Abstract

The ectomycorrhizal fungi can improve the establishment of plants; however, it has been given little emphasis to the studies with formation of symbiosis in native forest species in the Rio Grande do Sul State, and their application in the soil contaminated by copper. This work aimed to evaluate the capacity of formation of ectomycorrhizal in association with: angico-vermelho, canafístula, grápia and timbaúva inoculated *in vitro* and to determine the mycorrhizal efficiency in the copper contaminated soil in some forest species to form mycorrhizal. Firstly, the inoculation was established *in vitro* with *Pisolithus microcarpus* UFSM-Pt116 in seedlings cited above cultivated in MNM medium. After 35 days, the ectomycorrhizal association, the roots length, seedling height and the fresh mass of the roots were evaluated. Subsequently, the efficiency was determined by the seedlings mycorrhizal colonization of canafístula cultivated during 180 days in copper contaminated soil. The results demonstrated seedlings ectomycorrhizal association in angico-vermelho, canafístula and timbaúva. The inoculated seedlings exhibited a reduction in the length of the main root, height and fresh mass of the roots. The mycorrhizal efficiency for the canafístula seedlings was up to 46 % in soil contaminated by copper.

**Keywords:** ectomycorrhizae, angico-vermelho, canafístula, grápia, timbaúva.

## Introdução

A revegetação de áreas degradadas ou contaminadas por espécies florestais nativas do estado do Rio Grande do Sul vem sendo dificultada devido ao lento crescimento dessas plantas. Em outro extremo, a contaminação de solos por cobre tem se tornado comum no sul do Brasil

(NACHTIGALL *et al.*, 2007). Sabe-se que a contaminação do solo por metais pode causar redução da atividade microbiana do solo (DIAS JUNIOR *et al.*, 1998) e alterar a composição das espécies de fungos micorrízicos (RÜHLING & SÖDERSTROM, 1990), ocasionando desestruturação da vegetação. Dessa forma, estudos relacionados à formação da simbiose micorrízica em plantas florestais nativas, maximizando a característica de serem adaptadas às condições ambientais do Rio Grande do Sul, podem gerar alternativas para revegetação de áreas contaminadas.

Para as plantas nativas, o angico-vermelho possui madeira pesada, elástica, resistente à umidade e com casca rica em tanino, sendo usada na construção civil, carpintaria e considerada uma espécie ideal para recuperação de áreas degradadas (BACKES & IRGANG, 2002). A canafístula é uma espécie pioneira, de crescimento rápido, ótima para reflorestamentos mistos em áreas degradadas e indicadas para produção de madeira, papel e extração de tanino no Centro-Sul do Brasil (CARVALHO, 1998). A grápia apresenta ampla distribuição geográfica no Brasil, sua madeira é pesada, sem falhas e durável (MATTOS, 2002). A timbaúva ocorre naturalmente em todos os países da América do Sul. Por ser uma espécie de rápido crescimento em formações secundárias, é indicada para recuperação de áreas degradadas, carpintaria e como planta ornamental (BACKES & IRGANG, 2002). Essas plantas, por serem adaptadas às condições ambientais poderão apresentar vantagens ecológicas em relação às espécies exóticas, como pinus e eucalipto.

Apesar da grande importância ecológica e econômica proporcionada por essas espécies, poucos estudos têm sido desenvolvidos devido ao seu lento crescimento, quando comparado às espécies exóticas. A associação dessas plantas com fungos micorrízicos poderá ser uma alternativa para acelerar o crescimento no viveiro ou em condições de campo e possibilitar o estabelecimento dessas plantas em solo contaminado por cobre. Os fungos ectomicorrízicos destacam-se por auxiliar o estabelecimento de plantas em áreas de difícil adaptação. Ao se associarem com as raízes das plantas, desenvolvem estruturas eficientes na absorção de água e nutrientes, os quais são posteriormente transferidos às plantas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; SMITH & READ, 2008).

Em espécies florestais como o *Eucalyptus grandis* (Hill Ex. Maiden) e *Pinus elliotii* (Engelm.), observou-se aumento na produção de massa

seca da parte aérea e da altura de plantas quando colonizadas por fungo ectomicorrízico (SILVA, 2002; SILVA *et al.*, 2003a; SILVA *et al.*, 2003b; SILVA *et al.*, 2003c). Andreatza *et al.* (2004) verificaram melhora na estabilidade de mudas de eucalipto, inoculadas com fungos ectomicorrízicos, em solo sob processo de arenização. Entretanto, parece ocorrer especificidade entre isolados e hospedeiros. Voigt *et al.* (2000) observaram que o fungo *Rhizopogon nigrescens* não colonizou plantas de *Eucalyptus dunnii*. Contudo, esse mesmo fungo apresentou alta especificidade a *Pinus taeda* (VOIGT, 1996). Conforme Oliveira *et al.* (1994), isolados fúngicos podem apresentar especificidade em relação a plantas do mesmo gênero, como observado para o gênero *Eucalyptus*. Essa especificidade dificulta a ocorrência da associação simbiótica de fungos ectomicorrízicos com certas espécies florestais. Isso indica a necessidade de trabalhos que evidenciem previamente a formação da micorriza, como nas espécies florestais nativas do estado do Rio Grande do Sul.

Apesar do grande potencial das plantas nativas, poucos são os estudos mostrando a formação da simbiose micorrízica em espécies florestais nativas do Rio Grande do Sul e seu comportamento em solo contaminado por metais. O trabalho teve o objetivo de avaliar a capacidade de formação de ectomicorrizas em plântulas de angico-vermelho, canafístula, grápia e timbaúva inoculadas em condições de laboratório, *in vitro*, e determinar a eficiência micorrízica em solo contaminado com cobre de uma das espécies florestais que apresentou a capacidade de formar micorriza.

## Material e métodos

Em condições de laboratório, estabeleceu-se um delineamento inteiramente casualizado que consistiu na inoculação, ou não do fungo *Pisolithus microcarpus* UFSC-Pt116 em plântulas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rígida* (Benth) Brenan), canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), grápia (*Apuleia Ieiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.) e timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong), com sete repetições. O fungo foi previamente cultivado em placa de Petri, em incubadora microbiológica a 28 ffc, em meio de cultura sólida Merlin Norkrans

Modificado - MNM - (MARX, 1969) durante 25 dias, sendo posteriormente repicado para as unidades experimentais.

As sementes das plantas avaliadas foram esterilizadas pela imersão em hipoclorito de sódio 10 % por 20 min. e lavadas em água esterilizada, por três vezes consecutivas. Posteriormente, as sementes foram novamente esterilizadas, em álcool 70 % por mais 20 min, sendo lavadas novamente, por três vezes, em água esterilizada. Após a esterilização, as sementes foram colocadas para germinação.

Para a germinação, conforme Andrezza (2004), três das sementes previamente esterilizadas foram colocadas em placa de Petri em meio de germinação esterilizado em autoclave. O Meio de germinação continha 500 mM de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 3mM de  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , 7,5g de ágar e 2g de glicose por litro de água, com o pH ajustado para 5,7. Em seguida, as placas de Petri foram incubadas a 25°C por 7 dias. Quando as sementes germinaram e atingiram a fase de plântula, foram transferidas para as unidades experimentais.

As unidades experimentais foram erlenmeyers com capacidade de 250 mL, contendo 60 mL de meio MNM sólido esterilizado em autoclave. Para essas unidades, foram transferidos três discos de 10 mm de diâmetro de micélio fúngico. Esses erlenmeyers foram acondicionados em incubadora microbiológica a 28°C, durante 30 dias para o crescimento do micélio fúngico. Após esse período, duas sementes pré-germinadas foram adicionadas em cada erlenmeyer. Os erlenmeyers foram mantidos em incubadora com fotoperíodo de 12 horas a 24±1°C, durante 35 dias.

As variáveis analisadas foram: presença e ausência de estruturas ectomicorrízicas, a associação micorrízica, comprimento da raiz principal, altura de plântula e massa radicular fresca. A associação micorrízica foi avaliada pela identificação visual do sistema radicular, na qual se detectam alterações na morfologia externa da raiz, que foram provocadas por fungos ectomicorrízicos (BRUNDRETT *et al.*, 1996); e mediante cortes histológicos transversais das raízes e observação em microscópio óptico da morfologia interna, visualizando a presença de manto fúngico e rede de Hartig (BRUNDRETT *et al.*, 1996). A altura da plântula foi medida utilizando-se uma régua graduada de 20 cm de comprimento. Essa variável foi obtida pela distância do colo da planta até a extremidade das últimas axilas foliares. O comprimento da raiz principal foi de-

terminado com régua de 20cm, medindo a distância do colo da planta ao ápice da raiz principal. Para massa fresca radicular, as raízes foram lavadas em água destilada, secas em papel mata-borrão e então determinada a massa verde radicular em balança analítica com quatro casas decimais.

Posteriormente, testou-se a eficiência da micorrização em uma espécie florestal nativa submetida a solo contaminado por cobre. Com base nos resultados da primeira etapa do trabalho, utilizou-se a canafístula, por ter evidenciado capacidade de formação de micorriza. Desse modo, em casa de vegetação, foi estabelecido um delineamento inteiramente casualizado num bifatorial (2 x 5), sendo com ou sem fungo ectomicorrizico (isolado UFSC-Pt116) e cinco doses de cobre (0: controle, adição de 150 mg kg<sup>-1</sup>, 300 mg kg<sup>-1</sup> e 450 mg kg<sup>-1</sup>), com seis repetições.

Utilizou-se um Argissolo Vermelho Amarelo, esterilizado em autoclave como substrato, apresentando pH<sub>água</sub>: 5,0; Ca + Mg: 8,4 cmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>, H+Al: 5,5 cmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>, P: 20,8 mg kg<sup>-1</sup>, K: 212 mg kg<sup>-1</sup>, matéria orgânica: 2,5 g kg<sup>-1</sup>, argila: 21 g kg<sup>-1</sup> e cobre extraído por HCl: 0,8 mg kg<sup>-1</sup>. Aplicou-se o equivalente a 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia como adubação de base e calcário dolomítico para elevar o pH do solo para 5,5. As mudas foram produzidas em areia lavada, esterilizada em autoclave e quando apresentaram dois pares de folhas definitivas foram transplantadas para vasos de cultivo, com capacidade de 1 L, contendo o solo contaminado por cobre. Cada vaso foi considerado uma unidade experimental. A umidade do solo foi mantida a 80% da sua capacidade de campo, completando a diferença do peso dos vasos com água destilada até 1,2 kg (com base no peso dos vasos + solo inicialmente saturado).

Após 180 dias de condução do experimento, as plantas foram colhidas e a partir dos dados de peso da matéria seca da parte aérea (MSPA) da planta calculou-se o índice de eficiência micorrízica. Para determinação do MSPA, as plantas foram cortadas rente ao solo, separando a parte aérea do sistema radicular. A parte aérea das plantas foi colocada em sacos de papel, identificadas e levadas à estufa a 65 fflC, onde permaneceram até atingirem o peso constante. Após, pesou-se em balança digital com três casas decimais. A eficiência micorrízica expressa a contribuição percentual da ectomicorriza, e foi calculada pela fórmula  $EM (\%) = [(MSPA\ CF - MSPA\ SF) / MSPA\ SF] * 100$ , sendo CF: com fungo e SF: sem fungo.

Os resultados de altura de plântula, comprimento da raiz principal,

massa fresca radicular, peso da matéria seca aérea e eficiência micorrízica foram submetidos à análise de variância e, quando da significância dos efeitos apontados pela análise, compararam-se às médias pelo teste de Tukey, tomando como base os níveis de significância maiores que 95% ( $p \leq 0,05$ ), utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2006).

## Resultados e discussão

A presença de estruturas ectomicorrízica foi observada em plântulas de angico-vermelho, canafístula e timbaúva (Tabela 1). A morfologia externa das raízes de angico-vermelho, canafístula e timbaúva evidenciam um espessamento dos ápices radiculares quando inoculado com o fungo ectomicorrízico UFSC-Pt116, em relação à raiz sem a inoculação (Tabela 1, Figura 1b). Essas alterações podem ser devido à presença de estruturas como o manto fúngico (BRUNDRETT *et al.*, 1996; COSTA, 2002). O manto fúngico é uma estrutura composta por hifas, responsável pelo armazenamento temporário de elementos nutritivos absorvidos pelo fungo (PETERSON, 2004; SMITH & READ, 2008). Conforme Souza *et al.* (2006), a formação das ectomicorrizas inicia pela superfície das raízes. Entretanto, não foi possível a observação dessas estruturas nas plântulas de grápia.

**TABELA 1. Presença (+) ou ausência (-) de estruturas ectomicorrízicas externas e internas ao sistema radicular de plântulas de angico-vermelho, canafístula, grápia e timbaúva com ou sem inoculação com o fungo ectomicorrízico (fECM) *Pisolithus microcarpus* in vitro.**

Plântulas	<i>Pisolithus microcarpus</i> in vitro.		
	fECM	Estrutura ectomicorrízica	
		Externa <sup>1</sup>	Interna <sup>2</sup>
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth) Brenan	Com	+	+
	Sem	-	-
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Com	+	+
	Sem	-	-
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	Com	-	-
	Sem	-	-
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> Vell. Morong	Com	+	+
	Sem	-	-

<sup>1</sup>Presença de manto fúngico ou Pelotões de hifas; <sup>2</sup>Presença de Rede de Harting e manto fúngico mediante observação de cortes histológicos de raízes.

Foram observadas alterações na estrutura interna das raízes de angico-vermelho, canafistula e timbaúva, em relação ao controle sem fungo ectomicorrízico (Tabela 1, Figura 1d). Essas modificações indicam a presença da estrutura fúngica denominada rede de Hartig, que é responsável pelas trocas de nutrientes e carboidratos entre fungo e o sistema radicular das plantas (BRUNDRETT *et al.*, 1996; SMITH & READ, 2008). A presença dessas estruturas fúngicas no sistema radicular indica a capacidade da planta em formar ectomicorriza com o fungo inoculado em condições controladas.

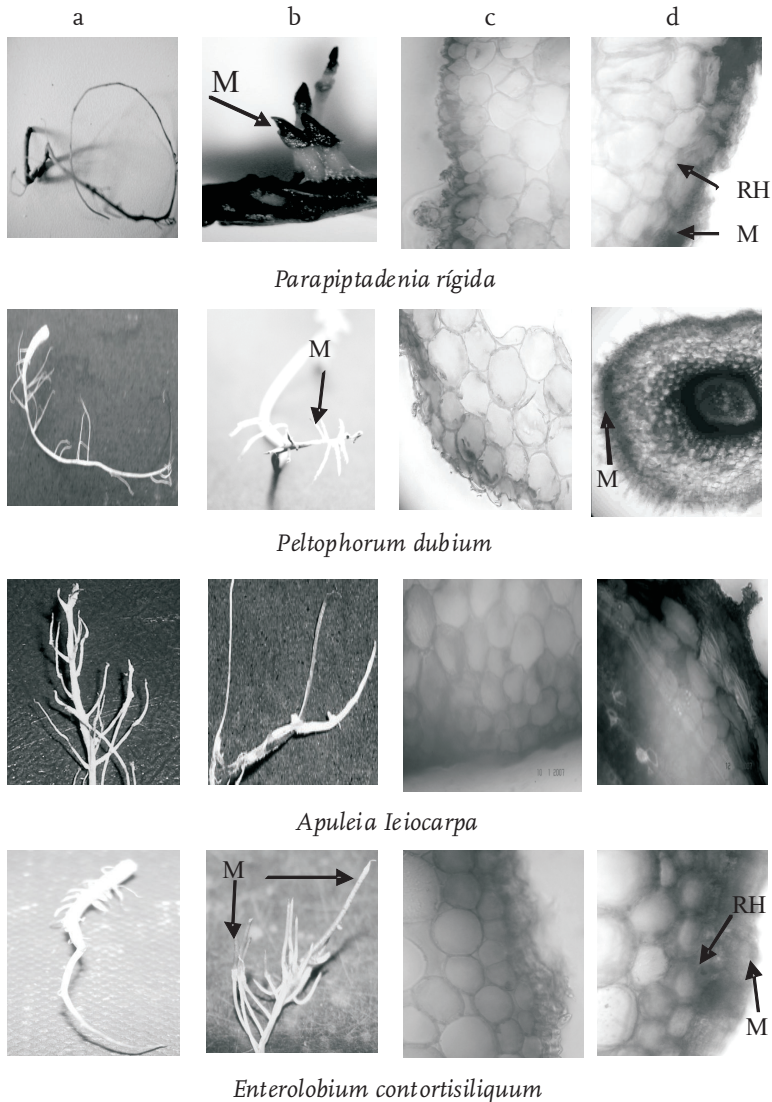
Não foi detectada modificação na morfologia externa e interna das raízes de grápia submetidas ao fungo ectomicorrízico UFSC-Pt116 (Figura 1b, d). A literatura não apresenta relatos da ocorrência de ectomicorrizas em grápia, canafistula e timbaúva em ambiente natural (ZANGARO *et al.*, 2002; ANDREAZZA *et al.*, 2008). Isso tem sido atribuído a fatores ambientais, como alta fertilidade do solo, pouco inóculo no ambiente, ou à incompatibilidade de fungos ectomicorrízicos a essa espécie vegetal (BRUNDRETT *et al.*, 1996; SMITH & READ, 2008). Desse modo, mesmo em condições controladas de laboratório, também não se verifica a ocorrência de micorriza com essa espécie vegetal.

O comprimento da raiz principal das plântulas de angico-vermelho, canafistula e timbaúva foi reduzido em 38, 37 e 23,7%, respectivamente, na presença do fungo UFSC-Pt116 (Tabela 2). Redução do comprimento radicular das plantas tem sido atribuída aos efeitos morfogenéticos, proporcionado por fungos ectomicorrízicos quando associados ao sistema radicular e essas alterações incluem deformação das raízes e redução da dominância apical (SMITH & READ, 2008). Esses resultados indicam a possibilidade de essas raízes formarem micorriza. A grápia não manifestou diferença significativa para esse parâmetro quando inoculada com o fungo ectomicorrízico.

A massa fresca radicular foi significativamente reduzida nas plântulas de angico-vermelho, grápia e timbaúva na presença do fungo ectomicorrízico (Tabela 2). SMITH & READ (2008) relataram que as raízes podem apresentar pequena redução em sua massa, porém esse resultado vem acompanhado de um aumento da área de absorção radicular pela presença das hifas do fungo. Desse modo, a presença do fungo ectomicorrízico não proporciona dano à planta e ainda tende a aumentar a absorção de nutrientes e água. Resultado semelhante foi



observado por Andreazza (2006) em plântulas de grábia inoculadas com o fungo ectomicorrízico UFSC-Pt116. As plântulas de canafístula não manifestaram diferença significativa para massa fresca radicular entre o tratamento de inoculação e o controle.



**Figura 1.** Morfologia externa (a) e interna (c) de raízes sem inoculação micorrízica; morfologia externa (b) e interna (d) de raízes com inoculação micorrízica de *Parapiptadenia rigida*, *Peltophorum dubium*, *Apuleia leiocarpa*, *Enterolobium contortisiliquum*. (M = manto fúngico; RH = rede de Harting).

**Tabela 2.** Comprimento da raiz principal (CRP), altura da parte aérea (ALT) e massa radicular fresca (MRF) de plântulas de *Parapiptadenia rígida*, *Peltophorum dubium*, *Apuleia leiocarpa* e *Enterolobium contortisiliquum* com e sem inoculação do fungo ectomicorrízico UFSM-Pt116. UFSM, Santa Maria, 2006.

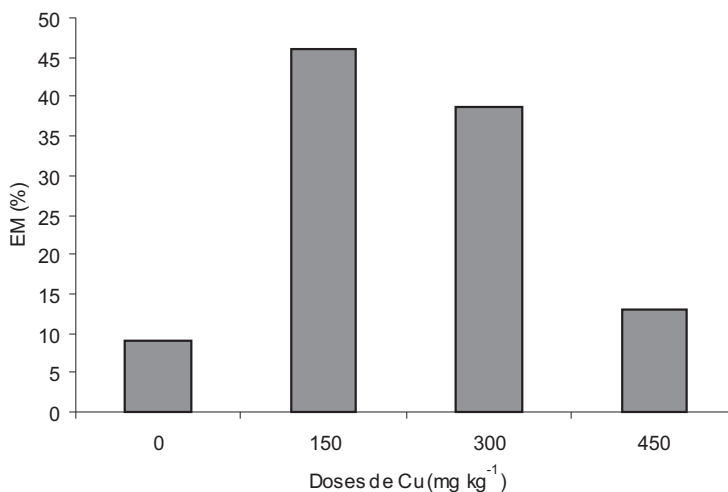
Planta	Inoculação	CRP (cm)	MRF (mg)	ALT (cm)
<i>Parapiptadenia rígida</i>	Sem	11,10 a	31,1 a	6,21 a
	Com	2,69 b	11,0 b	4,16 b
CV %		12,19	10,7	5,49
<i>Peltophorum dubium</i>	Sem	7,40 a	48,4 a	2,89 a
	Com	4,66 b	37,8 a	2,37 b
CV %		16,25	3,2	7,11
<i>Apuleia leiocarpa</i>	Sem	5,24 a	95,4 a	8,71 a
	Com	5,38 a	38,1 b	6,67 b
CV %		10,14	12,7	8,12
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Sem	7,62 a	111,4 a	11,18 a
	Com	5,81 b	65,9 b	12,16 a
CV %		3,68	5,4	8,48

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ).

A altura das plântulas de angico-vermelho, canafístula e grápia foi reduzida significativamente em 33, 18 e 23,4%, respectivamente, com a presença do fungo ectomicorrízico (Tabela 2). Sabe-se que a resposta do fungo ectomicorrízico não depende somente da espécie fúngica e planta envolvida, mas também de fatores, como o substrato no qual está sendo estabelecida a associação (BRUNDRETT *et al.*, 1996). Nesse caso, o efeito das ectomicorrizas sob as plantas tende a diminuir com o aumento do nível de disponibilidade de fósforo no substrato (VIEIRA & PERES, 1990). Esse comportamento foi comprovado por vários autores, os quais indicam que, na presença de um substrato com alta disponibilidade de nutrientes, principalmente fósforo, o fungo ectomicorrízico pode atuar como parasita e não como simbiote, reduzindo o crescimento da planta (SMITH & READ, 2008; SILVA *et al.*, 2003a). Contudo, devido à interação existente entre planta, fungo e o ambiente, esse comportamento pode não se repetir após o transplante da muda para o

campo. É possível que a associação traga vantagens nessa nova condição.

Observa-se efeito significativo da inoculação com relação à eficiência micorrízica nas doses de cobre testadas (Figura 2). O efeito da inoculação foi maior na dose de 150 mg kg<sup>-1</sup> de cobre, que proporcionou incremento de 46% no peso da matéria seca da parte aérea, sendo reduzido nas doses seguintes (Figura 2). Segundo Costa *et al.* (2003), o manto fúngico e a rede de Harting são estruturas fúngicas que podem imobilizar os metais do solo, configurando um importante mecanismo de proteção às plantas. Contudo, elevadas concentrações de cobre causam necrose das folhas e diminuição do crescimento da planta (GRASSI-FILHO, 2010). Isso se deve à alteração na atividade da enzima nitrato redutase, que reduz o N total e o tamanho da planta pela consequente redução na produção de clorofila (LUNA *et al.*, 1997). Assim, mesmo em situações desfavoráveis, as plantas demonstram ter melhores condições de se desenvolverem quando inoculadas com o isolado ectomicorrízico. Entretanto, há a necessidade de avaliar essa associação em condições de campo e para as outras espécies estudadas neste trabalho que evidenciaram formação de micorriza.



**Figura 2.** Eficiência micorrízica - EM (%) - de mudas de *Peltophorum dubium* submetidas a doses de cobre.

## Conclusão

As raízes das plântulas de *Parapiptadenia rígida*, *Peltophorum dubium* e *Enterolobium contortisiliquum* formam micorriza com o fungo *Pisolithus microcarpus* UFSC-Pt116. Por outro lado, não foi possível definir essa associação com *Apuleia Ieiocarpa*, em cultivo *in vitro*.

A presença do fungo *Pisolithus microcarpus* UFSC-Pt116 reduziu o comprimento da raiz principal, altura e massa fresca radicular de plântulas de *Parapiptadenia rígida*, *Peltophorum dubium*, *Apuleia Ieiocarpa* e *Enterolobium contortisiliquum*.

A eficiência micorrízica para as mudas de canafístula foi de até 46% em solo contaminado por cobre.

## Referências

- ANDREAZZA, R.; ANTONIOLLI, A. I.; OLIVEIRA, V. L. De.; LEAL, L. T.; MORO JÚNIOR, C. A.; PIENIZ, S. Ocorrência de associação micorrízica em seis essências florestais nativas do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 339-346, 2008.
- ANDREAZZA, R. **Associação de fungos ectomicorrízicos com espécies florestais nativas do Estado do Rio Grande do Sul**, RS. 2006. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- ANDREAZZA, R. *et al.* Espécies de *Pisolithus* sp. na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em solo arenoso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, p. 51-6, 2004.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul** - Guia de Identificação e Interesse Ecológico. 2 ed.. Porto Alegre: Pallotti - Instituto Souza Cruz, 2002, 326p.
- BRUNDRETT, M. et al **Working with mycorrhizal in forestry and agriculture**. Canberra: ACIAR, 1996. 400 p.
- CARVALHO, P.E.R. Espécies nativas para fins produtivos. In: CARVALHO, P.E.R.(ed.) **Espécies não tradicionais para plantios com**

**finalidades produtivas e ambientais.** Colombo: EMBRAPA: CNPF, 1998. p.103-125.

COSTA, M. D. et al Physiology and genetics of ectomycorrhiza formation in the Pisolithus-Eucalyptus symbiosis. In: ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N.F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (eds) **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p.143-193. v. 2.

COSTA, M. D. *et al.* Ectomicorrizas: a face oculta das florestas: Aplicações biotecnológicas das ectomicorrizas na produção florestal. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 29, n. 1, p. 38-46, 2003.

DIAS JÚNIOR, H. E. *et al.* Metais pesados densidade e atividade microbiana do solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 631-640, 1998.

FERREIRA, D.F. **Sistemas de análise estatística para dados balanceados.** UFPA/DEX/SISVAR, Lavras, 2006, 145p.

GRASSI FILHO, H. **Cobre na planta.** In: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS. Departamento de Recursos Naturais. Ciência do Solo, 2005. Disponível em: <<http://www.ciencialivre.pro.br/media/5d14138ca192e610ff81e2ffffd523.pdf>>. Acesso em: 8 de setembro 2010.

LUNA, C. M.; CASANO, I. M.; TRIPPI, V. S. Nitrate reductase is inhibited in leaves of *Tricum aestivum* treated with high levels of copper. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 101, n. 1, p. 103-108, 1997.

MARX, D.H. The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections. I. Antagonism of mycorrhizal fungi to root pathogenic fungi and soil bacteria. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 59, p. 153-163, 1969.

MATTOS, R.B. **Características qualitativas e possibilidade de ganho de fuste em espécies euxilóforas nativas da região central do Rio Grande do Sul.** 2002. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.S. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

NACHTIGALL, G. R.; NOGUEIROL, R. C.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M. A. Copper concentration of vineyard soils as a function of pH variation and addition of poultry litter. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, p. 941-948, 2007.

OLIVEIRA, V.L. *et al.* Spécificité de champignons ectomycorhiziens vis-à-vis d'*Eucalyptus viminalis* Labill et *E. dunnii* Maiden. **Agronomie**, Paris, v.14, p.57-62, 1994.

PETERSON, R. L.; MASSICOTTE, H. B.; MELVILLE, L. H. **Mycorrhizas: anatomy and cell biology**. Ottawa: NRC Research Press, 2004. 173 p.

RÜHLING, A.; SÖDERSTROM, B. Changes in fruitbody production of mycorrhizal and litter decomposing macromycetes in heavy metal polluted coniferous forests in North Sweden. **Water Air Pollution**, Saint Paul, v. 49, p. 375-387, 1990.

SILVA, R.F. ; ANTONIOLLI, Z.I. ; ANDREAZZA, R. Efeito da inoculação com fungos ectomicorrízicos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden em solo arenoso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, p. 33-42, 2003a.

SILVA, R.F. *et al.* Fungos ectomicorrízicos no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.19, p. 9-17, 2003b.

SILVA, R.F. *et al.* Produção de mudas de *Pinus elliottii* Engelm. micorrizadas em solo arenoso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.13, n.2, p.57-65, 2003c.

SILVA, R.F. **População de fungos micorrízicos e influência de ectomicorrizas na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* em solo arenoso**. 2002.105f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 3<sup>ff</sup> ed., San Diego, Academic Press, 2008, 787p.

SOUZA, V. C. de.; SILVA, R. A. da.; CARDOSO, G. D.; BARRETO, A. F. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 612–618, 2006.

VIEIRA, R.F.; PERES, J.R. Fungos ectomicorrízicos para *Pinus* spp. cultivados em solos sob vegetação de cerrado. **Rev. Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, p. 33-39, 1990.

VOIGT, E.L. **Compatibilidade de isolados fúngicos ectomicorrízicos provenientes de *Eucalyptus* e de *Pinus* em relação a *Eucalyptus dunnii* Maiden *in vitro***. 1996. 33f. Monografia (Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

VOIGT, E.L.; OLIVEIRA, V.L.; RANDI, A.M. Mycorrhizal colonization and compounds accumulation on roots of *Eucalyptus dunnii* Maiden inoculated with ectomycorrhizal fungi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p. 1905-1910, 2000.

ZANGARO, W. *et al.* E.M. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do Rio Iibagi, Paraná. R. **Cerne**, Lavras, v. 8, p. 77-87, 2002.

Submetido em: 22/11/2010

Aceito em: 06/06/2011