

PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Pinus elliottii* Engelm. MICORRIZADAS EM SOLO ARENOSO

ECTOMYCORRHIZAL SEEDLING PRODUCTION OF *Pinus elliottii* Engelm., IN SANDY SOIL

Rodrigo Ferreira da Silva¹ Zaida Inês Antonioli² Robson Andrezza³

RESUMO

A eficiência de diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos foi avaliada para produção de mudas de pinus em solo arenoso. Os tratamentos foram: testemunha; fungo Rh 117; fungo Pt Siv.1; fungo FSE – RS (nativo) e fungo F1 – RS (nativo). O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação cujas mudas foram produzidas em solo sob processo de “arenização”, coletado no município de São Francisco de Assis, RS. Determinaram-se a massa verde da parte aérea e radicular, massa seca da parte aérea, altura de planta, comprimento e área superficial específica radicular, colonização micorrízica e teores de nitrogênio, fósforo e potássio. Os fungos F1 – RS e Pt Silv.1 beneficiaram as mudas de pinus nos parâmetros radiculares como massa verde radicular, comprimento e área superficial específica da raiz. A associação micorrízica não favoreceu a absorção de nutrientes (N, P e K) e no desenvolvimento da parte aérea da muda de pinus.

Palavras-chave: mudas, *Pinus elliottii*, solo arenoso, ectomicorriza.

ABSTRACT

The efficiency of different isolated of ectomycorrhizal fungi was estimated to evaluated the pinus seedlings production, in sandy soil. The treatment were: not inoculated, inoculated with isolated fungi Rh 117; Pt Silv.1; FSE – RS (native) and F1- RS (native). The work was developed in greenhouse, in sandy soil collected in São Francisco de Assis – RS. It was determined the fresh mass of aerial part and root, dry mass of aerial part, seedlings height, length and root specific superficial area, micorrhizae colonisation and level of N, P and K. The fungi F1 – RS and Pt Silv.1 provided beneficial grown in the pinus seedlings in relation to fresh root specific superficial area. The micorrhizae association in this work did not improve nutrient uptake of N, P and K and the pinus seedlings aerial part development.

Key words: seedlings, *Pinus elliottii*, sandy soil, ectomycorrhizal.

INTRODUÇÃO

A região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul apresenta como característica grandes áreas de solos arenosos ou em processo de arenização. À medida que os anos avançam essas áreas aumentam dificultando a sobrevivência de espécies vegetais. A sobrevivência dessas plantas em solos degradados pode estar condicionada à associação com organismos do solo que auxiliam a estabelecimento e desenvolvimento dessas espécies. Nesse sentido, os fungos ectomicorrízicos podem ser considerados um importante componente para o desenvolvimento das plantas em solo em processo de arenização.

Ectomicorrizas são fungos de solo pertencente à subdivisão Basidiomycotina que desenvolvem uma associação simbiótica mutualística com as plantas superiores. Esses fungos ocorrem em um grupo restrito de plantas (aproximadamente 5%), sendo economicamente importantes para o setor florestal (Bellei e Carvalho 1992). Esses fungos podem melhorar a eficiência de absorção de alguns nutrientes. Foram encontradas mais altas concentrações de Cu, Mn, Mg, Ca, Fe e Zn nos rizoma e frutificações dos fungos do que nos órgãos das plantas sem micorrizas (Smith e Read 1997; Bellei e Carvalho 1992). Desse modo, espera-se que as plantas micorrizadas apresentem uma condição nutricional mais favorável ao seu estabelecimento, desenvolvimento e produção.

1. Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). rofesil@bol.com.br
2. Bióloga, Dr^a., Professora do Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS).
3. Técnico Agrícola, Acadêmico do Curso de Agronomia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). Bolsista de iniciação científica. robsonandrezza@bol.com.br

Recebido para publicação em 25/07/2002 e aceito em 17/12/2002.

As micorrizas desempenham um importante papel no estabelecimento de diversas espécies vegetais, proporcionando um aumento na capacidade de absorção de nutrientes e água. Por exemplo, em mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Well) Fr. Allem.), a inoculação promoveu maior crescimento das plantas em relação às mudas não-inoculadas (Chaves *et al.* 1995). Em mudas de *Pinus* sp., também se obtinha efeito significativo da inoculação com fungos micorrízicos, na matéria seca da parte aérea e das raízes, na altura e no diâmetro do colo (Vieira e Peres 1990). Esse incremento da massa seca, especialmente no sistema radicular, pode ser um fator importante para o estabelecimento dessas espécies em solos degradados. Os fungos ectomicorrízicos podem auxiliar o estabelecimento de mudas de pinus após o transplante para o campo. Nesse aspecto, várias pesquisas têm demonstrado a importância da inoculação com fungos ectomicorrízicos sobre o crescimento e desenvolvimento de mudas de pinus a campo (Marx 1977; Marx *et al.* 1985). Assim, o transplante dessas mudas, inoculadas com fungos ectomicorrízicos, pode ser uma importante alternativa visando ao estabelecimento dessas espécies em solos degradados ou em processo de arenização.

Há uma variação na habilidade do fungo ectomicorrízico em colonizar e atuar eficientemente na simbiose com as mudas de pinus. Essa variação ocorre entre diferentes espécies de fungos ectomicorrízicos e entre isolados de uma mesma espécie (Marx *et al.* 1978). Marx (1981), observou grande variação entre isolados de *Pisolithus tinctorius* quanto à capacidade de formação de ectomicorrizas em mudas de *Pinus taeda* L. Do mesmo modo, isolados de *P. tinctorius* utilizados por Molina (1979) variaram na efetividade como inóculo ectomicorrízico e na capacidade de colonização de raízes de *Pinus contorta* Dougl..

Assim, o estabelecimento de essências florestais micorrizadas pode ser uma alternativa viável para o aproveitamento de áreas degradadas, ou áreas que estão sujeitas a processos erosivos. A inoculação de mudas de essências florestais, ainda no viveiro, pode ser uma das formas, para que o fungo possa ser levado a campo, com grande probabilidade de contribuir para o bom estabelecimento e desenvolvimento das plantas.

Este trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento de mudas de pinus inoculadas com fungos ectomicorrízicos, produzidas em solo arenoso, oriundo da região central do estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, RS. O solo utilizado foi um Neossolo Quartzarênico típico (Streck *et al.* 1999), com textura arenosa e baixa disponibilidade de fósforo (Tabela 1), ocorrente no município de São Francisco de Assis, na Depressão Central do Rio Grande do Sul. O solo foi coletado sob campo nativo, na profundidade de 0–20 cm.

O solo foi seco ao ar, peneirado em malha de 4 mm e adicionada mistura de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio (relação molar 3/1) em quantidade equivalente a 1 tonelada de calcário por hectare, cuja finalidade foi elevar o pH acima de 5,5 e proporcionar adubação com cálcio e magnésio. O solo foi incubado por 30 dias com umidade de aproximadamente 70% da capacidade de campo, para que o carbonato de cálcio e o carbonato de magnésio pudessem reagir no solo. Após este período, o solo foi novamente seco ao ar, destorroado e peneirado. Posteriormente, o solo foi fumigado com Brometo de Metila, na dose de 60 ml de fumigante para 100 kg de solo. O material ficou hermeticamente fechado durante 72 horas e após 4 dias o solo foi armazenado em sacos plásticos e disponibilizado para uso no experimento.

TABELA 1: Características gerais do solo utilizado no experimento em casa de vegetação, Santa Maria, RS, 2001.

TABLE 1: General characteristics of the soil used in the greenhouse experiment, Santa Maria, RS, 2001.

pH- água	Ca + Mg	Al	H + Al	P	K	MO	Argila
1:1	Cmol _c L ⁻¹			mg L ⁻¹		%	
5,0	0,7	0,3	2,3	8,0	36,0	0,8	14

A adubação de correção para N e K foi conforme recomendação da ROLAS (1995), sendo aplicado o equivalente a 40 kg/ha de N e 30 kg ha⁻¹ de K. O nitrogênio foi aplicado na forma de uréia e o potássio na

forma de KCl.

Obtenção, multiplicação e inoculação de fungos ectomicorrízicos

Os isolados de fungos ectomicorrízicos utilizados neste experimento foram dois isolados nativos, do gênero *Pisolithus* sp. (FSE-RS e F1-RS), da região central do estado do Rio Grande do Sul, uma espécie oriunda do estado de Santa Catarina (Universidade Federal de Florianópolis), *Rhizopogon rubescens* Tull., denominada de Rh 117 e outra espécie de Minas Gerais (Universidade Federal de Viçosa), *Pisolithus* sp., denominada de Pt Silv.1. Os isolados nativos foram processados em laboratório utilizando-se de técnicas assépticas para o isolamento e multiplicação das ectomicorrizas, conforme Brundrett *et al.* (1996). Para o isolamento desse fungos, realizou-se uma desinfecção com álcool na superfície externa da frutificação do fungo, retirando-se da parte interna pequenos pedaços do fungo. Esses pedaços da frutificação foram colocados em placa de Petry contendo o meio de cultivo MNM (Merlin Norkrans modificado, Marx 1969). Após o crescimento micelial do fungo, repicou-se pequenas porções desse micélio para outra placa de Petri contendo meio de cultivo. Esse processo foi repetido várias vezes com a finalidade de isolar o fungo micorrízico de contaminantes.

Para o melhor crescimento e desenvolvimento, todos os isolados de fungos foram multiplicados em meio MNM (Marx, 1969). O meio foi preparado, esterilizado e colocado em torno de 20 ml de meio por placa de Petry. Em seguida, retiraram-se das culturas estoques de fungos, discos de 10 mm de diâmetro contendo fungo e meio de cultivo, e repicou-se para as placas de Petri, contendo o meio MNM. Após, incubaram-se a 28°C durante 20 dias, até obter um crescimento satisfatório dos fungos. A inoculação foi efetuada retirando-se discos de 10 mm de diâmetro das bordas do micélio dos fungos micorrízicos crescidos em placas de Petry e transferindo-os para os vasos de cultivo no momento do transplante das mudas (Brundrett *et al.* 1996).

Essência florestal e isolados de fungos ectomicorrízicos

A essência florestal usada foi o pinus (*Pinus elliottii* Engelm.) cuja sementes foram obtidas na Estação Experimental de Silvicultura de Santa Maria (FEPAGRO), Santa Maria, RS. As mudas foram, inicialmente, produzidas em substrato de areia esterilizada e ao apresentarem duas folhas definitivas, foram transplantadas uma muda para vasos de cultivo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos de inoculação de diferente isolados de fungos ectomicorrízicos (Testemunha sem fungo; Rh 117; FSE-RS; F1-RS; Pt silv.1). Como unidade experimental foi utilizado vasos brancos de plástico com capacidade de 1 kg de solo. Estes vasos foram previamente lavados com hipoclorito de sódio 12%, para evitar possíveis contaminações. O solo utilizado em cada unidade experimental foi acondicionado em saco plástico de 1 kg para evitar a perda de umidade e nutrientes.

Condução do experimento

O experimento teve duração de cinco meses. Durante o experimento, foram realizadas irrigações diárias, por pesagem de cada vaso. Adicionaram-se 150 ml de água destilada, correspondente a 15% do peso do solo seco o que corresponde aproximadamente a 80% da capacidade de campo. A irrigação por pesagem foi realizada pesando todos os vasos e completando a diferença do peso com água até 1,2 kg, com rodízio dos vasos realizado semanalmente. Com a finalidade de amenizar os efeitos das altas temperaturas, colocou-se, a uma altura de 1 m dos vasos, sombrite com 30% de sombreamento. No período mais quente do dia, eram ligados os aspersores da casa de vegetação, diminuindo assim a temperatura no interior da casa.

Após 20 dias da germinação, aplicou-se solução nutritiva de Long Ashton, aplicada três vezes por semana, contendo N, K, Mg, Ca, Fe e micronutrientes (Hewitt 1966). Aplicaram-se também 60 mg/kg de nitrogênio na forma de uréia divididos em duas aplicações, aos 45 e 90 dias após o transplante da muda.

Parâmetros analisados

Os parâmetros analisados foram: altura da planta, massa verde da parte aérea e radicular, massa seca da parte aérea, comprimento e área superficial específica radicular, colonização micorrízica, teores de nitrogênio, fósforo e potássio. A altura de planta foi medida utilizando-se uma régua graduada de 50 cm de

comprimento. Os resultados de massa verde da parte aérea do sistema radicular e massa seca da parte aérea foram obtidos da seguinte forma: as plantas foram cortadas rente ao solo, em seguida pesou-se a parte aérea, caracterizando o peso da massa verde da parte aérea. Posteriormente, as plantas foram colocadas em sacos de papel, identificadas e levadas à estufa a 65°C onde permaneceram até atingirem o peso constante. Após, pesou-se novamente, obtendo-se a massa seca da parte aérea. As raízes foram separadas do solo, lavadas com água destilada, secadas em papel toalha e então determinado o peso da massa verde radicular. Para a análise do comprimento radicular, utilizou-se uma amostra de 0,2 g de raízes cortadas em 1 cm e distribuiu-se em uma placa quadriculada de 1 cm x 1 cm, em seguida, contou-se o número de intersecções das raízes com as linhas da placa. O comprimento e área superficial específica do sistema radicular foram estimados seguindo-se o método de Tennant (1975).

As amostras, para determinação da porcentagem de raízes colonizadas por fungos ectomicorrízicos, foram coletadas por ocasião da colheita do experimento. As raízes das plantas foram separadas do solo, por meio de peneiras e lavadas com água destilada, em seguida, retirou-se uma amostra de 0,1 g de raízes as quais foram cortadas em 1 cm e armazenadas em solução com álcool comercial a 50%. No laboratório, essas raízes foram submetidas ao processo de clareamento e coloração. O procedimento de clareamento e coloração das raízes constou em deixar uma amostra de 0,1g de raízes imersas em solução de KOH 10%, a 80°C durante 1h30 horas. Após, foram lavadas com água e, posteriormente, as raízes foram colocadas em HCl 0,1N durante 2 minutos. Lavaram-se novamente com água e colocaram-se as raízes em Trypan Blue (corante) a 80°C, por 30 minutos. Posteriormente, lavaram-se novamente as raízes com água e sendo armazenadas em lactoglicerol, conforme Brundrett *et al.* (1996). A avaliação da porcentagem de colonização micorrízica (CM) foi estimada pelo método da placa quadriculada (Giovannetti e Mosse 1980).

O material utilizado para a análise química foi a massa seca da parte aérea. Esta foi moída em moinho tipo facas e passada em peneira de 2 mm e, então, submetida à análise química para determinar as concentrações de N, P e K. Na análise da parte aérea, empregou-se a digestão por via úmida com água oxigenada e ácido sulfúrico, segundo metodologia descrita por Tedesco *et al* (1985). As concentrações de N foram determinadas pelo método de Bremner e Keeney (1965); a de P conforme o método de Murphy e Riley (1962) e a de K por fotometria de chama.

A análise estatística foi efetuada pela análise de variância, pelo teste F, comparando-se as médias pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico SOC, desenvolvido pelo Núcleo Tecnológico para Informática (EMBRAPA 1997). Os dados de porcentagem de colonização micorrízica, eficiência micorrízica e massa seca da parte aérea foram previamente transformados em raiz quadrada mais 0,5 por não seguirem distribuição normal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presença dos fungos ectomicorrízicos não proporcionou efeito benéfico para a altura, massa verde e massa seca da parte aérea das mudas de pinus (Tabela 2). Os parâmetros radiculares como massa verde (Tabela 2), comprimento e área superficial específica (Tabela 3), foram favorecidos pela associação micorrízica. Os tratamentos T4 e T5, compostos, respectivamente, pelos fungos F1 – RS e Pt silv.1, apresentaram nas médias dos parâmetros radiculares superiores estatisticamente aos demais tratamentos. Desse modo, é possível observar que a presença desses fungos pode atuar de forma benéfica nas mudas de pinus, aumentando a área de absorção de nutrientes e água.

O maior comprimento e área superficial específica radicular observada no tratamento com o fungo Pt silv.1 (Tabela 3), em relação aos demais tratamentos, pode favorecer o estabelecimento de espécies florestais em solos degradados, como os encontrados na região sudoeste do Rio Grande do Sul. O incremento na área superficial de absorção se traduz em um incremento no volume de solo explorado pelas raízes. Estima-se que a superfície da área explorada por ectomicorrizas é 1000 vezes superior aquela de raízes sem a presença do fungo micorrízico (Harley 1969). Desse modo, essas plantas poderiam apresentar um melhor estado nutricional, em relação às plantas que apresentam menor área de absorção, podendo ser um fator condicionante para taxa de sobrevivência das espécies. Assim, plantas com maior área de absorção podem apresentar maior tolerância a diversos estresses ambientais, como temperaturas elevadas

(Schenck e Schroeder 1974), deficiência hídrica (Mosse *et al.* 1981), extremos de pH (Safir e Duniway 1982) e proteção contra agentes patogênicos (Marx 1970).

TABELA 2: Altura, massa verde da parte aérea e radicular, e massa seca da parte aérea, em mudas de pinus inoculadas com fungos ectomicorrízicos, produzidas em solo arenoso, Santa Maria, RS, UFSM, 2002.

TABLE 2: Seedling height, fresh mass of aerial and root part, and dry weight of aerial part in pinus seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi, in sandy soil, Santa Maria, RS, UFSM, 2002.

Tratamento	Altura	Massa Verde		Massa Seca
		Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea
	cm	g		
T1) Testemunha	9.60a	1.26a	0.79b	0.39a
T2) Rh 117	9.82a	1.27a	0.80b	0.37a
T3) FSE – RS	11.22a	1.31a	0.76 b	0.39a
T4) F1 – RS	10.92a	1.49a	0.95 ab	0.44a
T5) Pt silv.1	11.18a	1.43a	1.12 a	0.43a
CV %	12.19	18.37	15.45	17.83

Em que: Rh 117 = *Rhizopogon rubescens*; FSE-RS = *Pisolithus* sp.; F1-RS = *Pisolithus* sp.; Pt silv.1 = *Pisolithus* sp. Médias Seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se um efeito diferenciado das espécies de fungos ectomicorrízicos inoculadas, na percentagem de colonização micorrízica encontrada nas mudas de pinus (Tabela 3). Essa variação tem sido observada entre espécies de fungos ectomicorrízicos e entre isolados de uma mesma espécie (Marx *et al.* 1978). Os fungos com maior percentagem de colonização foram os fungos Rh 117, F1 – RS e Pt silv.1 apresentando 37, 46 e 41% de colonização micorrízica respectivamente. De modo geral, esses valores podem ser considerados baixos quando comparados aos encontrados por Vieira e Peres (1990), em que as percentagens de ectomicorrizas variaram em torno de 90%, porém, trabalhando em solo de textura argilosa e 2,7 ppm de disponibilidade de fósforo.

TABELA 3: Comprimento radicular, área superficial específica radicular (ASE) e colonização micorrízica (CM) em mudas de pinus inoculadas com fungos ectomicorrízicos, produzidas em solo arenoso, Santa Maria – RS, UFSM, 2002.

TABLE 3: Root length, root specific superficial area (ASE) and mycorrhizal colonisation (CM) in pinus seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi, in sandy soil. Santa Maria, RS, UFSM, 2002.

Tratamento	Comprimento Radicular	ASE	CM
	Raiz		
	cm	cm ²	%
T1) Testemunha	199.03 b	44.78 bc	0.00 c
T2)- Rh 117	179.12 b	41.74 c	37.49 ab
T3) FSE – RS	190.03 b	42.49 c	34.16 b
T4) F1 – RS	252.64 a	55.43 ab	45.70 a
T5) Pt Silv.1	258.60 a	60.18 a	41.28ab
CV %	10.83	11.63	16.33

Em que: Rh 117 = *Rhizopogon rubescens*; FSE-RS = *Pisolithus* sp.; F1-RS = *Pisolithus* sp.; Pt silv.1 = *Pisolithus* sp., Médias Seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A percentagem de colonização micorrízica pode ser influenciada pelo teor de fósforo disponível no solo. Várias pesquisas têm demonstrado uma relação inversa entre a disponibilidade de fósforo no solo e o desenvolvimento de raízes micorrizadas em espécies de pinus (Marx *et al.* 1976; Piché e Fortin *et al.* 1982). Tem-se constatado que, a partir de determinado teor de fósforo no solo, a percentagem de ectomicorrizas diminui significativamente (Mulette 1976; Soares 1986; Marx *et al.* 1976), assim, níveis baixos de fósforo disponível seriam mais benéficos à associação micorrízica. Segundo (Vida *et al.* 1991), no experimento que avaliaram a formação de ectomicorrizas em "plantlets" de clones de eucaliptos inoculados com *Pisolithus*

tinctorius in vitro foi no máximo de 56,2%, ocorrendo grande variação entre os isolados fúngicos. No trabalho de seleção de fungos ectomicorrízicos eficientes para *Eucalyptus grandis*, as percentagens de colonização ectomicorrízicas foram altas para todos os isolados de *Pisolithus tinctorius* (Vieira e Peres 1988). Desse modo, o nível de fósforo disponível encontrado no solo utilizado neste trabalho, talvez esteja fora do nível de disponibilidade, para se obter uma maior colonização micorrízica nas mudas de pinus, pois pode ter ocorrido uma absorção direta de fósforo via muda.

Os fungos ectomicorrízicos não foram eficientes na absorção de nitrogênio, fósforo e potássio (Tabela 4), pois nenhum desses elementos diferiu estatisticamente da testemunha. A diferença não-significativa observada nos teores de nitrogênio e potássio tem sido observada em outros trabalhos também com pinus (Vieira e Peres 1990). Soares *et al.* (1990), analisando os níveis de fósforo na formação de ectomicorrízicas em modas de eucalipto. Entretanto, a maior eficiência na absorção de fósforo tem sido apontada como a principal causa do maior crescimento das mudas micorrizadas (Reid *et al.* 1983). Contudo, esse efeito sobre o teor de fósforo não foi observado neste trabalho.

TABELA 4: Efeito de diferentes fungos ectomicorrízicos sobre o teor de nitrogênio, fósforo e potássio na massa seca da parte aérea de mudas de pinus, produzidas em solo arenoso, Santa Maria, RS, UFSM, 2002.

TABLE 4: Effect of different ectomycorrhizal fungi in nutrient uptake of N, P and K, in the dry mass of aerial part of the pinus seedlings produced in sandy soil, Santa Maria, RS, UFSM, 2002.

Tratamento	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
	mg/planta		
T1) Testemunha	2.70 a	0.49 a	7.70 a
T2) Rh 117	5.51 a	0.44 a	7.11 a
T3) FSE – RS	2.44 a	0.48 a	7.94 a
T4) F1 – RS	2.86 a	0.53 a	8.13 a
T5) Pt Silv.1	2.92 a	0.57 a	7.87 a
CV %	22.03	28.98	28.92

Em que: Rh 117 = *Rhizopogon rubescens*; FSE-RS = *Pisolithus* sp.; F1-RS = *Pisolithus* sp.; Pt silv.1 = *Pisolithus* sp. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Conforme Vieira e Peres (1990), para obtenção de respostas das mudas de pinus à inoculação com fungos ectomicorrízicos, deve-se utilizar níveis baixos de fósforo no solo. Esses autores, trabalhando com solo de textura argilosa, sugerem um nível em torno de 2,7 ppm de fósforo extraível do solo. Nesse caso, o nível de fósforo disponível neste trabalho foi de 8 mg/kg de solo, bem acima do recomendado por Vieira e Peres (1990). Tal igualdade de crescimento observada entre as mudas inoculadas e à testemunha sem inoculação tem sido observada por outros autores (Ruehle e Marx 1977; Marx *et al.* 1985), e a ausência de efeitos das ectomicorrizas no crescimento das plantas em níveis elevados de fósforo tem sido relacionada a um dreno de fotossintatos do hospedeiro pelo fungo micorrízico (Harley 1978). Contudo, em consequência da interação existente entre planta, fungo e o ambiente, esse comportamento pode não se repetir após o transplante da muda para o campo.

Como pode ser observado na Figura 1, a maior eficiência micorrízica no comprimento e área superficial específica radicular das mudas de pinus (índice que traduz a contribuição percentual das micorrizas para os parâmetros avaliados) foi obtida na inoculação com os fungos F1-RS e Pt Silv.1. O fungo F1-RS proporcionou um incremento de 25% para o comprimento radicular e 20% para área superficial específica. Com o fungo Pt Silv.1, o incremento foi em torno de 30% para o comprimento e 35% para área superficial específica radicular. Observa-se também que os fungos Rh 117 e FSE-RS apresentaram eficiência negativa em relação à testemunha, contudo os resultados mostram que esses fungos não diferiram estatisticamente da testemunha (Tabela 3). Para uma avaliação mais significativa, seria recomendável que se avalie o comportamento desses fungos em nível de campo na produção de pinus.

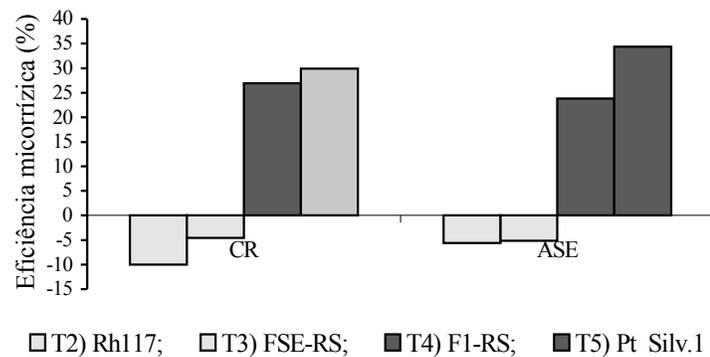


FIGURA 1: Eficiência micorrízica de diferentes fungos ectomicorrízicos sobre o comprimento radicular (CR), e área superficial específica radicular (ASE), para mudas de pinus produzidas em solo arenoso, Santa Maria, RS, UFSM, 2002.

FIGURE 1: Mycorrhizal efficiency of different ectomycorrhizal fungi on root length (CR) and root specific surface area (ASE), in pinus seedlings produced in sandy soil, Santa Maria, RS, UFSM, 2002.

CONCLUSÕES

As mudas de pinus produzidas em solo arenoso respondem à inoculação com fungos ectomicorrízicos.

Os valores de altura de planta, massa verde e seca da parte aérea, teores de N, P, K da parte aérea não mostraram diferença estatística em relação à testemunha para todos os isolados de inóculos utilizados.

Os fungos F1-RS e Pt Silv.1 são mais eficientes para as mudas de pinus e proporcionam maior incremento no comprimento e área superficial específica radicular.

AGRADECIMENTOS

A FAPERGS (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul), pelo financiamento do trabalho; à FEPAGRO (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária) de Santa Maria, RS, pelas sementes doadas e auxílio técnico; ao Sr. Nelsi Salbego, pela disponibilização de sua propriedade, em São Francisco de Assis, RS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLEI, M.; CARVALHO, M. S. Ectomicorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 297-318.
- BREMNER, J.M.; KEENEY, D.R. Steam distillation methods for determination of ammonia, nitrate and nitrite. **Anal Chemistry Acta**, Amsterdam, v. 32, p. 485-495, 1965.
- BRUNDRETT, M. *et al.* **Working with mycorrhizas in forestry and agriculture**. Canberra, ACIAR, 1996. 400 p.
- CHAVES, L. F. C. *et al.* Crescimento de mudas de Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell) Fr. Allem.) em resposta a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares em diferentes níveis de fósforo no solo. **Revista Árvore**, v. 19, n. 1. p. 32-49, 1995.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para Agricultura. **Manual do usuário: ferramental estatístico**. Ambiente software NTIA, versão 4.2.2. Campinas, 1997.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. Na evaluation of techniques for mesuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Cambridge, v.84, n.3, p.489-500, 1980.
- HARLEY, J.L. Ectomycorrhizas as nutrient absorbing organs. **Proc. R. Soc.**, London, v. 203, p. 1-21, 1978.

- HARLEY, J.L. **The biology of mycorrhiza**. London: Leonard Hill, 1969. 230 p
- HEWITT, E. **Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition**. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1966.
- MARX, D.H.; HEDIN, A.; TOE IV, S.F.P. Field performance of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* seedlings with specific ectomycorrhizae and fertilizer after three years on a savanna site in Liberia. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v. 13, p.1-25, 1985.
- MARX, D.H. The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections. V. Resistance of mycorrhizae to infections mycelium of *Phytophthora cinnamomi*. **Phytopatology**, Saint. Paul, v. 61, p. 1472-1473, 1970.
- 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. **Phytopatology**, Saint. Paul, v. 59, p. 153-163, 1969.
- MARX, D.H.; MORAIS, W.G.; MEXAL, J.G. Growth and ectomycorrhizal development of loblolly pine seedlings in fumigated and nonfumigated nursery soil infested with different fungal symbionts. **Forest Science**, Washington, v. 24, p. 193-203, 1978.
- MARX, D.H. Tree host range and world distribution of the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius*. **Canadian Journal Microbiology**, v. 23, n. 1, p. 217-223, 1977.
- MARX, D.H.; BRYAN, W.C.; CORDELL, C.E. Growth and ectomycorrhizal development of pine seedlings in nursery soils infested with the fungal symbiont *Pisolithus tinctorius*. **Forest Science**, Washington, v. 1, p. 32-41, 1976.
- MOLINA, R. Ectomycorrhizal inoculation of containerized Douglas fir and lodgepole pine seedlings with six isolates of *Pisolithus tinctorius*. **Forest Science**, Washington, n. 25, p. 585-590, 1979.
- MOSSE, B.; STRIBLEY, D.P.; Le TACON, F. Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. **Advanced Microbial Ecology**, v. 5, p. 137-210, 1981.
- MURPHY, J.; RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chem. Acta.**, Amsterdam, v. 27, p. 31-36, 1962.
- MULETTE, K. J. Studies of eucalypto mycorrhizas. I. A method of mycorrhiza induction in *Eucalyptus gummifera* (Gaertn. e Horchr.) by *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker e Couch. **Australian Journal fo Botany**, Victoria, v. 24, p. 193-200, 1976.
- PICHÉ, Y.; FORTIN, J. A. Development of mycorrhizal extramatrical mycelium and sclerotia on *Pinus strobus* seedlings. **New Phytology**, London, v. 91, p. 211-220, 1982.
- REID, C.P.P.; KIDD, F.A.; EKWEBELAM, S.A. Nitrogen nutrition, photosynthesis and carbon allocation in ectomycorrhizal pine. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 71, p. 415-432, 1983.
- RUEHLE, J.L.; MARX, D.H. Developing ectomycorrhizae on containerized pine seedlings. **USDA Forest Service Research**, Note SE-242, 1977.
- SAFIR, G.R.; DUNIWAY, J.M. Evaluation of plant response to colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. In: SCHENCK, N.C. (Ed.). **Methods and principles of mycorrhizal research**. St. Paul: American Phytopathological Society, 1982. p. 77-80.
- SOARES, I. *et al.* Níveis de fósforo na formação de ectomicorrizas em mudas de eucalypto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n. 14, p. 327-332, 1990.
- SOARES, I. **Níveis de fósforo no desenvolvimento de ectomicorrizas por *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker e Couch e no crescimento de mudas de eucalypto**. 1986. 51p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.
- SCHENCK, N.C.; SCHROEDER, V.N. Temperature response of *Endogone* mycorrhiza on soybean roots. **Mycology**, Madison, v. 69, n. 3, p. 600-605, 1974.
- SMITH, S.; READ, D. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic Press, 1997. 605 p.
- STRECK, E. V. *et al.* Atualização da classificação taxonomica das unidades de mapeamento do levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul. **Informativo da EMATER/RS**, v. 16, n. 5, 1999.
- TEDESCO, M. *et al.* **Análise de solo, planta e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 188 p.
- TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Ecology**, v. 63, p. 995-

1001, 1975.

VIDA, J.B; KRUGNER, T.L.; GONÇALVES, AN. Formação de ectomicorrizas em "Plantlets" de clones de *Eucalyptus* inoculadas com *Pisolithus tinctorius* in vitro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.15, p. 395-399, 1991.

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

VIEIRA, R.F.; PERES, J.R. Definição do teor de fósforo no solo para máxima eficiência da associação ectomicorrízica em *Eucalyptus grandis*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 12, p. 237-241, 1988.