

马尾松菌根真菌的筛选 及圃地接种效应*

陈连庆 裴致达

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所)

摘要 盆播马尾松苗木接种不同菌根真菌接种剂试验结果表明: 接种不同菌根接种剂的马尾松苗, 其生长和N、P、K营养元素的累积量均表现出明显的差异; 试验筛选出P.t和S.p两个菌种作为马尾松苗木最适宜的优良菌根菌种。用P.t进行圃地菌根化育苗试验, 进一步验证了这一菌种对马尾松苗木的菌根效应, 它不但促进了苗木的生长, 而且使其根、茎、叶的养分有高水平的富积。圃地接种菌根接种剂的最好方法是孔注法。

关键词 马尾松; 菌根接种剂; 筛选; 效应

马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)是我国特有的建筑、造纸、薪炭材和产脂树种, 广泛分布在国内15个省区^[1]。马尾松又是典型、严格的外生菌根树种, 能适应多种生态环境, 特别是在石质荒山、低丘红壤、干旱砂荒和矿山迹地等恶劣立地条件下, 与某些菌根真菌共生而生长成林, 故又被人们称为造林先锋树种^[2]。

笔者在马尾松菌根和共生真菌调查研究的基础上, 依据寄主、菌根真菌、生态条件三位一体的原则, 经过系列筛选, 从中选出四种菌根真菌, 制备成八种接种剂, 进行盆播苗木接种筛选试验。并用选出的优良菌种, 进行菌根化育苗试验。从而确立耐高温、耐干旱、耐瘠薄又与马尾松共生关系密切、菌根效益显著的荒山生态型优良菌根真菌; 又经过不同接种方法的对比, 选择出最佳接种方式。这些为提高马尾松造林成活率和绿化荒山提供了菌根化育苗新技术。现将结果报道如后。

1 材料和方法

1.1 树种与种子处理

马尾松(浙江省临海市林场种源)种子发芽率68.7%; 种子经去杂表面消毒(0.1%升汞水浸泡2~3 min), 无菌水冲洗3次; 23±0.5℃恒温催芽一周左右播种。

1.2 菌种及接种体

(1) 厚环乳牛肝菌 [*Suillus grevillei* (Kl.) Sing.] (简称S.g) 液培(改良菌根菌培养基^[6])菌丝体接种剂; 固培(木屑培养基)菌丝体接种剂。

本文于1991年3月4日收到。

*本研究为国家“七五”科技攻关项目“菌根在林业上的应用”中的部分内容。

(2) 褐环乳牛肝菌 [*Suillus luteus* (L. ex Fr.) Gray] (简称S.l)液培(培养基同1)菌丝体接种剂, 固培(培养基同1)菌丝体接种剂。

(3) 彩色豆马勃 [*Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker & Couch] (简称P.t)液培(培养基同1)菌丝体接种剂; 固体孢子接种剂。

(4) 星裂硬皮马勃 [*Scleroderma polyrhizum* Pers] (简称S.p)液培(培养基同1)菌丝体接种剂; P.t+S.p液培菌丝体混合(1:1)接种剂。

1.3 盆栽试验

于消毒后的白瓷盆内, 装1.5 kg花岗岩风化物(取地表40 cm以下风化母质, 经高压、高温灭菌(121 °C、1.5 kg/cm³、2 h)。基质营养成分: 全N0.0117%; 水解N1.30 mg/100 g土; 有机质0.2049%; 全P(P₂O₅)0.017%; pH 4.8。

将刚发芽的马尾松种子, 播入盆内(3株/盆), 待苗木出土后生长85天时(三级侧根开始形成), 于盆中心打深10 cm穴, 放入接种菌根真菌接种剂, 5 g/盆, 然后表土覆平。

该试验采用互比排列法, 其设计9×10(处理×重复)。

接种苗木平均株高5.23 cm, 地茎粗0.87 mm, 根长6.1 cm, 菌根感染率为0。

试验全过程(1987年4月~1988年6月)只进行必要的水分管理(消毒的自来水), 不增施基肥和追肥管理。

苗木体内N、P、K的含量测定: 于同一处理多点选择有代表性的植株30株, 用水冲洗干净, 吸去水分, 按根、茎、叶分开, 置于80 °C下烘15 min, 后降温至65 °C, 除尽水分, 经磨细过0.25 mm筛, 制备好分析样品, 用常规方法进行测定。

1.4 圃地菌根化育苗

圃地为夹碎石的粘质低丘红壤, 含N0.079%、水解N8.76 mg/100 g土、有机质1.339%、全P(P₂O₅)0.097%、全K0.682%。土壤肥力低, 质地粘重, 高燥缺水。

1988年4月10日播种。

采用P.t亚林86902菌株, 于1988年7月16日接种, 接种方法用孔注法和条施法(即在条播畦面上, 用直径1 cm的竹杆, 打两行深10 cm的垂直孔或沿距条播苗木2 cm左右处, 开深10 cm的小沟, 注入或撒入菌根接种剂, 随即覆土)。

育苗试验采用对比次序排列法, 3×6(处理×重复)设计, 每个小区10 m²。

2 结果与讨论

2.1 马尾松菌根真菌优良菌种筛选

2.1.1 盆播苗木试验 经不同菌根真菌的异态接种剂接种试验证明, 它们对苗木生长的促进作用十分明显(表1)。从表1看出, 接种菌根接种剂的苗木株高比对照(后期自感土著杂菌形成少量菌根)增加10%~51%, 地茎粗增加13%~39%, 干重增加50%~161%。经方差分析表明, 接种菌根真菌的苗木株高与对照相比有极显著差异, F_1 值为10.35~94.54 ($F_{0.05} = 4.18$, $F_{0.01} = 7.6$), 其中处理效果最佳者是P.t+S.p(处理6)混合接种, 苗高是对照的151%, 其次是P.t菌(处理7), 苗高是对照的135%。通过不同菌根真菌接种剂处理间苗木地茎粗、苗木菌根感染率的方差分析表明: 各处理之间有极显著差异, F 值分别为6.75和

29.84 ($F_{0.05} = 1.98$, $F_{0.01} = 2.6$)。

表 1 马尾松盆栽苗木接种菌根真菌效果及变异水平

序 号	处 理	株 高 ^①		地 茎 粗		根 长 (cm)	鲜 重 (g)	干 重 (g)	重 (%)	菌 根 感 染 率 (%)	变 异 系 数 CV (%)			
		(cm)	(%)	(mm)	(%)						株 高	地 茎 粗	菌 根 感 染 率	
1	S.g	液	15.50	110	2.45	123	24	3.43	1.23	158	60.17	18.8	19.9	26.5
2		固	17.33	123	2.39	118	22	3.31	1.35	165	65.80	22.0	18.1	31.5
3	S.l	液	17.40	123.4	2.47	124	21	3.64	1.36	166	70.69	18.8	16.1	14.1
4		固	17.06	121	2.45	123	19.6	3.54	1.27	155	67.75	22.1	21.1	33.7
5	S.p	液	18.45	131	2.46	124	19.5	3.60	1.58	193	69.00	17.8	18.2	20.2
6	P.t+S.p (1:1)	液	21.30	151	2.76	139	21.5	5.36	2.14	261	83.67	15.9	14.0	10.6
7		液	19.01	135	2.49	125	19.2	4.18	1.67	204	75.70	19.3	15.2	13.2
8	P.t	孢子	17.89	127	2.25	113	17.2	3.79	1.47	179	56.89	28.0	24.6	37.0
9		CK	14.1	100	1.99	100	9.7	1.79	0.82	100	27 ^②	13.1	16.8	48.7

①株高等均为30株苗木测量平均值; ②对照(CK)没接种, 空气污染, 自感土著菌形成少量菌根。

用 LSR 多重比较法, 对各处理间苗木地茎粗和苗木菌根感染率作显著性差异分析看出, 各处理苗木地茎粗显著性依次顺序为: 处理 6 > 7 > 3 > 5 > 1 > 4 > 2 > 8 > 9; 菌根感染率的顺序为: 处理 6 > 7 > 2 > 3 > 5 > 4 > 1 > 8 > 9。从而得出接种菌根真菌的 6、7 两个处理即 P.t+S.p 和 P.t (液) 的菌根效应最好。

2.1.2 盆播苗木 N、P、K 营养元素的累积 马尾松苗木接种菌根真菌后, 由于不同菌根真菌对苗木的菌根感染率存在差异, 致使处理间苗木体内 N、P、K 含量有明显的不同(表 2)。表 2 看出, 马尾松苗木 N、P、K 平均含量(%)与苗木菌根感染率关系非常密切, 总趋势是菌根感染率越高苗木营养元素的累积含量越高, P.t+S.p 和 P.t (液) 两处理的苗木菌根感染率明显较高, 分别高达 83.67% 和 75.7%, 其相应苗木体内营养元素含量也明显高于其它处理。

表 2 马尾松苗木 N、P、K 含量

编 号	处 理	菌 根 感 染 率 (%)	N (%)	P (%)	K (%)	
1	S.g	液	60.17	1.413	0.074 0	0.788
2		固	65.80	1.742	0.127 6	0.762
3	S.l	液	70.69	1.874	0.115 6	0.670
4		固	67.75	1.556	0.106 9	0.618
5	S.p	液	69.00	1.796	0.117 7	0.734
6	P.t+S.p (1:1)	液	83.67	3.166	0.185 3	1.064
7		液	75.70	2.109	0.160 0	1.065
8	P.t	孢子	56.9	2.123	0.074 0	0.773
9		CK	27	1.267	0.082 0	0.447

马尾松苗木菌根感染率(X)与其苗木三种营养元素含量(Y)回归关系(表 3)进一步表明: 苗木菌根感染率与苗木含磷量关系极显著, 与苗木含氮量关系显著, 与苗木含钾量关系不显著。该结果说明: 马尾松菌根

表 3 菌根感染率(X)与苗木营养(Y)回归关系

项 目	r	理 论 回 归 方 程
N (%)	0.708 5*	$Y = -1.145 8 + 0.045 3 X$
P (%)	0.956 9**	$Y = -0.179 4 + 0.004 4 X$
K (%)	0.630 4	$Y = -0.049 4 + 0.012 4 X$

注: $r_{0.05} = 0.707$; $r_{0.01} = 0.834$ 。

的大量菌丝具有从栽培土壤中吸收P素(尤其是难溶性P)的特殊作用,这与国内外报道菌根增加对P素吸收利用的有益功能相一致^[3]。

根据对马尾松苗木接种菌根真菌组合筛选试验,最后确定P.t菌和S.p菌为马尾松石质荒山造林苗木菌根化的两个配套优良菌种。

2.2 圃地接种P.t菌的苗木效应

2.2.1 P.t菌对苗木生长的效应 在大田圃地培育马尾松苗木,并利用纯P.t菌接种,进行菌根化育苗,效果十分明显(表4)。接种P.t菌剂的马尾松苗木株高是对照(非菌根化苗木)的146.9%~169.8%;地茎粗是对照苗木的183.2%~219.8%;干重是对照苗木的509.8%~992.9%。这种引起接种苗与非菌根化苗木干物质相差5~10倍的原因,主要是非接种对照苗木自播种至次年起苗期间,不能形成菌根,主、侧根细弱、量少,难以从贫瘠土壤中吸收足够的水分和养分供苗木生长,自苗木出土后三个月即停止生长发育,往往形成僵化苗,致使其干物质累积量甚少。

表4 马尾松苗木菌根化育苗试验结果

处 理	株 高		地 茎 粗		干 重	菌根感染率
	cm	%	mm	%		
P.t菌孔注法	11.77	169.8	2.88	219.8	1.41	992.9
P.t菌条施法	10.18	146.9	2.40	183.2	0.724	509.8
CK(不接种)	6.93	100	1.31	100	0.142	100

从马尾松菌根化育苗不同接种方法(孔注法和条施法)对苗木株高、地茎粗、菌根感染率的方差分析进一步表明,处理间差异极显著(表5)。

表5 不同接种方法对苗木株高、地茎粗、菌根感染率的方差分析

变 异 来 源	自由度	株 高			地 茎 粗			菌 根 感 染 率			$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
		平方和	方 差	F 值	平方和	方 差	F 值	平方和	方 差	F 值		
观测值	29	37.92	1.31	0.73	13.16	0.45	1.56	2.36	0.08	1.26	1.65	2.03
处理间	2	364.84	182.42	101.37**	37.94	18.97	65.07**	4.13	2.06	31.95**	3.15	4.98
误 差	58	104.38	1.80		16.91	0.29		3.75	0.06			
总 和	89	507.14			68.01			10.24				

用LSR法进行处理间多重比较结果表明,不同接种方法对苗木生长有极显著差异,表6看出,孔注法优于条施法。

表6 不同接种方法对苗木生长及其菌根感染率的LSR测验

处 理	株 高			地 茎 粗			菌 根 感 染 率		
	(cm)	差	异	(mm)	差	异	(%)	差	异
孔注法	11.77	4.84**	1.59**	2.86	1.55**	0.46**	0.55	0.55**	0.23**
条施法	10.18	3.25**		2.40	1.09**		0.30	0.30**	
CK	6.93			1.31			0		
$LSR_{0.05}$		0.73			0.29			0.14	
$LSR_{0.01}$		0.96			0.39			0.18	

2.2.2 圃地接种菌根真菌对苗木体中 N、P、K 分布的影响 通过对马尾松菌根化苗木和非菌根化苗木(CK)体内养分含量的分析表明(表7), 接种 P.t 菌根真菌培育的菌根化苗木, 其根、茎、叶三部分 N、P、K 百分含量均明显高于对照。菌根化苗木地上部分含 N 量比对照增加 37.2%~42.0%; 根、茎、叶全 K 含量比对照增加 25%~89%; 养分含量增加最显著的是 P, 根、茎、叶三部分中 P 含量比对照增加 97%~223%。这说明菌根使马尾松苗木摆脱了贫瘠土壤带来的 P 饥饿所引起的损害, 生长正常, 无生理缺 P 现象发生。相反对照苗木无菌根形成, 长势衰弱, 80% 以上因严重缺 P 成为紫化苗。分析结果表明: 苗木茎、叶中 N、P、K 含量增加的幅度超过根部, 尤其是针叶中的养分更富集。这充分说明, 松树幼苗所以能速生健壮, 是因为通过其根部的菌根扩大和强化了对土壤养分的摄取, 使菌根效应得到了发挥。

表7 马尾松菌根化育苗苗木营养状况

处 理	N %			P %			K %		
	根	茎	叶	根	茎	叶	根	茎	叶
P.t	1.062	1.128	2.335	0.156	0.168	0.219	0.207	0.167	0.268
CK	0.999	0.850	1.644	0.079	0.052	0.083	0.166	0.131	0.142
P.t/CK	1.063/1	1.372/1	1.42/1	1.974/1	3.23/1	2.63/1	1.25/1	1.28/1	1.89/1

综上所述, 用盆播苗木对马尾松菌根真菌优良菌种进行筛选和用优良菌种进行大田菌根化育苗试验的结果是一致的。说明了马尾松只有形成菌根后, 才能提高苗木圃地存活率, 并正常生长发育。但不同生态型菌根真菌(筛选试验所用的四种菌根真菌分属于两种生态类型^[2,4]), 在特定的环境条件下所表现出的菌根效应各有不同。本试验筛选出的 P.t 和 S.p 两种菌根真菌是适宜贫瘠、干旱立地条件的, 可作为石质荒山营造马尾松林的配套优良菌种。如果不考虑营造马尾松的林地生态条件, 盲目、随意地接种某些菌根真菌, 在造林成活率和幼树生长上, 也许就难以收到预想的效果。另外, 对同一菌根真菌, 制备成何种形态的菌根接种剂及采用何种接种方式, 均应通过实地试验, 才能求得合理配套, 以便充分发挥菌根真菌促进苗木生长的效应, 进而促进林木速生丰产。

参 考 文 献

- [1] 全国马尾松种源试验协作组, 1987, 马尾松种源变异及种源区划分的研究, 亚热带林业科技, 15(2):81~89。
- [2] 陈连庆, 1989, 马尾松共生菌根真菌调查研究, 林业科学研究, 2(4):357~362。
- [3] 唐振尧等, 1984, 菌根真菌在红壤中对柑桔吸收磷肥的研究, 真菌学报, 3(3):170~177。
- [4] 郭秀珍等, 1989, 林木菌根及应用技术, 中国林业出版社。
- [5] 俞大敦, 1975, 植物病理学和真菌学技术汇编(卷一), 人民教育出版社。

*Selection of Mycorrhiza Fungi with Masson Pine and
Their Inoculation-Effects in the Nursery*

Chen Lianqing Pei Zhida

(The Research Institute of Subtropical Forestry CAF)

Abstract experiment of potted seedlings of Masson Pine inoculated with different inocula of mycorrhiza fungi has been carried out. The results showed that the Masson Pines which are typical species with ectomycorrhiza displayed distinct differences on the growth and the accumulation of N, P, K, to their seedlings, owing to the different inocula used. The species of *P.t* and *S.p* were the most suitable fungi for the seedlings. The results of raising seedlings in a nursery with *P.t* mycorrhiza further showed that the superb-species of the fungi were more favorable to the growth of Masson Pine seedlings, which not only promoted the growth of the seedlings but also accumulated more nutrients in all the roots, stems and leaves. Hole-through method was the best one for inoculating the inocula in the nursery.

Key words Masson Pine; inoculum; selection; effect