

# 外生菌根菌接种马尾松和相思树幼苗的研究<sup>\*</sup>

王元贞 潘廷国 柯玉琴 郑伸坤 (福建农业大学, 福州 350002)

**【摘要】** 以外生菌根菌 *Xerocomus chrysenteron* 接种相思树与马尾松幼苗, 不灭菌栽培, 植株生长指标和生理特性测定, 都优于对照. 以外生菌根菌 *Calvatia lilacina* 加 VA 菌根菌 *Glomus epigamus* 双接种于相思树幼苗, 灭菌栽培. 植株含 N 量和脯氨酸等含量优于 VA 菌根菌单接种的效果. 幼根切片观察到接种的外生菌根菌进入根皮层细胞间隙, 原有菌根的发育和结构状况有所改变.

**关键词** 外生菌根菌 VA 菌根菌 接种 相思树 马尾松

**Effect of inoculating ectomycorrhizal fungus on *Acacia confusa* and *Pinus massoniana* seedlings.** Wang Yuanzhen, Pan Tingguo, Ke Yuqin and Zheng Shenkun (Fujian Agricultural University, Fuzhou 350002). -Chin. J. Appl. Ecol., 1995, 6(2): 186-189.

Seedlings of *Acacia confusa* and *Pinus massoniana* inoculated with ectomycorrhizal fungus *Xerocomus chrysenteron* under non-sterilized condition have a better growth than control. When *Acacia confusa* seedlings are inoculated with ectomycorrhizal fungus *Calvatia lilacina* and VA mycorrhizal fungus *Glomus epigamus* under sterilized condition, their nitrogen and proline contents are higher than those treated with *G. epigamus* alone. Observations on young infected root sections show that ectomycorrhizal fungus hyphae can penetrate into intercellular space, and the development and structure of mycorrhizae are improved.

**Key words** Ectomycorrhizal fungus, VA mycorrhizal fungus, Inoculation, *Acacia confusa*, *Pinus massoniana*.

## 1 引言

菌根在帮助植物吸收养料和水分、促进生长及增强植物抗逆性等方面, 有良好的效果, 对植物生长发育具有促进作用. 目前, 外生菌根菌的接种试验一般都是在灭菌土壤上进行, 灭菌消除土著性菌根菌干扰根表侵染, 以便于确定供试菌根菌的生物学效应. 而本试验布置不灭菌环境接种, 使所接菌株表现的效应可能更接近田间自然育苗的条件, 以加快供试菌株的筛选进程.

具有 VA 菌根类型的植物种类很多, 涉及约 90% 的维管束植物<sup>[2]</sup>, 包括重要的

粮食作物和经济作物. 但是 VA 菌根菌的纯培养问题, 国内外至今尚难解决<sup>[2, 3]</sup>, 目前所用的接种物需取自活体植株的带菌根段及土壤, 因此, 生产上大量使用受到一定限制. 外生菌根菌则可人工大量培养繁殖, 制成菌剂使用. 本试验选择 VA 菌根类型的植物——豆科的相思树<sup>[3, 4]</sup>, 以外生菌根菌单接种, 以及外生菌根菌加 VA 菌根菌双接种, 分别与无接种以及 VA 菌根菌单接种作对比, 对供试植物进行根段染色及石蜡切片, 观察菌根侵染及发育情况, 同时测定植物生理特性和生长发育指标, 为

<sup>\*</sup> 福建省自然科学基金资助项目.  
1993年6月7日收到, 1994年10月改回.

探讨外生菌根菌用于 VA 菌根型植物以获得生产效益提供科学依据.

2 材料与方法

2.1 马尾松和相思树不灭菌盆栽试验

相思树(*Acacia confusa* Merr.)和马尾松(*Pinus massoniana*)种子表面不灭菌. 盆栽土壤取水稻田表土, 掺河沙(土 沙= 3 1). 土壤及沙均不灭菌. 盆钵装土沙总重2. 5kg.

外生菌根菌 *X. chrysenteron* 由北京林业大学雷增普副教授馈赠, 接菌量为每钵 66ml 液培菌体, 用时以无菌水离心洗去其培养基, 取得菌球接种. 4 月 8 日播种, 接入菌球. 每钵 5 株. 各处理 4 重复, 以不接种为对照. 盆栽管理保持土壤偏干, 不施肥料及营养液. 盆栽历时 154 天, 于 9 月 12 日将全部植株用于测定生长发育状况及生理特性指标, 复红乳酸液染色观察菌根, 各处理取长度 1cm 的根段 100 条, 统计菌根侵染率.

2.2 相思树灭菌盆栽试验

相思树种子表面以 0. 3% KMnO<sub>4</sub> 灭菌 3min,

表 1 接种 *X. chrysenteron* 对马尾松和相思树幼苗的影响

Table 1 Effect of *X. chrysenteron* inoculation on the growth of *Acacia confusa* and *Pinus massoniana* seedlings

树 种 Species	处 理 Treatment	株 高 Plant height (cm)	根 长 Root length (cm)	地 径 Diameter of trunk (cm)	叶 数 No. of leaf	叶干重 Dry weight of leaf (g)	根干重 Dry weight of root (g)
相思树 <i>Acacia confusa</i>	对 照 CK	27. 14	21. 07	0. 109	15. 44	0. 292	0. 125
	接 种 Inoculation	35. 42	33. 34	0. 263	21. 21	0. 670	0. 216
	± %	+ 29. 2	+ 58. 2	+ 38. 4	+ 37. 3	+ 107. 9	+ 73. 6
	t 值 t value	3. 14*	2. 85*	3. 65*	2. 93*	5. 23* *	4. 81* *
马尾松 <i>Pinus massoni- ana</i>	对 照 CK	12. 47	17. 34	0. 016	-	0. 115	0. 025
	接 种 Inoculation	13. 77	21. 70	0. 142	-	0. 142	0. 042
	± %	+ 10. 4	+ 25. 1	+ 34. 0		+ 23. 5	+ 68. 0
	t 值 t value	2. 03	3. 11*	2. 90*		2. 81*	4. 51* *

\* P< 0. 05, \* \* P< 0. 01.

与对照比较(表 1), 外生菌根菌 *X. chrysenteron* 接种的马尾松和相思树幼苗株高、根长、地径、叶片数、叶干重、根干重均有增加, 而且全株 N、P、K 的含量有的提高 1 倍以上(表 2), 根系活力和菌根感染率也都有明显增加. 其中, *X. chrysenteron* 菌株接种相思树的效果比它接种马尾松的效果更好一些. 由此看来, 外生菌根

4 月 26 日播种. 每钵 5 株, 各处理 3 次重复. 播前 1 周, 土壤 126 、1h 湿热高压灭菌, 每钵装土 2. 5kg.

VA 菌根菌 *G. epigamus* 的沙孢子由中国农业科学院土肥所汪洪刚研究员馈赠, 处理钵的接种量为 12g. 外生菌根菌 98 号菌株为作者 1989 年 9 月 8 日于福建南平市分离的 *C. lilacina*<sup>[1]</sup>. 每钵的接种量为 1 支斜面, 连同培养基一同接入. 为了平衡各处理之间的养分及通气条件, 对照处理为每钵加灭菌沙 12g 及外生菌根菌空白培养基 1 支; VA 菌根菌接种钵中, 每钵加外生菌根菌空白培养基 1 支; 外生菌根菌接种处理钵中, 每钵加灭菌沙 12g. 盆栽过程中不施肥.

盆栽历时 117 天, 8 月 23 日全部植株用于测定生长发育及有关生理指标的调查, 幼根石蜡切片, 观察菌根生长发育及结构状况.

3 结 果

3.1 外生菌根菌 *X. chrysenteron* 接种马尾松和相思树不灭菌栽培的效果

菌接种不仅可以促进松树等外生菌根树种菌根的发育及植物生长, 而且某些菌株接种豆科的相思树, 也表现了良好的生物学效应. 而相思树在自然情况下, 一般是属于 VA 菌根类型的植物<sup>[4]</sup>.

上述试验在不灭菌盆栽条件下完成, 说明所接菌株在适当加大接种量情况下, 具有与土壤中土著性菌根菌竞争的优势,

表 2 接种 *X. chrysenteron* 对马尾松、相思树幼苗生理特性、菌根浸染率及植株养分含量的影响  
Table 2 Effect of *X. chrysenteron* inoculation on the physiological parameter, percentage of mycorrhizae infection and plant nutrient content of *Acacia confusa* and *Pinus massoniana*.

树 种 Species	处 理 Treatment	根系活力 (mg TTC · g <sup>-1</sup> · h <sup>-1</sup> ) Activity of root system (mg TTC · g fresh root · h <sup>-1</sup> )	叶绿素含量 (鲜重%) Chlorophyll content (fresh weight, %)	菌根浸染率 Percentage of mycorrhizae infection (%)	植株养分含量 Nutrient content in whole plant (mg)		
					N	P	K
相思树 <i>Acacia confusa</i>	对照 CK	18.857	0.275	18.000	18.805	14.892	4.730
	接种 Inoculation	37.715	0.293	68.000	37.731	31.139	10.198
	± %	+ 100.0	+ 6.5	+ 277.7	+ 100.6	+ 109.0	+ 115.6
	t 值 t value	3.97*	2.80*	5.94*	3.65*	4.67**	3.97*
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	对照 CK	—	0.104	44.000	3.027	5.900	1.403
	接种 Inoculation	—	0.099	90.000	3.737	6.674	2.045
	± %	—	-5.0	+ 104.5	+ 23.5	+ 13.1	+ 45.8
	t 值 t value	—	1.21	2.91*	1.92	2.12	3.03*

\* P< 0.05, \*\* P< 0.01.

表 3 接种外生菌根菌及 VA 菌根菌对相思树幼苗生长的影响  
Table 3 Effect of inoculation with ectomycorrhizal fungus and VA mycorrhizal fungus on the growth of *Acacia confusa* seedlings

处 理 Treatment	株 高 Plant- height (cm)	根 长 Root- length (cm)	地 径 Diameter of trunk (cm)	叶 数 No. of leaf	叶鲜重 Fresh weight of leaf (g)	叶干重 Dry weight of leaf (g)	植株干重 Dry weight of whole plant (g)
对 照 (CK)	22.8	39.2	0.227	13.141	1.689	0.470	0.839
<i>C. lilacina</i> (C)	29.9	39.7	0.289	18.143	2.116	0.769	1.449
<i>G. epigamus</i> (G)	33.2	46.7	0.298	21.600	2.929	0.994	1.944
C+ G	34.4	45.8	0.300	19.600	3.492	0.980	1.891

有望从中筛选出应用于生产的优良菌株.

3.2 外生菌根菌 *C. lilacina* 及 VA 菌根菌 *G. epigamus* 接种相思树灭菌栽培效果

对照植株未接种, 根段内未发现菌根形成. 外生菌根菌 *C. lilacina* 单接种相思树, 菌丝分布在细胞间隙, 根表菌丝有外露, 但未形成菌套及哈蒂氏网. 菌丝有分隔, 没有观察到内生菌根. VA 菌根菌 *G. epigamus* 接种相思树, 根的皮肤层细胞内有菌丝分布, 没有出现外生菌根特征; VA 菌根菌 *G. epigamus* 和外生菌根菌 *C. lilacina* 双接种相思树幼苗处理中, 有菌根菌的菌丝在皮层细胞中, 外生菌根菌的菌丝存在根的细胞间隙.

双接种与 VA 菌根菌单接种尚有明显不同: 1) 在众多的根切片观察中, 双接种时出现的菌根菌主要以菌丝形态出现在皮层

细胞内部, 泡囊数量相对较少, 而同期采样观察 VA 菌根菌单接种的情况下, 泡囊出现多. 泡囊一般被认为是贮藏营养的器官<sup>[4]</sup>, 出现在细胞侵染的后期. 2) 唯有在双接种的根段纵切时, 多次观察到根的内皮层有菌丝存在之处, 该段根组织呈现局部隆肿, 可能是与菌丝的刺激作用有关. 所以, 从根的切片形态来看, 接种外生菌根菌, 对相思树已有 VA 菌根的发育产生影响.

从表 3 看出, 不同接种物对相思树幼苗的株高、根长、地径、叶数、叶鲜重、叶干重、全株干重的效益影响, 不同处理间有如下趋势: (*G. epigamus*+ *C. lilacina*) > *G. epigamus* > *C. lilacina* > 对照. 从表 4 看出, 外生菌根菌 *C. lilacina* 与 VA 菌根菌 *G. epigamus* 分别单独接种相思树后, 与对

表 4 接种外生菌根菌和 VA 菌根菌对相思树幼苗生理特性和植株养分含量的影响  
Table 4 Effect of inoculation with ectomycorrhizal fungus and VA mycorrhizal fungus on the physiological parameter and nutrient content of *Acacia confusa*

处 理 Treatments	根系活力 (mg TTC · g <sup>-1</sup> · h <sup>-1</sup> ) 根鲜重 Activity of root system(mg TTC · g <sup>-1</sup> fresh root · h <sup>-1</sup> )	根 Na <sup>+</sup> -K <sup>+</sup> -ATP 酶活力 (μM pi · mg <sup>-1</sup> · h <sup>-1</sup> ) 蛋白质 Activity of Na <sup>+</sup> -K <sup>+</sup> -ATPase of root (μmol pi · mg <sup>-1</sup> protein · h <sup>-1</sup> )	脯氨酸含量 (μg · g <sup>-1</sup> 鲜叶) Proline content (μg · g <sup>-1</sup> fresh leaf)	植株养分含量 Nutrient content of whole plant (mg)		
				N	P	K
对照 (CK)	2. 25 dC	1. 14 cB	125 cB	32. 53 dD	5. 64 cB	15. 42 cB
<i>C. lilacina</i> (C)	4. 49 aA	1. 74 bA	140 ab AB	57. 11 cC	7. 84 bA	26. 50 aA
<i>G. epigamus</i> (G)	3. 47 bB	2. 13 aA	135 bc AB	69. 92 bB	9. 34 aA	22. 50 bA
C+ G	2. 89 cBC	1. 97 ab A	150 aA	78. 26 aA	9. 41 aA	26. 19 aA

经邓肯新复极测验, 数据后面标有同字母者为差异不显著(小写字母表示α= 0. 05, 大写字母表示α= 0. 01显著水平). Data in each column followed by the same letters are not significant difference at α= 0. 05(small letter) or α= 0. 01 (capital letter) as determined by Dencans multiple range test.

照比较, 在所测的 6 项指标中, 有 5 项(根系活力、根 Na<sup>+</sup> -K<sup>+</sup> -ATP 酶活力、全株 N、P、K 含量)数量增加, 每项均达极显著. 但是, 脯氨酸的含量, 在 VA 菌根菌单接种中, 效果并不明显; 而以外生菌根菌单接种时, 比不接种植株则有显著增加. 脯氨酸含量的增多, 与接种外生菌根菌有关, 它有利于相思树吸收水分和养分; 以 VA 菌根菌和外生菌根菌分别单独接种相思树, 两者之间比较表明, 单独接种外生菌根菌比单独接种 VA 菌根菌的根系活力增强达极显著水平, 植株含 K 量明显增加, 而后者效果好是表现在植株含 N 量极显著增加, 而且根 Na<sup>+</sup> -K<sup>+</sup> -ATP 酶活性及植株含 P 量也显著增加; 用 VA 菌根菌和外生菌根菌双接种于相思树, 在植株体内, 脯氨酸含量及含 N 量均比单接种 VA 菌根菌有明显的提高.

4 结 论

4. 1 以分别接种不同单菌株与无接种的对照植株相比较, 则接种外生菌根菌 *C. lilacina* 的效果不仅表现在所测根系活力、

Na<sup>+</sup> -K<sup>+</sup> -ATP 酶、N、P、K 含量等方面增加数值比无接种达到极显著差异, 而且脯氨酸含量也比单接种 VA 菌根菌 *G. epigamus* 的植株含量更高.

4. 2 将单接种 VA 菌根菌 *G. epigamus* 与单接种外生菌根菌 *C. lilacina* 于相思树幼苗作比较, 前者比后者植株含 N 量增加达到极显著水平, 含 P 量、根 Na<sup>+</sup> -K<sup>+</sup> -ATP 酶含量也显著增多.

4. 3 外生菌根菌与 VA 菌根菌双接种于相思树, 比单接种 VA 菌根菌的优良效果在于含 N 量的增加达到极显著差异水平, 脯氨酸的含量也显著提高.

参考文献

1 应建浙等. 1982. 食用蘑菇. 科学出版社, 北京, 177-178, 207- 208.  
2 汪洪刚等. 1983. 菌根对绿豆吸磷和固氮的影响. 土壤学报, 20(2): 205- 208.  
3 段木干. 1980. 植物大辞典(第 2 册). 人文出版社, 台湾, 2102.  
4 郭秀珍等. 1989. 林木菌根及应用技术. 中国林业出版社, 北京, 7- 11, 82- 84, 117.  
5 魏改堂等. 1989. 菌根真菌对药用植物蔓陀生长、营养吸收及有效成分的影响. 中国农业科学, 22(5): 56- 61.