

# 毛白杨优良外生菌根菌的选择

赵 忠 刘西平 高崇巍

**摘要** 在毛白杨外生菌根菌生态学特性和共生关系研究的基础上,对与毛白杨有良好共生关系的外生菌根菌(硬皮马勃,漆蜡蘑,白毛口蘑,黑核菌)的研究表明,硬皮马勃能耐高温,在碱性条件下仍能生长,在中性基质中,均能与毛白杨形成菌根,并大幅度地提高毛白杨的生长量。但在碱性土壤中,仅有硬皮马勃能与毛白杨形成一定数量的菌根,并能明显地提高毛白杨的生长量、地上部分生物量,改善苗木 N、P 的营养状况,接种效果随接种量的变化而差异明显。

**关键词** 毛白杨、外生菌根菌、生态学特性、选择

毛白杨(*Populus tomentosa* Carr.)是我国北方重要的速生造林树种,其材质优良,用途广泛。赵忠等<sup>[1]</sup>研究表明,毛白杨虽能形成多种类型的外生菌根,但在广大毛白杨分布区,却普遍缺乏能与之形成良好共生关系的菌根真菌,因此有必要开展毛白杨菌根的应用研究。

1991~1993年,笔者在毛白杨外生菌根共生关系及其生态学特性研究的基础上<sup>[1]</sup>,开展了以对环境条件适应能力强,耐干旱瘠薄,回接后能与林木形成菌根;人工与自然条件下繁殖迅速;能明显提高林木生长量为目标的优良外生菌根菌的筛选工作。

## 1 内容与方法

### 1.1 毛白杨外生菌根菌生态学特性研究

1.1.1 供试菌种 采用1991年秋采自陕西省周至县中性淋溶褐土(pH7.22)毛白杨林下,能与毛白杨形成良好共生关系的硬皮马勃(*Scleroderma* sp.)、白毛口蘑(*Tricholoma columbetta* (Fr.) Quel)、漆蜡蘑[*Laccaria laccata* (Fr. ex Scop.) Berk. et Br.]—9106、9104、9103、9102号4菌株。

1.1.2 温度效应 采用MMN平板培养基<sup>[2]</sup>。在5~40℃范围内,设置梯度为5℃的温度阶8个,另有27、37℃两阶。每个菌种(株)设3个重复。接种后每24h在固定方向测定菌落的直径。

1.1.3 pH值效应 共设置了4个pH值阶<sup>[3]</sup>。培养基高压灭菌后的pH值分别为:5.73、7.20、8.32和9.22。各菌种设5个重复,在最适温度条件下培养10d。

### 1.2 接种试验

1.2.1 容器扦插苗接种试验 1992年春季采用蛭石和腐殖质土混合物(1:1,pH=7.26)作基质,进行容器扦插育苗。待扦插苗生根后,用以麦草为主原料(麦草83%,麸皮11%,玉米面3%,石灰2%,过磷酸钙1%)<sup>1)</sup>生产的硬皮马勃、白毛口蘑、漆蜡号菌株菌剂,进行接

1994-06-10 收稿。

赵忠副教授,刘西平(西北林学院 陕西杨陵 712100);高崇巍(林业部西北调查规划设计院)。

\* 本文为1991~1993年国家自然科学基金资助项目“毛白杨菌根生态学特性及其应用的研究”内容之一。

1)赵忠,刘西平,高崇巍.毛白杨优良外生菌根菌的选择.西北林学院,1993.

种试验。每个菌种设 6 个重复。接种 19 d 后,剪下根系,截成 1~2 cm 长的根段,进行酸性品红染色处理<sup>[4]</sup>。在实体显微镜下观察是否有着色的菌根套形成,以判断菌根的感染<sup>[5]</sup>。

1.2.2 盆栽接种试验 1992 年春季在室外用经甲醛消毒过的蛭石、腐殖质混合物(1:1)作基质,在陶土盆内移栽毛白杨当年生根萌苗。在移栽过程中,将事先培养好的漆蜡蘑、硬皮马勃和白毛口蘑的菌剂(每盆接种量为 240 g)埋入基质,每个菌种设 6 个重复。生长季节结束后,对各处理的苗木生长量进行测定,并对根系是否感染菌根进行调查。

1.2.3 大田接种试验 1992 年和 1993 年春季,分别在碱性瘠土地(pH=8.32)上的毛白杨当年扦插育苗地,按随机区组法<sup>[6]</sup>布设接种试验。

1992 年的供试菌种为漆蜡蘑、白毛口蘑、硬皮马勃。每个菌种计 4 个重复,另设对照苗床。待扦插苗生根后,在苗木行间开沟(深 20 cm 左右)施入菌剂,接种量均为 725 g/m<sup>2</sup>。

1993 年进行的硬皮马勃、黑核菌(*Cenococcum geophilum* Fr.)接种试验,按菌剂施用量每个菌种设置了 3 个处理水平,即每 2 个平方米施入 725、1 450、2 175 g。另设 3 个相同水平的对照小区,仅施入菌剂原料。上述每种处理水平均设 3 个重复。

生长季节结束后,对试验区苗木的地上部分生长量和菌根感染率进行调查。另外,在 1993 年的试验中,从 7 月 16 日开始,每隔 15 d 进行 1 次苗高和地径生长量调查,并在试验结束时测定了苗木地上部分生物量,根系、叶片中的 N、P 含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 温度效应

对各菌种在不同温度下的日直径扩展速度的研究表明,硬皮马勃最适生长温度为 30 ℃,而白毛口蘑、漆蜡蘑—9106、9104、9103、9102 号菌株的最适生长温度则为 25 ℃。几种菌种的最适生长温度范围为 20~30 ℃,极限生长温度为:最低 5 ℃,最高 37 ℃(表 1)。

经方差分析,温度对菌根真菌生长的影响是显著的,与其他学者的试验结果相同<sup>[2,3]</sup>(表 2)。对 20~30 ℃范围 4 个温度阶菌落生长速度的方差检验则表明,它们间的差异不显著(表 3),说明这几种菌种的生长在温度低于 20 ℃或高于 30 ℃时,将受到明显的抑制。

表 1 各菌种在不同温度下的日直径扩展速度 (单位:cm/d)

菌 种	温 度 (℃)									
	5	10	15	20	25	27	30	35	37	40
漆蜡蘑—9104	0.1	0.38	0.87	1.55	3.73	3.86	3.57	1.62	0.86	0
漆蜡蘑—9106	0	0.16	0.78	1.14	1.90	1.81	0.87	0.26	0	0
漆蜡蘑—9102	0.1	0.09	0.27	0.38	0.48	0.41	0.24	0	0	0
漆蜡蘑—9103	0.1	0.29	0.69	1.31	3.39	2.68	3.10	0.84	0.38	0
硬皮马勃	0	0.57	1.45	2.34	3.03	2.65	3.45	0.32	0	0
白毛口蘑	0.1	0.32	1.50	2.73	4.53	3.86	3.44	0.85	0.46	0

表 2 不同温度阶下菌落直径生长速度方差分析

变异来源	自 由 度	离差平方和	均 方	均 方 比	临 界 值
组 间	9-1=8	7.966 3	0.995 4	4.483 5*	$F_{0.05}(\frac{f_1=8}{f_2=54})=2.127$
组 内	54	11.994 9	0.222 1		
总 的	63-1=62	11.962 1			



力的一种好方法。

## 2.4 盆栽接种试验

接种 132 d 后的调查结果表明,接种的 3 个菌种均与毛白杨形成了菌根。菌根苗的生长量明显超过了对照苗(表 6)。

## 2.5 大田接种试验

1992 年的接种效果调查表明,苗木接种 142 d 后,与对照苗在生长量方面无明显差异。除硬皮马勃与接种苗木形成极少量菌根外,其余均未发现有相应的菌根形成。根据外生菌根生态学特性<sup>[1]</sup>,以及本文有关 pH 效应研究,其重要原因是接种地碱性的土壤条件。同时,也说明了接种量对接种效果有着很大的影响。

从 1993 年大田接种苗高和地径生长的连续观测中可看出,在高生长量方面,黑核菌各处理水平与对照区的差异很小;但硬皮马勃几乎在整个生长季节均高于对照区。尤其是在 8 月 17 日以后,处理水平 3 的高生长最为突出(表 7)。

从平均水平看,在生长季节结束后,硬皮马勃接种苗的高生长较对照提高了 14.6%,其中,处理水平 1 提高了 14.0%,处理水平 2 提高了 8.8%,处理水平 3 提高了 20.9%。在地径生长量方面,两个菌种除处理水平 3 较对照有明显的提高外,其余的差异不明显。硬皮马勃的接种效应在平均单株叶、苗干生物量方面的表现尤为突出,3 种处理水平的地上部分生物量(叶+茎),分别比对照提高了 30.6%、30.4%和 100.6%。但黑核菌的表现远不如硬皮马勃。3 个处理水平与对照相比,增长幅度分别为-18.4%、29.4%和 46.8%(图 2)。

表 7 毛白杨菌根接种苗生长量记录

(调查日期:1993)

处 理 水 平	项 目	调查日期(月-日)					
		07-16	08-02	08-17	09-01	09-23	
对 照	1	D(mm)	6.76	8.81	9.55	10.54	11.82
		H(cm)	81.9	106.3	136.8	159.2	169.4
	2	D(mm)	7.26	9.51	11.25	12.15	13.20
		H(cm)	86.4	109.9	144.0	166.1	177.5
	3	D(mm)	6.99	9.21	10.73	12.07	12.29
		H(cm)	85.4	108.8	143.2	166.4	182.8
硬皮马勃	1	D(mm)	6.61	8.89	11.03	11.94	12.64
		H(cm)	74.0	103.6	145.8	175.0	187.4
	2	D(mm)	7.54	9.98	10.76	11.99	13.08
		H(cm)	87.6	118.4	149.2	173.3	191.4
	3	D(mm)	7.44	10.04	12.16	13.89	16.16
		H(cm)	90.5	118.0	158.3	190.7	217.3
黑核菌	1	D(mm)	6.93	8.75	10.68	11.85	12.99
		H(cm)	82.0	105.1	139.5	162.7	175.6
	2	D(mm)	7.24	9.02	10.63	11.81	12.59
		H(cm)	91.7	111.4	152.1	173.2	192.5
	3	D(mm)	7.30	9.23	11.65	12.77	14.64
		H(cm)	81.3	101.4	141.1	169.7	189.8

表 6 毛白杨盆栽苗接种试验结果

(调查日期:1992-10-13)

接种菌种	盆数	苗木高度		地 径	
		(m)	比对照提高 (%)	(mm)	比对照提高 (%)
漆蜡蘑	3	1.89	34.0	16.3	27.3
白毛口蘑	3	1.86	31.9	16.1	25.8
硬皮马勃	4	1.82	29.1	16.0	25.0
对 照	4	1.41	—	12.8	—

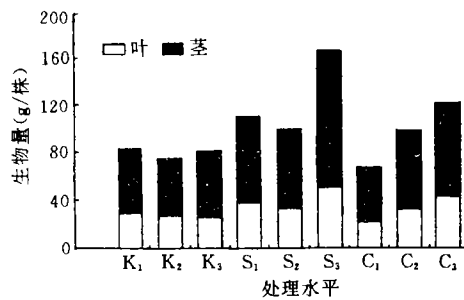


图 2 菌根接种对毛白杨扦插苗地上部分生物量的影响

K=对照,S=硬皮马勃,C=黑核菌;1、2、3 分别为第 1、2、3 处理水平,下同。

对 1993 年大田菌根接种苗根系和叶片 N、P 含量的分析表明,除处理水平 1 外,硬皮马勃

均能提高接种菌对 N、P 的吸收量,尤其是 P,其中处理水平 2、3 根系中的 P 含量分别比对照提高了 30.7%和 20.7%,叶片中 P 的含量分别提高了 11.4%和 31.9%。而黑核菌在这些方面与对照的差异不大,甚至表现出负效应(图 3、4)。

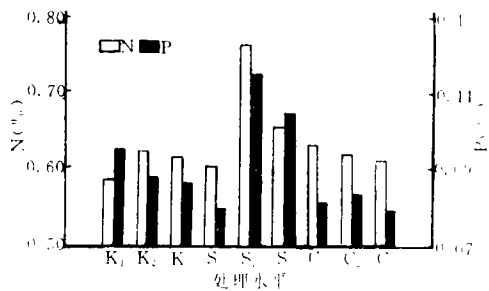


图 3 菌根接种对毛白杨扦插苗根系 N、P 含量的影响

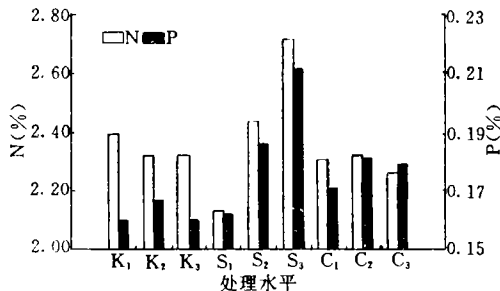


图 4 菌根接种对毛白杨叶片中 N、P 含量的影响

对接种和对照苗木的根系取样镜检后发现,硬皮马勃与毛白杨形成了一定数量的菌根,而黑核菌仅在接种苗木根系上形成了极少量菌根;菌根感染率没有随接种量的增加而增大(表 8)。

### 3 结论

(1)对毛白杨菌根菌生态学特性的研究表明,除硬皮马勃的最适生长温度为 30 ℃ 外,白毛口蘑和漆蜡蘑(4 个菌株)的最适生长温度均为 25 ℃;培养基的 pH 值对菌根菌的生长有很大的影响。除硬皮马勃在碱性(pH 8.30)条件下也能生长外,其余菌种(株)在 pH 值高于 7.0 的情况下,生长均受到强烈的抑制,最适生长的 pH 值变化在 5~6 之间。

(2)在中性基质中,漆蜡蘑、白毛口蘑、硬皮马勃均能与毛白杨形成菌根,且明显提高接种苗木的生长量。人工回接后菌根菌能否与毛白杨形成菌根,可用根系染色技术在接种 19 d 后做出鉴定。在碱性土壤中,除硬皮马勃能与毛白杨形成一定数量的菌根,黑核菌形成极少量菌根外,漆蜡蘑和白毛口蘑均因生长受阻,不能与毛白杨形成菌根。

(3)硬皮马勃能明显地提高苗木的生长量、地上部分生物量,改善苗木的 N、P 营养水平。其中,苗高生长和地径生长量平均比对照苗木增加了 14.6%和 11.2%,地上部分生物量平均增加了 54.2%,叶片和根系中的含 P 量平均提高了 11.1%和 14.8%。接种量对接种的效果影响很大。但黑核菌的接种效果不佳。

表 8 毛白杨菌根接种苗菌根感染率

菌种	处理水平	菌根感染率(%)			
		硬皮马勃	黑核菌	土著菌	非菌根
硬皮马勃	1	10.2	0	39.1	51.9
	2	7.7	0	21.7	71.2
	3	3.0	0	29.8	67.2
黑核菌	1	0	0.6	12.6	86.8
	2	0	0	17.6	82.5
	3	0	0.6	12.7	86.7
对照	1	0	0	16.5	83.5
	2	0	0	28.0	72.5
	3	0	0	37.5	62.5

### 参 考 文 献

1 赵忠,马刊欣,段安安.毛白杨外生菌根类型及其生态学特性的研究.林业科学,1993,29(1):12~18.  
 2 毕国昌,郭秀珍,臧穆.在纯培养条件下温度对外生菌根真菌生长的影响.林业科学研究,1989,2(3):247~253.

- 3 赵志鹏,郭秀珍. 外生菌根菌纯培养的生态学研究. 林业科学研究, 1989, 2(2):136~141.
- 4 汪洪钢,吴观以,李慧荃. VA 菌根研究方法. 土壤肥料, 1982, (5):33~34.
- 5 Lodge D J, Wentworth T R. Negative associations and VA-mycorrhizal fungi and some ectomycorrhizal fungi inhabiting the same root system. OIKO, 1990, 57:347~356.
- 6 罗鸣福. 林业试验设计方法. 北京:中国林业出版社, 1983.

## Research on the Selection of the Applicable Ectomycorrhizal Fungi of *Populus tomentosa*

Zhao Zhong Liu Xiping Gao Chongwei

**Abstract** Based on the ecological characteristics and symbiotical relationship of ectomycorrhizae of *Populus tomentosa*, the research on the beneficial ectomycorrhizal fungi has been conducted. The results show that *Scleroderma* sp. is not only able to endure the high temperature as compared with the other fungi, but also to grow in the alkaline substratum. In neutral substratum all of the *Tricholoma columbetta*, *Laccaria laccata* and *Scleroderma* sp. could form ectomycorrhizae with the host plant and improve the host's growth, but in alkaline soil only *Scleroderma* sp. formed ectomycorrhizae, which bettered the host growth and its nutrient situations of nitrogen and phosphate. Its effect of inoculation rose obviously with the increase of the inoculum amount. A worse effect resulted from the inoculation experiment of *Cenococcum geophilum*.

**Key words** *Populus tomentosa*, ectomycorrhiza, ecological characteristics, selection

---

Zhao Zhong, Associate Professor, Liu Xiping (Northwestern Forestry College Yangling, Shanxi 712100); Gao Chongwei (Northwestern Institute of Forestry Survey and Planning, the Ministry of Forestry).