

文章编号: 1001-1498(2000)-0008-07

西南桦对菌根的依赖性及其接种效应研究*

弓明钦, 王凤珍, 陈羽, 陈应龙

(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东广州 510520)

摘要: 为了摸清西南桦引种驯化过程中苗木菌根存在的可能性及其对菌根的依赖程度, 分别对西南桦幼苗实施 VA 菌根和 ECM 菌根的接种试验。试验结果表明: 西南桦幼苗对两个类型的菌根均可受感染, 对菌根均有较强的依赖性, 尤以对外生菌根的依赖性较强, 而对 VA 菌根的依赖性属中等。西南桦幼苗接种外生菌根菌后 180 d, 平均苗高比对照增加了 92.98% ~ 106.85%, 地上干质量增加 206.43% ~ 554.69%, 地下干质量增加 202.83% ~ 566.40%; 幼苗接种 VA 菌根菌后 90 d, 苗木平均高、地上干质量及地下干质量分别比对照增加 50.48% ~ 63.41%、78.65% ~ 151.04% 和 215.25% ~ 311.86%; 接种菌根的苗木可在 150~180 d 后出圃造林, 比对照苗木至少提前 5 个月。

关键词: 西南桦; 外生菌根; VA 菌根; 菌根依赖性; 接种效应

中图分类号: S723.1; S718.81

文献标识码: A

西南桦(*Betula alnoides* Hamilt) 为桦木科(Betulaceae) 的高大乔木, 也是桦木属植物在我国分布最南端的一个树种, 天然分布于云南、广西、浙江及四川等地^[1], 广东及海南省个别地方也有零星分布^[2,3]; 国外主要分布在越南、缅甸及柬埔寨等地。西南桦生长迅速, 适应性强, 树干高大通直, 尖削度小而出材率高, 木材纹理细致材质优良, 可广泛用于建筑、家具及纸浆用材, 是非常值得研究和发展的一个多用途的优良速生造林树种。

过去, 人们对西南桦的认识较少, 研究也不多, 人工造林基本没有。随着市场经济的不断发展, 寻找新的具有较好造林效益及多种用途的速生树种, 就成为我国南方地区林业发展的当务之急。近年来, 广西、云南的一些地方就营造了小面积试验林, 云南腾冲县已有近 70 hm² 的人工林。尽管如此, 西南桦育苗及造林中仍有许多基础性和许多技术性问题尚待人们去研究和解决。

国内外许多资料及文献均记载了桦木属树种是菌根营养型树种, 在自然条件下不仅可形成外生菌根(ECM), 也可与 VA 菌根菌(或称 AM 菌根菌) 共生形成内生菌根(VAM)^[4~6], 然而, 有关桦木属树种菌根的研究资料却不多见。黄亦存等(1994) 曾报道了我国北京东灵山地区黑桦树(*B. dahurica* Pall.) 的外生菌根情况, 记录了外生菌根真菌资源 18 种^[7]; 梁秀棠(1994) 研究证实, 广西地区栽培的光皮桦(*B. luminifera* H. Winkl) 有外生菌根^[8]; 孟繁荣等(1996) 报道了我国东北地区的岳桦(*B. ermanii* Cham.) 和枫桦(*B. castata* Trautv.) 等天然混交林中的菌根真菌情况, 记录了外生菌根菌资源 44 种^[9], 除此以外, 其它的研究资料极少见, 而有关桦木属树种内生菌根研究则更少。因此, 在当前正准备大力发展西南桦的情况下, 加速对西南桦的菌根研究, 有助于西南桦的发展, 也是菌根学科研究的新课题。

收稿日期: 1998-08-21

* 中国林科院热林所曾杰先生提供试验种子, 特此致谢。

作者简介: 弓明钦(1939-), 男, 四川彭州人, 研究员。

如果西南桦也同其它桦木属树种一样, 在自然条件下需要与菌根真菌共生并形成菌根, 那么, 在人工驯化栽培条件下则更需要有菌根真菌的参与, 方有可能取得驯化栽培的成功。为此, 作者开展了对西南桦幼苗进行外生菌根及内生菌根的接种试验, 研究了西南桦幼苗对菌根的依赖性 MD (Mycorrhizal Dependence)^[10], 不同菌根类型及菌种对西南桦幼苗的接种效应等, 现将结果报告如下。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试苗木: 西南桦种子来源于广西平果县, 由本所营林室曾杰先生提供。种子经精选后先在质量浓度为 $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HgCl_2 溶液中表面消毒 30 s, 用无菌水反复冲洗多次后晾干, 在无菌混合基质(蛭石 泥炭 河沙= 1 1.5 1)中播种, 按常规方法育苗, 当幼苗长出 2 对真叶, 苗高 2~3 cm 时进行移栽并接种。

供试 VA 菌菌种: 供试 VA 菌菌种有 3 株, 地表球囊霉 (*Glomus versiforme* (Karsten) Berch) 9004 菌株, 由北京市农林科学院张美庆先生提供; 苏格兰球囊霉 (*Glomus caledonium* (Nicol. & Gerd.) Trappe & Gerd.) 90036、90068 菌株, 由中国科学院南京土壤所林先贵先生提供。3 个菌种均在上述无菌混合基质中利用三叶草 (*Trifolium repens* L.) 进行生物繁殖, 3 个月后剪去其茎叶, 将根系剪碎并与基质均匀混合, 晾干后备用。

供试外生菌根菌: 供试外生菌根菌有 3 种, 蜡蘑属 1 种 (*Laccaria* sp.) E4100 菌株, 引自澳大利亚 CSIRO, 由 N. Malajczuk 博士提供; 彩色豆马勃 (*Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker et Couch) 9516 菌株, 多根硬皮马勃 (*Scleroderma polyrhizum* Pers.) 9215 菌株, 由作者分离自华南地区所采该菌的子实体。3 个菌种分别在 MMN 液体培养基中培养, 在 25~28 °C 条件下, 在 $150 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 回旋式摇床上振荡培养 30 d, 将培养好的菌丝球在无菌匀浆器中间歇匀浆 30 s, 在 4 °C 条件下保存备用。

1.2 试验方法

1.2.1 苗木接种 VA 菌根接种: 在装有上述无菌混合基质的黑色育苗袋中挖一小坑, 每袋基质中接入上述备用的 VA 菌根菌剂 8 g, 移入上述无菌西南桦幼苗 1 株, 用无菌基质覆盖, 轻轻压实。

外生菌根接种: 先在装有无菌基质的黑色育苗袋中移栽 2~3 cm 高的西南桦幼苗 1 株, 然后注入或滴入上述经匀浆后的菌液 3 mL, 再用无菌基质填平后轻轻压实。

所有供试苗木均放在常规苗床上, 每天淋清水 2 次, 每周施质量浓度为 $2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的复合肥 (N P K= 15 5 10) 液 1 次。

1.2.2 试验设计及观测 外生菌根及 VA 菌根的接种试验分别进行。各试验设 3 个接种处理和 1 个不接种的对照, 每小区试验苗 8 株, 重复 4 次, 随机排列。

试验观测内容: 观测菌根感染率、感染强度, 苗木高, 地上及地下部分的鲜质量和干质量, 生物量, 根系长度, 菌根依赖性 MD^[10], 苗木生长过程对照株干质量等, 同时进行有关统计分析。菌根依赖性 MD 计算方法为:

$$MD = \frac{\text{接种株干质量}}{\text{对照株干质量}} \times 100\%$$

菌根依赖性(MD)是衡量某种植物对菌根菌依赖程度大小的一个指标,也是衡量菌根真菌与植物共生效果及促生作用大小的标志之一,因此,MD数值愈大说明植物对菌根的依赖性愈强,接种菌根后对植物的促生效果较好。MD常分为3级,MD=100%或以下时,表示植物对菌根的依赖性较弱或没有依赖性;MD=200%或以上时,表示植物对菌根有中等强度的依赖性;当MD=300%以上时,表明植物对菌根的依赖性较强,也就是告诉人们这种植物进行菌根接种的必要性。MD最早用于VA菌根的研究,为了比较方便,本研究将MD的概念引用于西南桦的菌根研究,以探讨其两种不同类型菌根与西南桦苗期生长的关系。菌根感染强度按估测法分级,视野中根段上泡囊较多者为 级,泡囊较少者为 级,其余为 级。

2 试验结果

2.1 VA菌接种西南桦幼苗的生长效应

西南桦幼苗接种4个月后,每个重复随机抽取5株进行有关测量,同时随机抽取根段,按Philips和Hayman(1990)染色法进行染色,选取30条根段检测菌根感染率,其结果见表1。

表1 VA菌接种西南桦幼苗的生长效应

处 理 (菌种号)	苗高/ cm	根系长/ cm	地上鲜 质量/g	地下鲜 质量/g	地上干 质量/g	地下干 质量/g	生物量/ g	菌根感 染率/%
9004	13.4	18.68	1.219	1.379	0.408	0.193	0.601	73.33
90036	12.34	18.02	0.982	1.147	0.343	0.186	0.529	80.0
90068	13.34	18.16	1.314	1.645	0.482	0.243	0.725	86.67
对 照	8.2	15.58	0.646	0.707	0.192	0.059	0.251	10.0

表1结果表明,西南桦幼苗接种VA菌根4个月后,无论苗木平均高、根长、生物量等指标均明显高于未接种的对照。其中,苗木平均高比对照增加0.48%~63.41%;根系长增加15.66%~19.9%;地上干质量增加78.65%~151.04%,地下干质量增加215.28%~311.86%,苗木生物量增加110.76%~188.84%。方差分析结果表明,接种苗与未接种苗之间在苗木高和生物量上的差异极显著($P < 0.005$),在地上鲜质量、地上干质量方面的差异显著($P < 0.05$),而在根长和地下鲜质量上的差异不显著(表2)。各菌种之间在苗木高生长、根长、地上和地下的干鲜质量及生物量的差异均不明显。

表2 VA菌根接种苗生长情况方差分析

比较因子	自由度	均 方	平均均方	F 值	P(显著水平)
苗 高	3	101.738	33.913	8.983	0.001($P < 0.005$)***
根 长	3	28.682	9.561	0.647	0.596
地上鲜质量	3	1.329	0.443	4.372	0.020($P < 0.05$)*
地下鲜质量	3	2.370	0.790	3.030	0.06
地上干质量	3	0.172	0.057	5.538	0.008($P < 0.01$)**
地下干质量	3	0.073	0.024	4.569	0.017($P < 0.05$)*
生 物 量	3	0.467	0.154	6.653	0.004($P < 0.01$)***

菌根感染率观测结果表明,接种苗木的菌根感染率可达73.33%~86.61%,其中,感染强度达 级或 级的根系约占25%~40%;对照苗中也有10%的根系感染菌根,但感染强度为 级的仅1条根,占3.3%,其它根段仅见个别感染。在3个菌种中,虽然各指标差异均不明

显,就比较而言,90068 菌种的效果似乎稍好一些。

2.2 外生菌根接种西南桦幼苗的生长效应

西南桦幼苗接种外生菌根真菌后 6 个月,按照与上述 VA 菌根接种相同的观测方法进行有关生长指标测定,其结果见表 3。

表 3 结果表明,西南桦幼苗接种 3 种外生菌根效果同样十分显著。接种苗与对照苗比较,幼苗平均高度增长了 92.98% ~ 106.95%,根系长度增长了 40.42% ~ 85.88%,地上干质量增加 206.03% ~ 554.69%,地下干质量增加 202.83% ~ 566.40%,总生物量比对照增加 213.94% ~ 557.5%,接种效果十分明显。菌根感染率调查结果表明,接种 E4100 菌株的感染率最高,达 85.5%,其次为 9216 和 9215 菌株。对照苗也有 12% 的感染率,但感染强度并不高。

表 3 外生菌根菌接种西南桦幼苗的生长效应

处 理 (菌种号)	苗高/ cm	根系长/ cm	地上鲜 质量/g	地下鲜 质量/g	地上干 质量/g	地下干 质量/g	生物量/ g	菌根感 染率/%
E4100	34.5	30.67	20.240	8.277	6.416	1.646	8.062	85.5
9516	34.17	23.17	10.553	4.736	2.999	0.853	3.852	82.0
9215	32.17	25.83	10.833	5.003	3.076	0.784	3.860	80.0
对照	16.67	16.50	3.537	1.746	0.980	0.247	1.227	12.0

统计分析结果表明,接种苗与对照苗之间在苗木高生长方面的差异为极显著($P < 0.001$),其余全部指标均为差异显著($P < 0.05$) (表 4)。就各接种真菌间而言,无论苗高、根长、干鲜质量及生物量之间均无显著差异。从苗木生长势和叶色等方面比较,E4100 菌株效果似乎更突出一些。

表 4 外生菌根接种苗生长情况方差分析

比较因子	自由度	均 方	平均均方	F 值	P(显著水平)
苗高 H	3	655.563	218.521	19.642	0.0001($P < 0.001$)**
根 长	3	314.229	104.743	5.033	0.030($P < 0.05$)*
地上鲜质量	3	45.730	15.243	6.372	0.016($P < 0.05$)*
地下鲜质量	3	64.148	21.383	4.990	0.031($P < 0.05$)*
地上干质量	3	45.730	15.243	6.372	0.016($P < 0.05$)*
地下干质量	3	2.989	0.996	5.060	0.030($P < 0.05$)*
生 物 量	3	71.571	23.857	6.080	0.018($P < 0.05$)*

2.3 西南桦幼苗对菌根的依赖性

根据上述测定结果,将西南桦生物量结果列表如下(表 5)。

表 5 西南桦幼苗对不同类型菌根的依赖性

菌根类型	菌种号	生物量/ g	对照生物量/ g	菌根依赖性 MDI/%	MD 级别
VA 菌根 (VAM)	9004	0.601		239.4	
	90036	0.529	0.251	210.8	
	90068	0.725		288.8	
外生菌根 (ECM)	E4100	8.062		657.0	
	9516	3.852	0.227	313.9	
	9216	3.860		314.6	

表 5 结果表明,尽管上表中 VA 菌根是 3 个月的结果,而外生菌根则是 6 个月的结果,然而就各自比较而言,其 MD 值均属 级以上,说明西南桦对两个不同类型菌根均有较强程度

的依赖性。两类菌根接种对西南桦幼苗均有较好的接种效果;就相对比较而言,西南桦幼苗对外生菌根的依赖性大于对VA菌的依赖性,其中尤以E4100菌株的效果最好,MD值竟高达657.0%,说明E4100菌株尤其适合西南桦幼苗接种。

2.4 西南桦菌根化幼苗的生长情况

西南桦的芽苗经菌根接种后,分别于90、120、150、270 d进行苗高生长测定(外生菌根缺120 d数据),其苗木生长情况见图1。

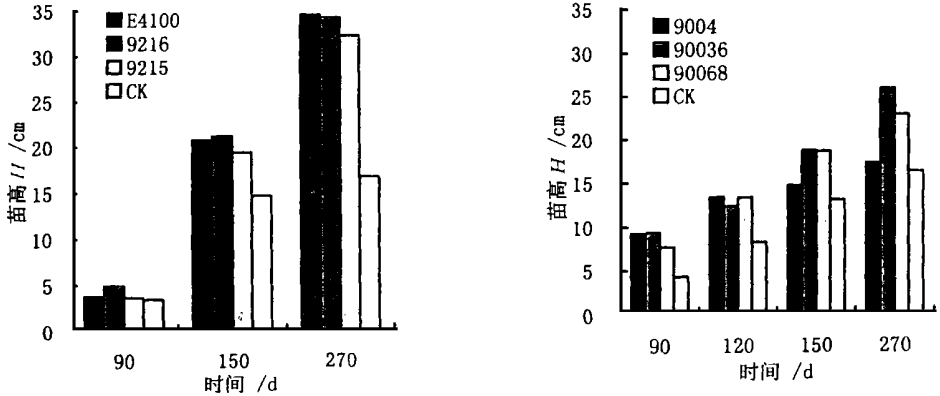


图1 示西南桦接种苗的生长情况

从图1结果可以看出,接种菌根处理的苗木生长一直高于对照(CK)苗,其中以外生菌根接种的效果最好,一直保持着较高的生长速度,其中以E4100和9216菌株的效果为佳。VA菌根试验中以90036和90068两个菌种效果为好,基本保持较高的增长势,而9004菌株效果较差。从图中还可以看出苗木生长至150 d是一个转折点,无论接种与不接种的对照之间均有明显差异,接种菌根的苗木(除9004菌种外)接种150 d以后仍保持着旺盛的生长势,而对照苗的生长速度则明显减缓,在150 d之后的120 d中高生长仅增加近4 cm,而经菌根接种的苗木与对照苗木之间的高差明显加大。结果再次表明接种菌根对西南桦幼苗生长的必要性,也说明实施菌根接种可大大促进西南桦苗木的生长。

从图1结果还可以看出,西南桦幼苗要达到20 cm高的出圃标准,其所需时间的差异很大。接种外生菌根的苗木约150 d即可达到出圃标准,接种VA菌根的苗木也仅需180 d左右。而未经接种的西南桦幼苗经270 d后仍未能达到20 cm的出圃标准,从图上来看至少还需几个月的时间。因此,西南桦幼苗接种菌根后不仅能大大促进苗木生长,而且还可大大缩短育苗时间,可提早苗木出圃,节约育苗成本,提高苗床利用率,从而降低育苗成本,提高经济效益。

3 结果与讨论

(1)通过人工接种菌根菌的试验,西南桦幼苗可以形成外生菌根及VA菌根,而菌根依赖性测定结果表明,西南桦幼苗对两种不同类型菌根均具有较强的依赖性,从而证明了西南桦与其它桦木属树种一样,既可能形成外生菌根又可形成VA菌根的树种,西南桦幼苗在生长过程中需要有菌根菌的参与,方可促进苗木快速生长,因此,西南桦也是一种典型的菌根营养型树种。

(2)本研究中所使用的外生菌根菌并非来自西南桦适生林中,而是产于澳洲和华南的桉树

林中; 接种用的 3 株 VA 菌也分别来自江西和华北, 接种 3 个月后分别达到 73% ~ 80% 以上的感染率, 效果非常明显, 因此, 其结果可以说明, 苗期阶段的西南桦是一种对共生真菌较少选择性的广谱共生型树种。但是, 本研究并不说明结果中所提示的几个较好菌种是西南桦接种的最佳菌种, 还应进一步筛选适合西南桦适生地区的适生菌种。

(3) 西南桦苗期菌根接种研究表明, 无论外生菌根或 VA 菌根, 对西南桦幼苗均有较好的促生效果, 对培育壮苗、规格苗及提早苗木出圃均有明显效果。因此, 利用菌根技术对发展西南桦人工驯化栽培, 其效果与效益是不言而喻的。

(4) 西南桦天然分布在亚热带和南亚热带的混交林中, 在自然条件下的菌根及菌根状况尚不清楚, 从一般类似情况估计, 西南桦的菌根状况可能是十分复杂的。本研究仅是在室内控制条件下进行的苗期试验, 所使用菌种也并非最佳菌种, 研究才仅仅是开始, 西南桦的菌根研究尚有许多工作等待人们去做。由于本试验条件限制, 苗木穿根后在育苗袋下面有根系相互交错的现象, 因而造成未接种苗也出现个别根系的少量菌根感染。

参考文献:

- [1] 云南森林编辑委员会. 云南森林[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1986.
- [2] 四川森林编辑委员会. 四川森林[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.
- [3] 蒋有绪, 卢俊培. 中国海南岛尖峰岭热带林业生态系统[M]. 北京: 科学出版社, 1991. 30 ~ 35.
- [4] 郭秀珍, 毕国昌. 林木菌根及应用技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989. 32 ~ 38.
- [5] Hashim A, ABR, Majid N M. Mycorrhizae and their role in tropical plantation forestry [A]. BIO-REFOR Proceedings of Kangar Workshop [C]. Kangar, Malaysia, 1994.
- [6] 弓明钦, 陈应龙, 仲崇录. 菌根研究及应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997. 1 ~ 223.
- [7] 黄亦存, 卯晓岚, 王有智. 东灵山地区外生菌根真菌的调查[A]. 广东开平国际菌根研讨会交流论文, 1994, 1 ~ 10.
- [8] 梁秀棠. 广西主要树种的外生菌根菌资源调查及其在桉树育苗造林中的应用[J]. 土壤学报, 1984, 31(增刊): 134 ~ 140.
- [9] 孟繁荣. 林木菌根学[M]. 沈阳: 东北林业大学出版社, 1996. 46 ~ 61.
- [10] Menge J A, Johnson E L V, Platt R G. Mycorrhizal dependency of several citrus cultivars under three nutrient regimes [J]. New Phytol, 1978, 81: 553 ~ 559.

Mycorrhizal Dependency and Inoculant Effects on the Growth of *Betula alnoides* Seedlings

GONG Ming-qin, WANG Feng-zhen, CHEN Yu, CHEN Ying-long

(The Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China)

Abstract: This paper reports the preliminary results of inoculant effect on the growth of *Betula alnoides* based on a nursery experiment. Seedlings were inoculated with either ECM fungus, VAM fungus or uninoculated as blank controls. The results showed that both fungi could form associations respectively with the roots of seedlings. The average heights of seedlings inoculated with ECM fungi were increased by 92.98% ~ 106.82% compared to those of controls 180 days after inoculation, while the above-ground biomass and under-ground biomass increased by 206.43% ~ 554.69% and 202.83% ~ 566.40% respectively. Regarding to the effect of VAM fungal inoculation, the average heights, top biomass and root biomass of inoculated seedlings were respectively increased by 50.48% ~ 63.41%, 78.65% ~ 151.04% and 215.25% ~ 311.86% 90 days after inoculation. Furthermore, 150 ~ 180 day-old inoculated seedlings could be ready for outplanting in the field. This might save the duration time up to 5 more months in nursery according to normal management. These results demonstrated that the seedlings of *B. alnoides* were greatly dependent on mycorrhizal associations.

Key words: *Betula alnoides*; ECM; VA mycorrhiza; mycorrhizal dependency (MD); inoculant effect