

红菇和正红菇菌种接种三个乡土树种的苗期效果*

陈羽 梁俊峰 周再知 仲崇禄 陈珍

(中国林业科学研究院热带林业研究所 广东广州 510520)

摘要 利用正红菇和鳞盖红菇2个菌种,对木荷、红锥和黎蒴3个乡土树种的苗木进行接种试验,定期观测苗木的苗高、地径及最终生物质量。结果表明两个菌种对3个乡土树种的苗期生长均有明显的促生效果。接种270 d后,3个树种接种处理苗期的苗高、地径、地下干质量和地上干质量等生长指标均显著优于未接种对照苗的各生长指标。方差分析结果表明,红锥接种苗的苗期各生长指标极显著优于未接种对照苗;黎蒴和木荷接种苗苗期的各生长指标与未接种对照苗有显著差异。菌根感染强度及依赖性分析结果表明,红锥的感染强度为4级,属强依赖性;黎蒴与木荷的感染强度为一般,属弱依赖性。红锥树种可与两个红菇菌形成较佳的共生体,其中以鳞盖红菇的接种效果为最佳。

关键词 红菇 正红菇 乡土树种 苗期 接种效果

中图分类号: S718.81 文献标识码: A 文章编号: 1006-4427(2010)01-0022-07

The Effect of Seedling Inoculation of Three Local Tree Species Inoculated by *Russula lepida* and *R. vinosa*

Chen Yu Liang Junfeng Zhou Zaizhi Zhong Chonglu Chen Zhen

(Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou, 510520)

Abstract The seedling height, basal diameter and biomass of *Castanopsis hystrix*, *Schima superba* and *C. fissa* were measured at regular intervals after inoculated with two mycorrhizal fungus strains, *Russula vinosa* and *R. lepida*. It was showed that the two strains significantly improved seedlings growth of three inoculated tree species. About 270 days intervals, the seedling height, basal diameter and biomass of seedlings inoculated were higher than those of un-inoculated seedlings among three species. Analysis of variance indicated that there was an extremely significant difference between inoculated and control seedlings of *C. hystrix* while those of *S. superba* and *C. fissa* showed obvious difference. Analysis of mycorrhizal infection and dependence suggested that *C. hystrix* was strongly depended on the two strains, while *S. superba* and *C. fissa* showed moderate dependence. The optimal effect was seedlings of *C. hystrix* inoculated by *R. lepida*.

Key words *Russula lepida*, *R. vinosa*, local tree species, seedling, inoculation effect

红锥(*Castanopsis hystrix*),又称红黎、黎木、红椽黎、赤黎,是分布在热带、亚热带地区低海拔的壳斗科树种,也是这一类型区的天然更新和造林树种之一;黎蒴(*C. fissa*),又称黎蒴栲、大叶锥栗、闽粤栲,是一种分布广、种源丰富的优良乡土树种,是华南次生常绿阔叶林主要组成树种之一,亦是壳斗科树种;木荷(*Schima superba*),为山茶科树种,是我国南方最主要的防火树种、阔叶优质用材和混交造林树种^[1]。

红锥和黎蒴是具外生菌根树种,木荷同时具外生菌根和内生菌根^[2]。据作者调查结果,广东省郁南县

* 基金/项目: 自然资源共享平台项目(2005DKA21207),“十一五”科技支撑专题“天然林非木材资源高效复合经营技术”(2006BAD03A0405),中国林业科学研究院热带林业研究所基本科研业务专项基金项目(RITF2007-12)。

正红菇(*Russula vinosa*)发生林的主要植被有黎蒴、马尾松(*Pinus massoniana* Lamb)、红锥、亮叶猴耳环(*Pithecellobium lucidum*)、大罗伞(*Ardisia hanceana*)和藤类植物之一种,林分类型为次生针阔叶混交林;广西省苍梧县红菇(*R. lepida*)发生林的主要植被有黎蒴、石栎(*Lithocarpus glaber*)、马尾松、木荷、红锥、米锥(*Castanopsis carlesii*)等,林分类型为次生针阔叶混交林。

红菇属(*Russula*)真菌多数都需要与壳斗科(Fagaceae)、松属(*Pinus*)、云杉属(*Picea*)、桦木属(*Betula*)、木荷属(*Schima*)等树种的根系共生形成菌根,成为生态系统中的重要成员之一。正红菇和红菇在我国分布广泛,与松、栗、栲等多种树木形成菌根,经济价值较高,属食药两用真菌^[2-5]。广西和福建的研究人员有过一些红菇食用菌研究报道,主要集中于基础性研究,如形态、生态环境、分离培养特点和营养成分分析等^[6-22],国外关于红菇属的报道主要集中在药理和分子生物学方面^[4,23-24],郭韶清等利用红菇属的正红菇和红菇菌种接种黎蒴造林试验效果显著^[25],但有关正红菇和鳞盖红菇与树木共生特性的研究还未见报道。本研究采用正红菇和鳞盖红菇2个红菇菌种,对3个乡土树种木荷、红锥和黎蒴进行苗期接种试验,探索这2个红菇菌与3个乡土树种之间的共生关系,为开发非木材林产品——菌根型食用菌红菇提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试苗木及介质 试验采用种子苗进行。待幼苗长到有两对真叶时,再挑选生长良好、长势基本一致的苗木移栽到预先装有消毒介质的育苗袋中(直径9 cm),3个树种的苗高和育苗基质见表1,试验所用介质均按1%的比例加入复合肥,介质的消毒同文献[26]。

表1 参试的3个乡土树种概况及育苗基质

树种	科、属名	学名	来源	备注
红锥	壳斗科锥属	<i>Castanopsis hystrix</i> A. DC.	广东郁南	苗高5~8 cm;介质为黄心土、泥炭土=3:1(体积比)
黎蒴	壳斗科栲属	<i>C. fissa</i> Rehd. et Wils.	广东郁南	苗高4~5 cm;介质为黄心土
木荷	山茶科木荷属	<i>Schima superha</i> Gardn. et Champ.	广东德庆	苗高4~5 cm;介质为蛭石、泥炭和河沙=2:1:1.5

1.1.2 供试菌种 试验采用2个红菇菌种,且都是菌根型食用菌。其中,0204菌株由作者采集分离自广东郁南的正红菇子实体,0005菌株由广西科学院生物研究所赠送。详见表2。

表2 参试的2个红菇菌种概况

处理号	菌株号	菌种名	中文名	来源	宿主树种
1	0204	<i>Russula vinosa</i> Lindl.	正红菇、真红菇	广东郁南	栎类树种、锥类树种、马尾松、木荷
2	0005	<i>R. lepida</i> Fr.	鳞盖红菇、红菇	广西浦北	红锥纯林
3	CK	对照(未接种)			

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 参试树种3个,接种处理3个(含对照),试验采用接种处理单因素完全随机设计,每个处理苗木30株,重复3次。试验苗育种、上袋、接种均在热带林业研究所实验苗圃完成,试验苗按常规苗木管理进行管护。

1.2.2 接种方法 试验所用的2个红菇菌种,是在热带林业研究所菌根实验室由摇床振荡培养7 d(室温条件下,均温28℃)的液体菌丝体,经匀浆粉碎后配制而成纯菌剂。菌剂中菌丝体浓度约50 mg/mL(干质量)。苗木移植到育苗袋15 d后,将红菇菌剂导入苗木根际,使菌剂与苗木根系充分接触,接种量为5 mL。

1.2.3 生长指标的测定 接种后定期或不定期进行苗高生长量测定,最后测定试验处理株的苗高(H)、地径(D)、地下干质量(W1)和地上干质量(W2),并对测定的苗木生长量进行统计分析。

1.2.4 数据分析 试验数据均用SAS统计软件进行方差分析,采用Duncan多重比较法进行处理间的多重

比较。

1.2.5 菌根依赖性 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接种及促生作用大小的标志之一,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。菌根感染分级标准:0级:根系无感染;1级:感染根段在10%以下;2级:感染根段占11%~30%;3级:感染根段占31%~50%;4级:感染根段占50%以上。

2 结果与分析

2.1 两个红菇菌种接种木荷的苗期效果

由图1的苗高生长曲线可以看出,接种后3个月,接种处理1(正红菇0204)、处理2(鳞盖红菇菌种0005)与处理3(不接种CK)的苗高生长开始显现出差异,可以认为木荷与两个红菇菌之间的共生体构建较为缓慢。

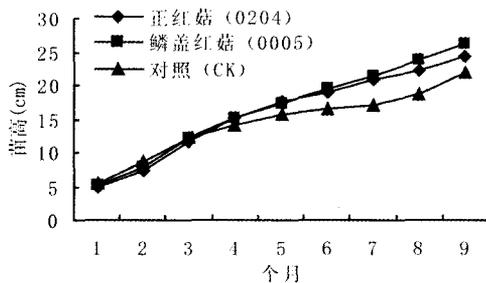


图1 木荷与红菇菌共生苗高生长比较

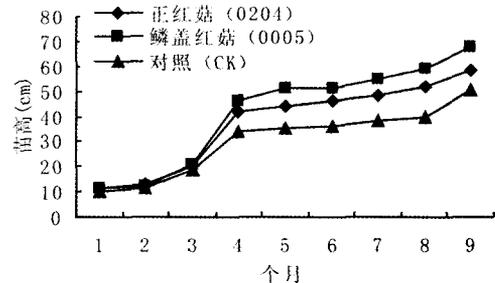


图2 红锥与红菇菌共生苗高生长比较

从表3的方差分析可以看出,木荷接种红菇菌后6、7、8个月时,接种处理的苗高在 $P=0.01$ 水平上均有极显著差异,接种后9个月时接种处理的苗高在 $P=0.1$ 水平上有显著差异,而地径、地下干质量和地上干质量在 $P=0.5$ 水平上有差异,说明处理1和处理2均可促进木荷苗期的生长,随着时间的推移,接种红菇菌的菌根效应呈现下滑趋势。从表4的多重分析亦可以看出,接种后8个月时,接种鳞盖红菇处理的苗高生长指标比未接种对照苗的苗高差异最为显著,比处理3增加27.3%,接种鳞盖红菇0005对促进木荷苗期的影响大于正红菇0204。

表3 木荷苗高、地径及生物量方差分析

测定指标	平方和	均方	F值	Pr > F
H6	149.251	74.875	4.75***	0.0100
H7	335.494	167.747	8.03***	0.0006
H8	410.958	205.479	7.01***	0.0015
H9	279.728	139.864	2.84**	0.0638
D9	0.020	0.010	2.30*	0.1061
W1	4.238	2.119	1.30*	0.2970
W2	14.934	7.467	1.03*	0.3780

注:1)H6、H7、H8、H9分别表示接种6、7、8、9个月后的苗高,D9表示接种9个月后的地径,W1和W2分别表示地上部分干物质和地下部分干物质;

2)变异来源和自由度分别为菌种和2(在表中省略);

3)*表示 $P=0.5$ 水平有差异,**表示 $P=0.1$ 水平有差异,***表示 $P=0.01$ 水平有差异。

2.2 两个红菇菌种接种红锥的苗期效果

由图 2 的苗高生长曲线可以看出,接种后 1 个月,接种处理比未接种处理的苗高开始表现出差异,但差异不明显;接种后 4 个月,接种处理与未接种处理间的差异越来越明显;3 个处理的苗高生长曲线大小顺序是:处理 2 > 处理 1 > 处理 3。

由表 5 的方差分析结果可以看出,接种处理的苗高(除 H3)生长、地径、地下干质量和地上干质量在 $P = 0.01$ 水平上均表现出显著差异。而表 6 的多重分析结果亦可以看出,接种处理的红锥苗各生长指标都显著优于未接种处理对照苗。苗高生长指标显示,接种后 6、7、8 个月,3 个处理间均存在显著差异;接种后 9 个月,处理 2 和处理 1 与处理 3 之间存在显著差异。接种后 8 个月时,处理 1 和处理 2 的苗高生长分别比处理 3 增加 31.2% 和 49.1%。以上结果可以看出鳞盖红菇与红锥树种的接种非常明显,可能与 0005 菌株采集于红锥纯林有关,也可能鳞盖红菇是属于专化型菌种^[2]。

表 4 木荷接种两个红菇菌种不同阶段的苗高、地径和生物量均值 Duncan 多重比较

指标	0204	0005	CK	比对照增加(%)	
				0204	0005
H6(cm)	19.0 a	19.5 a	16.5 b	15.2	18.2
H7(cm)	20.9 a	21.4 a	17.1 b	22.2	25.1
H8(cm)	22.3 a	23.8 a	18.7 b	19.3	27.3
H9(cm)	24.5 ab	26.1 a	21.8 b	12.4	19.7
D9(cm)	0.39 a	0.40 a	0.37 a	5.4	8.1
W1(g)	0.988 a	1.164 a	0.824 a	19.9	40.8
W2(g)	2.864 a	3.080 a	1.960 a	46.1	57.1

注:同一行不同字母表示差异显著。

表 5 红锥苗高生长、地径及生物量方差分析

测定指标	平方和	均方	F 值	Pr > F
H1	46.998	23.499	5.39 **	0.0063
H2	40.920	20.485	6.01 **	0.0037
H3	95.367	47.668	2.31	0.1059
H4	2410.390	1205.195	13.34 ***	<0.0001
H5	3381.672	1690.836	14.63 ***	<0.0001
H6	3572.090	1786.45	16.44 ***	<0.0001
H7	4008.194	2004.097	13.82 ***	<0.0001
H8	543.924	2715.962	20.19 ***	<0.0001
H9	4188.801	2094.400	9.79 ***	0.0002
D9	0.226	0.113	14.51 ***	0.0002
W1	72.613	36.306	18.35 ***	<0.0001
W2	395.141	197.571	39.62 ***	<0.0001

注:1) H1 ~ H9 分别表示接种 1、2、3、4、5、6、7、8、9 个月后的苗高, D9 表示接种 9 个月后的地径, W1 和 W2 分别表示地上部分干物质和地下部分干物质;

2) 变异来源和自由度分别为菌种和 2(在表中省略);

3) ** 表示 $P = 0.01$ 水平上差异显著, *** 表示 $P = 0.001$ 水平上差异显著。

表6 红锥接种两个红菇菌种不同阶段的苗高、地径和生物量均值 Duncan 多重比较

指标	0204	0005	CK	比对照增加(%)	
				0204	0005
H6(cm)	46.1 a	51.5 a	35.9 b	28.4	43.5
H7(cm)	48.1 b	54.9 a	38.2 c	25.9	43.7
H8(cm)	52.1 b	59.2 a	39.7 c	31.2	49.1
H9(cm)	58.3 b	67.9 a	50.7 b	15.0	33.9
D9(cm)	0.68 a	0.67 a	0.49 b	38.8	36.7
W1(g)	4.363 a	4.470 a	1.270 b	243.3	252.0
W2(g)	11.013 a	11.621 a	3.636 b	202.9	219.6

2.3 两个红菇菌种接种黎蒴的苗期效果

由图3的苗高生长曲线可以看出,接种1个月后,接种处理苗木的苗高均明显优于未接种处理对照苗的苗高;接种后9个月,接种处理与未接种处理的苗高差异更为明显;其中苗高生长大小趋势是处理2 > 处理1 > 处理3。

从表7的方差分析结果可以看出,接种后1、2、9个月时的处理1、处理2的苗高生长与不接种处理3的苗高在 $P=0.01$ 水平上存在显著差异。接种后9个月接种处理的苗高、地径、地上部分干物质和地下部分干物质与不接种处理在 $P=0.5$ 水平上有差异。表8的多重分析与表7相同。在苗木生长后期根系穿透营养袋,造成根系之间的相互侵染,不接种处理苗木的根系亦有较高的感染率(表9)。

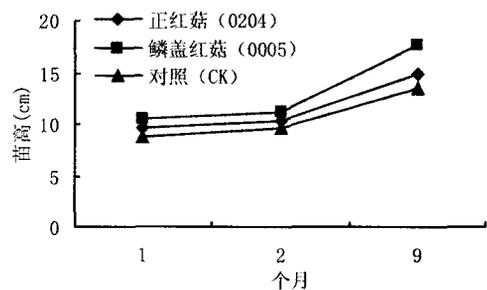


图3 黎蒴与红菇菌共生苗高生长比较

表7 黎蒴苗高生长、地径及生物量方差分析

测定指标	平方和	均方	F 值	Pr > F
H1	49.226	24.613	15.56**	<0.0001
H2	34.607	17.303	8.41**	0.0005
H9	273.776	136.888	7.31**	0.0012
D9	0.021	0.011	0.86*	0.4414
W1	4.238	2.119	1.30*	0.2968
W2	14.934	7.467	1.03*	0.3781

注:1)H1、H2、H9 分别表示接种1、2、9个月后的苗高,D9表示接种9个月后的地径,W1和W2分别表示地上部分干物质和地下部分干物质;

2)变异来源和自由度分别为菌种和2(在表中省略);

3)**表示 $P=0.01$ 水平上有差异,*表示 $P=0.5$ 水平上有差异。

表8 黎蒴接种两个红菇菌种不同阶段的苗高、地径和生物量均值 Duncan 多重比较

指标	0204	0005	CK	比对照增加(%)	
				0204	0005
H1	9.7 b	10.6 a	8.8 c	10.2	20.5
H2	10.4 b	11.2 a	9.7 b	7.2	15.5
H9	14.8 b	17.7 a	13.5 b	9.6	19.6
D9	0.49 a	0.43 a	0.43 a	14.0	0
W1	1.987 a	1.572 a	1.068 a	85.9	48.1
W2	5.021 a	3.686 a	3.394 a	47.9	8.6

2.4 三个试验树种对两个红菇菌的菌根依赖性

红锥和黎蒴的菌根感染强度均为最高级4级,木荷的菌根感染强度为一般;红锥的菌根依赖性MD大于300%属于较强,黎蒴和木荷的菌根依赖性均属于弱依赖性。

表9 红菇菌与木荷、红锥和黎蒴的侵染情况

单位:%

指标	木荷			红锥			黎蒴		
	0204	0005	CK	0204	0005	CK	0204	0005	CK
菌根感染率	33.0	29.0	2.5	100	100	5	84.0	82.6	17.4
菌根依赖性	138.5	152.6	100	313.4	307.5	100	156.9	117.8	100

3 结论与讨论

3.1 对试验采用的2个红菇菌种对3个乡土树种苗接种效应进行了统计分析,结果表明,2个红菇菌均能显著促进3个乡土树种的苗期生长。木荷接种90d后,开始显现出接种效果;接种180d后,接种处理的苗高明显优于未接种的苗高,差异显著($P=0.01$);红锥苗木接种能极显著促进红锥苗期的生长,接种30d后,差异水平在 $P=0.01$ 上显著;接种120d后,差异水平在 $P=0.001$ 水平上。黎蒴接种能显著促进黎蒴的苗期生长,接种30d后,呈显著性差异($P=0.01$)。

3.2 利用2个红菇菌种接种3个乡土树种,在苗高、地径、地下干质量和地上干质量等方面都优于未接种对照苗。接种270d后,接种木荷的苗高在 $P=0.1$ 水平差异显著,地径、地下干质量和地上干质量在 $P=0.5$ 有差异;接种红锥的苗高和地径在 $P=0.001$ 水平差异显著,地下干质量和地上干质量在 $P=0.0001$ 水平差异显著;接种黎蒴的苗高在 $P=0.01$ 水平差异显著,地径、地下干质量和地上干质量在 $P=0.5$ 水平差异显著。

3.3 多重比较分析结果表明,木荷和黎蒴接种红菇菌除苗高指标存在显著差异外,其它指标均差异不显著;红锥接种红菇菌的苗高、地径、地下干质量和地上干质量等各生长指标均存在显著差异,接种效果非常明显。

3.4 红锥和黎蒴对红菇菌的菌根感染强度均很强,可将这一研究结果应用在公益林改造项目中,利用鳞盖红菇和正红菇接种红锥和黎蒴苗木营造人工林,既可以促进树木的生长,又可以收获非木材林产品——珍稀菌根食用菌,提高林分的产值,在华南地区具有较大的发展空间和市场发展前景。

3.5 鳞盖红菇和正红菇与红锥和黎蒴的共生性都较高,与野外调查时红锥林和黎蒴林下的共生型大型真菌较丰富是一致的,也与红锥和黎蒴是外生菌根营养型树种相一致^[2],同时证明了珍稀共生型食用菌鳞盖红菇和正红菇与红锥和黎蒴的共生关系是非常密切的。

参考文献

- [1] 广东省林业局,广东省林学会. 广东省商品林100种优良树种栽培技术[M]. 广州:广东科技出版社,2003.
- [2] 弓明钦,陈应龙,仲崇禄. 菌根研究及应用[M]. 北京:中国林业出版社,1999.
- [3] 弓明钦,仲崇禄,陈羽,等. 菌根型食用菌及其半人工栽培[M]. 广州:广东科技出版社,2007.
- [4] Taiana Riviere, K. Natarajan, Bernard Dreyfus. Spatial distribution of ectomycorrhizal Basidiomycete *Russula* subsect. *Foetentinae* populations in a primary dipterocarp rainforest[J]. *Mycorrhiza*, 2006, 16(2): 143-148.
- [5] 卯晓岚. 中国经济真菌[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [6] 韦仕岩,莫天砚,刘斌. 广西浦北六万山锥林的红菇及其生态环境的调查研究[J]. 广西农业大学学报,1998, 17(1): 25-31.
- [7] 张振核. 正红菇的生长与生态环境的关系[J]. 福建林业科技,1995, 22(1): 27-30.
- [8] 许旭萍,李惠珍,黄德鑫. 红菇生态的研究[J]. 中国食用菌,2001, 20(2): 25-27.

- [9] 李海鹰,范嘉晔,王桂文,等. 广西浦北鳞盖红菇的形态与生态环境[J]. 广西科学,1995,2(5):33-35.
- [10] 李惠珍,许旭萍,谢华玲. 正红菇的麦角固醇及多糖提取法的研究[J]. 中国食用菌,1998,17(4):37-39.
- [11] 林富师. 德化县野生红菇资源的调查与思考[J]. 福建农业科技,2001(1):27.
- [12] 范嘉晔,李海鹰,周兴,等. 鳞盖红菇(*Russula lepida*)菌丝体对碳氮源的利用试验[J]. 广西科学,1996,3(2):46-47.
- [13] 姚晓华,莫天砚,刘斌. 正红菇菌丝液体培养及其与子实体成分分析[J]. 广西农业生物科学,1998,17(1):46-50.
- [14] 姚晓华,莫天砚,刘斌. 鳞盖红菇与正红菇成分分析及毒性实验[J]. 广西农业生物科学,1998,17(1):51-53.
- [15] 唐良华,刘祖煌,施巧琴,等. 维生素和植物生长调节剂对正红菇 HC416 生长的影响[J]. 福建师范大学学报:自然科学版,2001,17(3):84-87.
- [16] 涂育合,陈永聪,郑肇快. 正红菇依存森林的群落学特征[J]. 植物资源与环境学报,2001,10(2):26-30.
- [17] 秦岭,徐践,马萱,等. 板栗共生菌根真菌种类及其发生规律的研究[J]. 北京农学院学报,1995,10(1):72-76.
- [18] 黄福常,莫天砚,刘斌. 正红菇纯培养的营养生理研究[J]. 广西农业生物科学,1998,17(1):33-39.
- [19] 黄福常,莫天砚,刘斌. 环境因素对正红菇纯培养的影响及红菇菌剂制备研究[J]. 广西农业生物科学,1998,17(1):40-45.
- [20] 范俐. 福建省红菇的地理分布及其依存的植被类型[J]. 食用菌,2006,28(4):4-6.
- [21] 钱建新,陈仁毅,张惠兰. 正红菇的生长环境研究[J]. 福建林业科技,2003,30(4):52-54.
- [22] 李海鹰,王桂文,范嘉晔,等. 红菇与红锥形成的根共生体形态的描述[J]. 微生物学通报,2000(3):182-184.
- [23] Yu Liang, Liang-dong Guo, Ke-ping Ma. Genetic structure of a population of the ectomycorrhizal fungus *Russula vinosa* in subtropical woodlands in southwest China [J]. Mycorrhiza, 2004, 14(4): 235-240.
- [24] Ursula Eberhardt. Molecular kinship analyses of the agaricoid Russulaceae; Correspondence with mycorrhizal anatomy and sporocarp features in the genus *Russula* [J]. Mycological Progress, 2002, 1(2): 201-223.
- [25] 郭韶清,张勇,李国标,等. 黎蒴接种菌根菌研究[J]. 江西林业科技,2007(2):18-21.
- [26] 陈应龙,弓明钦,陈羽,等. 外生菌根菌接种对红锥生长及光合作用的影响[J]. 林业科学研究,2001,14(5):515-522.