林业科学研究 2006, 19(6): 756～760
Forest Research

文章编号: 1001-1498(2006)06-0756-05

桃棕苗期接种丛枝菌根菌效应研究*

周再知, 梁坤南, 马华明, 陈 羽, 林明平
(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520)

摘要: 以桃棕哥斯达黎加 San Carlos种源及 14152号家系幼苗为宿主, 开展接种丛枝菌根真菌 (地表球囊霉、苏格兰球囊霉和木薯球囊霉)的试验研究。结果表明: 参试的 3个丛枝菌根真菌均可在桃棕 San Carlos种源和 14152号家系上形成感染, 感染率 26.7%～50.0%, 感染指数 13.3～37.5。尽管形成了菌根感染, 但接种后 7个月时, 对桃棕 San Carlos种源和 14152号家系的地上部分的生长均未产生显著的影响; 菌根接种对 14152号家系根系的生长产生显著的促进作用 ($P<0.05$)。木薯球囊霉 G3008菌株接种处理下, 14152号家系幼苗根系生物量和主根长分别比不接种 (对照) 提高了 80.0%和 51.4%。3个丛枝菌根菌中, 木薯球囊霉 G3008菌株对桃棕家系苗期根系发育有较好的效果。

关键词: 桃棕; 幼苗; 丛枝菌根真菌; 接种效应
中图分类号: S718.81 **文献标识码**: A

Effects of Inoculation with Three Arbuscular Mycorrhizal Fungal on the Growth of Peach Palm Seedlings

ZHOU Zai-zhi, LIANG Kun-nan, MA Hua-ming, CHEN Yu, LIN Ming-ping
(Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China)

Abstract: Peach palm seedlings coming from seeds of San Carlos provenance and family 14152 of Costa Rica were cultivated at a nursery in South China. A experiment by employing randomized block design with the two progenies was undertaken to test the infection rate and inoculation efficacy by artificially inoculated with three arbuscular mychorrhizal fungus (AFM): *Glomus versiforme, G. caledonium and G. manihotis*. Results indicated that the three AMF treatments were capable of colonizing root system of the two progenies' seedlings to form ectomycorrhizal association after inoculation. The infection rate was 26.7%～50.0%, infection index 13.3～37.5. There was no evident effect on the above growth of the two progenies 7 months after inoculation even though infected. However, a positive response of the growth in root system of family 14152 of San Carlos provenance was identified after inoculation ($P<0.05$). Compared with un-inoculated treatment (the control), the below-ground biomass and the length of main root of 14152 inoculated with isolate of *G. manihotis*, G3008, was enhanced by 80.0% and 51.4% respectively. G3008 isolate was the most efficient colonizer among the tested three isolates for root growth of seedlings of 14152 of San Carlos provenance.

Key words: *Bactris gasipae*; peach palm; seedling; arbuscular mycorrhizal fungi; inoculation efficacy

桃棕 (*Bactris gasipaes* Kunth), 棕榈科刺棒棕属, 多茎、多用途植物, 为新热带植物区唯一驯化和适宜现代农业发展的棕榈[1], 在哥伦布发现美洲大陆以前已被驯化和广泛种植[2]。从玻利维亚中部到洪都

收稿日期: 2006-04-28
基金项目: 国家林业局'948'项目 (2002-28)
作者简介: 周再知 (1963—), 女, 黑龙江伊春人, 研究员, 在职博士生.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

拉斯东北部,从亚马逊河河口和法属圭亚那沿厄瓜多尔和哥伦比亚的太平洋海岸到中美洲及北部的墨西哥和加勒比海岸诸岛均有分布[3]。桃棕是世界棕榈科植物中具重要经济价值的 5种完全驯化种 (椰子、海枣、非洲油棕、槟榔和桃棕)之一,具食用、观赏等多种价值。棕果是南美洲,特别是亚马逊流域居民传统、重要的主食,富含淀粉、油脂和其它营养物质。棕心,一种高级美味蔬菜,可鲜食或加工成罐制品,为当地出口创汇产品,主要供应欧美等发达国家市场。桃棕除具上述两种重要用途外,根可制药 (杀肠虫),茎可制弓、箭、鱼杆、鱼叉、地板材、工艺品,雄花可制调味品,叶可盖屋或编织等。随世界对具开发潜力的新作物的关注,桃棕的经济、营养、学术和科研价值得到国际社会特别是南美洲国家的普遍重视[4]。作为一种外来的热带多用途棕榈,国内对其研究起步较晚,初步开展了引种和生长性状观测研究[5,6]。

菌根是由菌根真菌与植物营养根形成的共生体[7],这种共生关系可提高植物对土壤水分、磷素及其它矿质养分的空间利用率[8,9]。桃棕为菌根依赖性植物[10],对桃棕施肥试验林自然感染 AM菌根研究表明,不同施肥处理均受到不同程度的感染,AM菌根可显著的增加桃棕根生物量和土壤有机质含量[11];菌根菌可促进桃棕的生长,提高干物质的积累,贫瘠的土壤条件,则更加有效[12,13]。在桃棕苗期菌根菌人工接种研究上,仅巴西科学家 Clement和 Habte于 1995年开展了初步研究,他们采用内生菌根真菌聚合球囊霉 (*Glomus aggregatum* Schenck & Smith),在 3个土壤磷肥水平下,对来自亚马逊流域和中美洲 3个地理种源的桃棕幼苗进行接种和菌根依赖性测定研究[14],而对其它地理种源、家系及其它菌根真菌的接种测试尚未见报道。为探索不同地理种源,特别是家系对不同内生菌根菌的接种效应,筛选优良菌种或菌株,探索桃棕优质幼苗培育技术,促进其在国内的培育进程和提高造林成活率,本文对来自哥斯达黎加 San Carlos种源和 14152号家系幼苗进行了 3种 AM菌根菌人工接种盆栽试验研究。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

试验于 2004年 9月至 2005年 4月在海南省尖峰岭热带林业研究所试验站的苗圃内进行。该地年平均气温 19.7～24.5 ℃,年平均降水量 1 600～2 600 mm,年平均相对湿度 88%。

1.2　试验材料

1.2.1　参试植物　参试桃棕为哥斯达黎加热带农业研究与高教中心 (ACTIE)提供的源于哥斯达黎加 San Carlos种源和 San Carlos种源 14152号家系,种子经消毒处理后播种于已消毒的沙床内,待长至 8 cm高时,挑选生长势及高度一致的幼苗供试。

1.2.2　参试菌种　试验采用 3种 AM真菌菌种,分别为地表球囊霉 (*Glomus versiforme* (Karsten) Berch) G9004菌株,苏格兰球囊霉 (*Glomus caledonium* (Nicol & Gerd.) Trappe & Gerd) G90068菌株,木薯球囊霉 (*Glomus manihotis* Howeler et al.) G3008菌株。菌剂由中国林业科学研究院热带林业研究所菌根课题组提供。

1.2.3　试验基质　试验基质为经高温消毒的混合基质,基质配比为:河沙∶泥炭∶蛭石 =3∶2∶1。

1.3　试验与分析方法

1.3.1　接种方法　菌剂为内含内生菌根菌的苞子和菌丝的营养土及一些植物残屑的混合物。先将试验基质装入营养杯 (12 cm ×12 cm)中,然后在基质中挖一小坑,将约 15 g菌剂放入坑内。把苗床上选出的幼苗移入,使菌根菌与植物根部充分接触后用无菌基质覆盖。

1.3.2　试验设计　试验采用随机区组设计,用 3个 AM菌株分别对桃棕 San Carlos种源和 14152号家系进行接种处理,不接种为对照。每个处理接种 10株幼苗,3次重复。试验幼苗按试验设计方案排列,按照常规育苗方法进行水、肥管理。

1.3.3　生长指标测定　幼苗接种后,每月测定 1次苗高和地径。接种后 7个月时,收获试验苗,测定其苗高、地径,地上和根系生物量,主根系长度和菌根感染指标。

菌根感染率 =菌根感染根段数/检查根段数 ×100%。

菌根感染指数 = [$\sum$(菌根感染级 ×感染根段数)/(感染最高级 ×总根段数)] ×100。

菌根感染分级标准:

0级 ——根系无感染或感染率在 1%以下;

1级 ——感染根段在 1%～10%;

2级 ——感染根段在 11%～30%;

3级 ——感染根段在 31%～50%;

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

4级 ——感染根段在 50%以上。

1.3.4 数据分析 试验数据采用 Genstat 7.0数据处理软件进行方差分析,采用 Duncan法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 桃棕幼苗接种 AM菌效果

桃棕幼苗接种 AM菌后 7个月的观测结果 (表 1)表明:参试的 3个 AM菌株均可在桃棕 San Carlos种源和 14152号家系上形成感染,感染率为 26.7%～50.0%,感染指数为 13.3～37.5。3个菌株中,感染率和感染指数最高的是 G9004菌株,最低的是 G90068菌株。因幼苗有部分穿根发生,使不接种 (CK)的桃棕幼苗处理有少部分感染,这充分说明桃棕与 AM菌之间有较好的亲合力。

表 1 接种后 7个月时桃棕幼苗感染指标

桃棕	接种处理	感染率 /%	感染指数	感染强度级
家系	G9004	50.0	37.5	3
	G90068	26.7	13.3	2
	G3008	47.7	35.0	3
	CK	3.3	0.8	1
种源	G9004	36.7	27.5	3
	G90068	36.7	27.5	3
	G3008	43.3	32.5	3
	CK	33.3	25.0	3

2.2 菌根菌接种对桃棕幼苗生长的影响

对桃棕 San Carlos种源试验数据的方差分析表明,尽管所接种的 3个菌株对桃棕种源均形成感染,但接种处理 7个月时,种源幼苗的苗高、地径和生物量生长无论是在接种处理之间,还是在接种与不接种之间,均未达显著差异 ($P>0.1$);而桃棕 14152号家系的情况与种源有不同之处,故以下着重对桃棕 14152号家系试验幼苗高及地径生长过程、幼苗根系生物量进行分析。

2.2.1 幼苗高生长 桃棕家系幼苗移入营养杯后,高生长加快,特别是在 2个月时,苗高是移苗前的 2倍,是移苗 1个月时的 1.7～1.9倍 (表 2)。尽管幼苗高生长在不断增加 (图 1),但 3个月后高生长速度相对减慢,特别是在第 7个月时,尤为明显,这主要是由冬季的低温所致。桃棕家系 7个月苗高生长的方差分析 (表 3)表明,所测试的菌根菌接种对桃棕幼苗高生长的影响差异不显著 ($P>0.1$)。

表 2 不同处理桃棕家系幼苗高生长的月变化 cm

接种处理	接种后月数 /月						
	1	2	3	4	5	6	7
G9004	9.9	16.9	22.1	30.8	32.9	39.3	41.3
G90068	8.0	15.4	17.0	29.0	33.3	42.4	44.9
G3008	10.2	17.4	22.7	30.5	34.2	45.4	45.9
CK	9.0	17.5	19.5	31.4	34.9	44.6	45.3

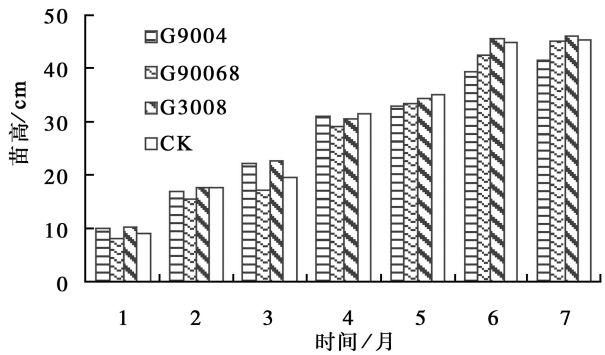

图 1 桃棕家系幼苗高生长过程

表 3 接种后 7个月桃棕家系幼苗生长性状的方差分析

性状	变异来源	自由度	平方和	均方	F值	概率 p值
苗高	菌种	3	0.014 3	0.004 7	1.20	0.315
	重复	2	0.026 0	0.013 0	3.27	
	误差	114	0.454 1	0.003 9		
	总和	119	0.494 4			
地径	菌种	3	0.141 6	0.047 2	1.14	0.335
	重复	2	0.066 8	0.033 4	0.81	
	误差	114	4.711 8	0.041 3		
	总和	119	4.920 1			
根系生物量	菌种	3	54.729	18.243	4.04	0.020**
	重复	2	7.227	3.613	0.8	
	误差	22	99.373	4.517		
	总和	27	140.295			
主根长	菌种	3	342.41	114.14	3.20	0.037**
	重复	2	16.03	8.02	0.22	
	误差	30	1 069.06	35.64		
	总和	35	1 427.51			

注: ** $P<0.05$,差异显著。

2.2.2 幼苗地径生长 桃棕家系幼苗地径生长相对缓慢,月均生长量在 0.06～0.35 cm (表 4)。7个月地径生长的方差分析 (表 3)表明,菌根菌接种对桃棕家系幼苗地径生长影响不显著 ($P>0.1$)。

2.2.3 幼苗根系生长 接种后 7个月时对试验幼苗根系生长进行的测定及分析表明,与地上部分生长相比,桃棕 14152号家系地下部分的生长情况明显不同。根系生物量和主根生长方差分析结果 (表 3)表明,菌根菌接种处理间在桃棕 14152号家系根

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

系生物量和主根生长上差异显著 ($P < 0.05$);多重比较结果 (表 5)表明, G3008菌株接种处理与对照间有显著的差异,幼苗的根系生物量和主根长分别比对照提高了 80.0%和 51.4%; G90068和 G9004菌株接种处理与对照间在根系生物量和主根生长上尽管差异未达显著水平,但接种处理促进了桃棕家系幼苗根系的生长,幼苗的根系生物量分别比对照提高了 2.4%和 23.3%,主根长分别提高了 13.3%和 19.2%。

表 4　不同处理桃棕家系幼苗地径生长月变化　　cm

接种处理	接种后月数 /月						
	1	2	3	4	5	6	7
G9004	-	0.64	0.75	1.10	1.16	1.36	1.47
G90068	-	0.60	0.86	1.13	1.21	1.37	1.45
G3008	-	0.66	0.96	1.22	1.34	1.55	1.62
CK	-	0.69	0.95	1.17	1.29	1.43	1.49

表 5　桃棕家系幼苗根系生物量及主根长 Duncan多重比较

接种处理	根系		主根	
	生物量 /(g·株$^{-1}$)	比对照增加 /%	根长 /cm	比对照增加 /%
CK	3.557 a		16.33 a	
G90068	3.663 a	2.4	18.50 a	13.3
G9004	4.386 a	23.3	19.46 ab	19.2
G3008	6.619 b	80.0	24.72 b	51.4

注:同一列字母相同者,表明差异不显著

3　结论与讨论

(1)参试的 G90068、G9004和 G3008菌株,在接种后 7个月时,均可在桃棕 San Carlos种源和 14152号家系上形成感染,感染率为 26.7%～50.0%,感染指数 13.3～37.5,感染强度 2～3级。试验证实了 AM菌能与桃棕根系形成共生关系,也表明桃棕与参试的 3种 AM菌之间有一定的亲合力。

(2)桃棕 San Carlos种源接种试验的统计分析结果表明: G90068、G9004和 G3008菌株接种 7个月时,尽管在幼苗的根系上形成了感染,但对苗高、地径和根系生长均未产生显著影响,表明桃棕 San Carlos种源对所接种菌株的菌根有较低的依赖程度。

(3)桃棕 14152号家系接种试验表明: G90068、G9004和 G3008菌株接种后 7个月时,幼苗的高、地径生长与对照间均无显著差异;在根系生物量和主根生长指标上存在显著差异,其中 G3008菌株接种处理的幼苗根系生物量和主根长分别比对照提高了 80.0%和 51.4%,效果显著;其它两个接种处理尽管没有显著地增加根系的生物量,但促进主根生长趋势较明显。 G90068、G9004和 G3008菌株接种对桃棕种源和 14152号家系幼苗地上部分生长影响不显著,这可能与接种时间短及营养首先被根系吸收利用有关。 Janos在哥斯达黎加所作的研究表明,未感染 AM菌根的桃棕造林 1年后多数死亡,而感染菌根菌的幼苗高生长同期达到 30 cm[12]。桃棕 14152号家系接种 G3008、G9004和 G90068菌株 7个月后,其效果主要表现在促进根系生长上,这对提高幼苗造林成活率有潜在的积极作用。接种试验处理的幼苗造林后对其地上部分生长是否产生显著影响,这一影响是否与接种时间长短及其它因素有关,有待后续试验进一步检验与证实。

(4)桃棕 14152号家系菌根菌接种试验结果进一步表明,桃棕 San Carlos种源对所接种的 3个菌株的菌根有较低依赖程度,主要是因家系间差异所致,即基因型的差异所致,这与巴西科学家 Clement等[14]对来自亚马逊和中美洲 3个桃棕地理种源接种聚合球囊霉菌根菌的研究结果相符。对桃棕而言,研究不同家系、不同基因型的菌根依赖程度和菌根菌接种效应比研究种源的更具理论和实际意义。

(5)桃棕幼苗接种试验中,不接种 (对照)处理出现的穿根现象是导致菌根菌感染的主要原因。由此可见,营养杯的高度也是影响桃棕菌根菌接种效果不可忽视的因素。容器规格对幼苗根系及地上部分的生长发育有直接或间接的影响,尤其是对那些根系发育较快、根长及发达的幼苗。在桃棕幼苗育苗上,巴西等国普遍采用规格为 20 cm (直径) ×30 cm (高度)的营养杯。营养杯规格,特别是杯的高度对桃棕菌根菌接种效果的影响值得深入研究。

参考文献:

[1] Clement C R, Manshardt R M, Defrank J, *et al*. Introduction and evaluation of pejibaye (*Bactris gasipaes*) for palm heart production in Hawaii[A]. In: Janick J, Simon J E. New Crops[M]. Wiley, New York, 1993: 465～472

[2] Clement C R. Domestication of the peijbaye palm (*Bactris gasipaess*): past and present[J]. Advances in Economic Botany, 1988, 6: 155～174

[3] Mora U J, Weber J C, Clement C R. Peach Palm (*Bactris gasipaes* Kunth.) Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops, 20[R]. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research-IPK, Gatersleben and International Plant Genetic Resources Institute-IPGRI, Roma, 1997: 7～10

[4] Clement C R, Arkcoll D B. The pejibaye palm: economic potential

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

and research priorities[A]. In: Wickens G E, Haq N, Day P. New Crops for Food and Industry[M]. Chapman & Hall, London, 1989: 304～322

[5] 庄馥萃. 棕榈科第四大植物 ——桃棕的开发利用 [J]. 热带作物科技, 1999(6): 12～15

[6] 胡建湘, 邱国民. 值得引种的棕榈植物 ——桃棕 [J]. 福建热作科技, 2001, 26(3): 41～43

[7] 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: 1～21

[8] 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, 1997: 51～60

[9] Mikola P. Tropical Mycorrhizal Research [M]. Oxford: Clarendon Press, 1980: 13～25

[10] Sudo A, Silva E M E, Bovi M L A, *et al* Produção de mudas de pupunheira colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares [J]. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 1996, 20: 529～532

[11] Bovi M L A, Tucci M L S, Spiering S H, *et al* Biomass Accumulation and Arbuscular Mycorrhizal Colonization in Pejibaye (*Bactris Gasipaes* Kunth) as a Function of NPK Fertilization[A]. Proceedings of the XXV International Horticultural Congress, Part 3: Culture Techniques with Special Emphasis on Environmental Implications, Disease, Pest Control and Integrated Pest Strategies [C]. Brussels, Belgium, 1998: 2～7 August

[12] Janos D P. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae Afffect the Growth of *Bactris gasipaes*[J]. Principes, 1997, 21: 12～18

[13] Marschner H. Mineral nutrient acquisition in non-mycorrhizal and mycorrhizal plants[J]. Phyton-annales Rei Botanicae, 1996, 36: 61～68

[14] Clement C R, Habte M. Genotypic Variation in Vescular-Arbuscular Mycorrhizal Dependence of the Pejibaye Palm [J]. Journal of Plant Nutrition, 1995, 18: 1907～1916

《林业实用技术》征订征稿启事

《林业实用技术》(原《林业科技通讯》)是中国林业科学研究院科技信息研究所编辑出版的综合性林业科技期刊,被国家新闻出版署评选为期刊方阵"双效"科技期刊,被《中国核心期刊(遴选)数据库》、《中国期刊全文数据库》全文收录,被评为中文核心科技期刊,并编入《中文核心期刊要目总览》2004年版。本刊在林业行业中影响力大,知名度高,发行量在同类期刊中名列前茅。是广大科研单位、大专院校、林业局的科技推广和生产企事业单位科技人员、干部、林农的交流平台、信息源泉和致富向导。

主要栏目:科技园地、专家论坛、栽培技术、育苗技术、森林保护、多种经营、园林绿化、名优特新、市场信息、机械与设备、企事业之窗、科技推广、森林旅游及森林公园与自然保护区等,并可根据内容随时调整。

本刊以"科技创新"为主题,着重挑选、优先录用具有自主创新、自主知识产权,国家、省级基金项目,国家、省级重点攻关项目的科技论文、科技成果、新技术研究、新产品研制和专利等方面的科技论文、简报。

所投稿件字迹清晰,数据准确,论文字数 4 000字以内,图表不超过 4个,参考文献著录准确,文责自负。文中单位采用《中华人民共和国法定计量单位》。本刊原则上只接收电子(Word)文稿,务必写清作者单位、地址、邮编及电话,否则难以录用。待稿时间 6个月,文章发表后本刊均给第一作者寄送样本 1份,多要可与编辑部联系,办理邮购。

请通过邮局订阅。订价:4.5元/本,全年 12期:54元。邮发代号:2-604,国外发行代号:M277。联系地址:北京颐和园后中国林科院科信所《林业实用技术》编辑部(100091)

电话/传真:010-62889740

电子信箱:aft@forestry.ac.cn

开户名称:中国林业科学研究院林业科技信息研究所

开户银行:中国农业银行海淀支行营业部

账号:11050101040034436

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net