

接种外生菌根菌对无籽刺梨生长和碳、氮、磷分布的影响

张 珍 明¹, 贺 红 早¹, 张 家 春², 李 青¹, 刘 盈 盈¹

(1. 贵州省生物研究所, 贵州 贵阳 550009; 2. 贵州省植物园, 贵州 贵阳 550001)

摘 要:为探究外生菌根真菌对无籽刺梨生长发育和营养物质吸收的影响, 寻求一种最佳的无籽刺梨栽培技术, 研究了不同外生菌根菌对无籽刺梨的株高、地径、生物量、不同部位的碳、氮、磷分布的影响。结果表明: 接种外生菌对无籽刺梨的株高、地径生长有促进作用, 其中鸡油菌和紫色马勃菌一起使用对无籽刺梨的生长促进最明显, 2 种外生菌根菌相互协调, 共同促进无籽刺梨扦插后的生长与发育; 鸡油菌+紫色马勃菌的总生物量最大, 单独接种鸡油菌的总生物量次之, 对照组的总生物量最小, 从不同部位生物量表现为茎>枝>叶>根; 接种菌根菌对无籽刺梨的根、茎、叶中养分 C、N、P 的含量均比对照组明显提高, 叶片是 C、N、P 的积累中心, 外生菌根菌处理显著提高无籽刺梨根部的 N:P、C:P, 对无籽刺梨茎部 C:N 有降低作用。

关键词:外生菌根菌; 生长; 碳、氮、磷; 分布; 无籽刺梨

中图分类号:S 153.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)04-0151-04

无籽刺梨(*Rosa sterilis*)属蔷薇科多年生落叶攀缘性灌木, 高 4~6 m, 生长强旺^[1], 为贵州特有种。成熟果暗橙黄色, 果面皮刺基本脱落, 种子败育, 故名无籽刺梨。无籽刺梨栽植 3 年开始挂果, 果实清香爽口, 酸甜适度, 维生素 C 含量特别丰富, 并含多种矿物营养元素, 被誉为“新山珍”, 而且具有多种医疗保健作用, 鲜食加工均宜^[2]。无籽刺梨的药用价值高, 花、果、籽皆可入药, 有健胃消食、滋补、止泻等功效。成熟的刺梨果肉肥厚、味酸甜、富含超氧化物歧化酶(SOD), 维生素含量极高, 是加工保健食品的上等原料^[3]。

菌根是土壤中真菌与植物根系形成的互惠共生体, 外生菌根真菌在生物学、生态系统稳定、生态安全、环境

修复等方面表现出巨大的研究潜力, 其应用价值愈发引起人们的关注^[4-6]。有研究表明外生菌根能够提高幼苗成活率、促进苗木的生长、促进宿主植物根系对水分与养分的吸收^[9-10]。孙民琴等^[11]、朱教君等^[12]研究了种外生菌根真菌对马尾松、黑松和湿地松出苗和生长的影响, 表明播种时接种外生菌根菌可提高种子的出苗率, 使出苗时间提前, 并且菌根菌能显著提高松苗的苗高、地径、侧根数和干重。尽管前人对外生菌根菌的促进作用已有研究, 但针对菌根菌促进营养物质吸收机理仍然不十分清楚, 加之所使用的菌根种类非常有限, 引进的外来菌根真菌的适应性等方面的原因不确定, 为此, 该研究从促进植物的生长、发育和养分利用出发, 探究不同外生菌根真菌对无籽刺梨生长与营养物质吸收的影响, 寻求一种最佳的繁殖技术, 培育丰产高质的无籽刺梨, 为大批量优质高产无籽刺梨苗木的培育提供技术指导, 进一步推动贵州省无籽刺梨种植业的发展。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

根据贵州无籽刺梨生长的实际情况, 兼顾土壤类型、树体年龄与长势均相同的特点, 选择安顺市西秀区双堡镇为无籽刺梨种植基地为试验地。西秀区位于贵州中部腹地, 云贵高原东坡, 东经 105°49'~106°21'、北纬 22°56'~26°26', 海拔高度 1 100~1 400 m。西秀区属北亚热带季风湿润型气候, 极端最高温为 34.3℃, 极

第一作者简介:张珍明(1986-), 男, 博士研究生, 助理研究员, 现主要从事土壤化学与生态学等研究工作。E-mail: zhang6653579@163.com.

责任作者:刘盈盈(1979-), 女, 硕士, 副研究员, 现主要从事苗木培育与生物技术等研究工作。E-mail: 229312608@qq.com.

基金项目:贵州省基金资助项目(黔科合 SY 字[2012]2244); 贵州省省院合作资助项目(黔科合院地合[2013]7002); 贵州省社发攻关资助项目(黔科合 SY[2013]3152 号); 贵州科学院创新基金资助项目(黔科院 J 合字[2013]04 号); 贵州省科技厅社发攻关资助项目(黔科合 SY 字[2013]3157 号); 贵州省科技厅国际省校区域合作协议资助项目(黔科合省院合[2014]7002 号)。

收稿日期:2015-09-24

端最低温为-7.6℃,年平均气温 13.2~15.0℃。四季分明,全年平均降雨量 968~1 309 mm,雨量较为充

沛。无霜期较长,适宜无籽刺梨的生长。地带性土壤黄壤,种植基地主要土壤化学性质见表 1。

表 1

研究区域土壤主要化学性质

Table 1

Main chemical properties of soil in the study area

土壤层次 Soil level	土壤化学性质 Soil chemical properties							
	pH 值 pH	有机质 Organic matter	碱解氮 Alkaline hydrolysis nitrogen	有效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium	全氮 Total nitrogen	全磷 Total phosphorus	全钾 Total potassium
	value	/(g·kg ⁻¹)	/(mg·kg ⁻¹)	/(mg·kg ⁻¹)	/(mg·kg ⁻¹)	/(g·kg ⁻¹)	/(g·kg ⁻¹)	/(g·kg ⁻¹)
A 层 A layer (0~20 cm)	4.76	35.37	45.42	3.87	65.00	0.77	0.41	8.02
B 层 B layer (20~40 cm)	4.69	26.09	37.25	3.18	59.00	0.56	0.30	6.50

1.2 试验材料

供试菌种为紫色马勃(*Calvatia uiacina*)和鸡油菌(*Cantharellus cibarius* Fr.)外生菌根菌,从无籽刺梨主产区采集健康子实体,在实验室进行分离纯化获得母种,再经扩大繁殖获菌丝体菌种,具体接种菌种菌株浓度见表 2。

表 2

供试菌种及处理

Table 2 Experimental spawn and treatment

处理水平 Treatment level	因素 Factor	
	A 鸡油菌液体菌种 Chantarelle liquid spawn/g	B 紫色马勃菌液体菌种 Purple puffball liquid spawn/g
1	0	0
2	50	50
3	100	0
4	0	100

1.3 试验方法

于春季萌芽前(2014 年 1 月)采集 1 年生无籽刺梨硬枝,切成 5~8 cm 小段,浸入 800~1 000 mg/kg ABT 生根粉溶液 30 s,然后轻轻插入育苗基地中。苗木在移栽到试验样地时进行外生菌根菌接种,接种方法见文献[13],具体接种菌种见表 2。苗木每周施液体肥 1 次。接种前用显微镜检查苗木根系,接种苗木 100%观察到菌根,对照组没有菌根。

移栽 30 d 后,将 3 kg 复合肥溶于 100 kg 水中,浇在插穗基部;60 d 后,揭开遮阳网,将 3 kg 复合肥溶于 100 kg 水中,浇在插穗基部。每小区设置 3 个 1 m² 的小样方,等扦插完成后 1.5 年采集无籽刺梨的不同部位的植株样品。取样带回实验室烘干,并进行植株化学成分测试。

1.4 项目测定

地径、株高及生物量的测定:于扦插完成后 2 个月开始(2014 年 2、4、6、8、10、12 月)使用直尺及电子游标卡尺分别测定无籽刺梨株高生长、地径变化,扦插完成 1.5 年后,每个处理随机抽取 10 株测定扦插成活后无籽刺梨生物量(根、茎、枝、叶等部位)。

土壤 pH 值为电极电位法(土水比 1.0:2.5);有机质、有机碳含量采用高温外加热重铬酸钾氧化-容量法测定;全氮含量采用开氏法测定;碱解氮含量采用碱解扩

散法测定;全磷含量采用酸溶-钼锑抗比色法测定;有效磷含量采用盐酸-氟化氨提取-钼锑抗比色法测定;全钾含量采用氢氟酸高氯酸消煮-火焰分光光度法测定;速效钾含量采用乙酸铵浸提-火焰光度法^[14]测定。

2 结果与分析

2.1 接种菌根菌对无籽刺梨生长的影响

由图 1 可知,接种外生菌对无籽刺梨的生长有促进作用,扦插完成后的第 6 个月,无籽刺梨株高开始生长,其中对照组的株高变化最小,为 10 cm,鸡油菌和紫色马勃菌一起使用对株高促进最大,为 20 cm,为对照处理的 2 倍,单独使用鸡油菌和马勃菌对株高变化影响的差异不大;6—10 月无籽刺梨均随着时间的增长,株高呈明显增长的趋势,使用外生菌根菌的株高的增加明显大于对照组,而鸡油菌和紫色马勃菌一起使用对株高促进最大,变化了 66 cm;10—12 月无籽刺梨株高不变,表明无籽刺梨进入休眠期,生长停止。从总体趋势来看,鸡油菌和紫色马勃菌一起使用时株高生长最快,与其它处理差异明显;单独使用鸡油菌和马勃菌对无籽刺梨株高影响次之,但 2 个处理间差异不明显;对照处理的株高生长较慢。表明外生菌根菌处理对无籽刺梨株高生长具有明显促进作用,与弓明钦等^[15]研究 AM 菌接种对桉树幼苗苗高生长的促进作用一致。

由图 2 可知,外生菌根真菌对无籽刺梨生长均产生显著影响,接种外生菌对无籽刺梨的地径生长效果最明

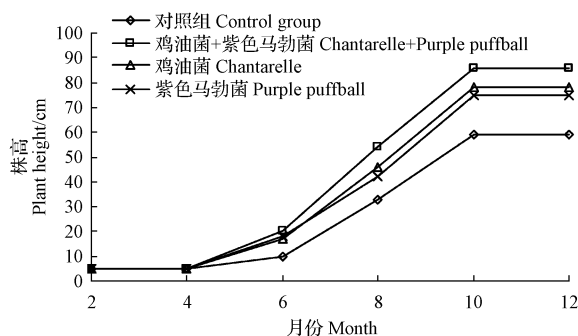


图 1 不同外生菌根菌对无籽刺梨株高的影响

Fig. 1 Effect of different ectomycorrhizal fungi height of *Rosa sterilis*

显,2—8月无籽刺梨均随着时间的增长地径都呈现增长的趋势,使用外生菌根菌对地径的增加明显大于对照组,而其它3组处理对地径的影响不大;10—12月地径变化大小为:鸡油菌+紫色马勃菌>鸡油菌>紫色马勃菌>对照处理。从总体趋势来看,鸡油菌和紫色马勃菌混合使用时对无籽刺梨的地径影响最大,外生菌根菌处理对无籽刺梨地径生长具有明显促进作用,与张文泉等^[16]研究外生菌根促进苗木的苗高、地径生长的结果一致。

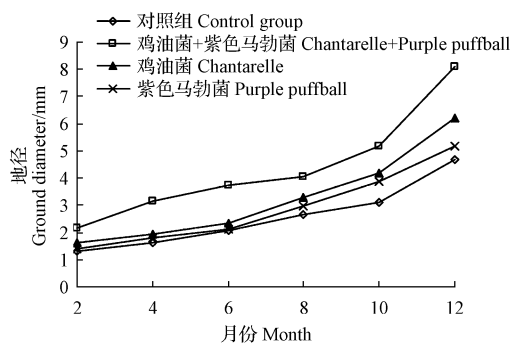


图2 不同外生菌根菌对无籽刺梨地径的影响

Fig. 2 Effect of different ectomycorrhizal fungi on diameter of *Rosa sterilis*

2.2 接种菌根菌对无籽刺梨生物量的影响

由图3可知,各处理间差异显著,鸡油菌+紫色马勃菌的生物量最大,总计为868 g,单独接种鸡油菌的总生物量次之(661 g),对照组的总生物量最小,为479 g,鸡油菌+紫色马勃菌的生物量的根、茎、枝、叶生物量分别为56、479、198、135 g,均比其它处理生物量高,表明鸡油菌+紫色马勃菌的生物量能很好地促进无籽刺梨根的分化与生长,从而促进植株整体的生长,因而表现出较高的生物量积累。从不同部位生物量来看,茎>枝>叶>根。

表3 无籽刺梨不同部位的碳、氮、磷含量

Table 3 Content of the carbon, nitrogen, phosphorus in different parts of *Rosa sterilis* g/kg

不同处理 Different treatment	有机碳含量 Organic matter content			全氮含量 Total nitrogen content			全磷含量 Total phosphorus content		
	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf
对照组 Control group	212.57c	330.62c	342.08c	9.31c	10.35c	14.21c	3.06c	2.73c	3.24c
鸡油菌+紫色马勃菌 Chantarelle+Purple puffball	292.57a	350.62a	362.08a	11.21a	12.35b	16.21a	6.73a	5.68a	7.35a
鸡油菌 Chantarelle	288.11b	345.11ab	355.18ab	10.09b	11.19b	15.78b	4.68b	4.09b	5.65b
紫色马勃菌 Purple puffball	284.64b	340.64b	350.82ab	9.84c	10.78c	15.08b	4.03b	3.42bc	5.21b

注:不同小写字母表示不同处理之间差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between different treatments ($P<0.05$). The same below.

表4 无籽刺梨不同部位的化学计量之比

Table 4 Stoichiometric ratio in different parts of *Rosa sterilis*

不同处理 Different treatment	C : N			N : P			C : P		
	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf
对照组 Control group	22.83c	31.94a	24.07a	3.04a	3.79a	4.38a	69.46a	121.10a	105.58a
鸡油菌+紫色马勃菌 Chantarelle+Purple puffball	26.09b	28.39c	22.33c	1.66c	2.17c	2.20bc	43.47b	61.72c	49.26c
鸡油菌 Chantarelle	28.55a	30.84ab	22.50c	2.15b	2.73b	2.79b	61.56ab	84.37bc	62.86b
紫色马勃菌 Purple puffball	28.92a	31.59a	23.26b	2.44b	3.15ab	2.89b	70.63a	99.60b	67.33b

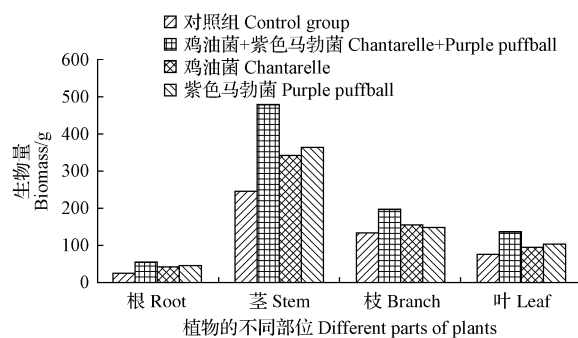


图3 不同外生菌根菌对无籽刺梨生物量的影响

Fig. 3 Effect of different ectomycorrhizal fungi on biomass of *Rosa sterilis*

2.3 菌根菌对无籽刺梨碳、氮、磷含量的影响

由表3可知,与对照组比较,接种菌根菌对无籽刺梨的根、茎、叶中养分C、N、P的含量均比对照组明显提高,且不同植物部位的提高含量有差异。C、N含量表现为叶部>茎部>根部,P含量表现为叶部>根部>茎部,表明叶片是C、N、P的积累中心。方差分析表明不同菌根菌处理间无籽刺梨幼苗根、茎、叶中C、N、P含量存在显著差异($P<0.05$),外生菌根菌的存在,增加了其宿主植物根系的养分吸收面积,从而为宿主提供更多的养分,而不同养分在植物的不同部分富集有差异,最终导致菌根菌接种增加碳、氮、磷在无籽刺梨的不同部位的分布,这与前人的研究外生菌根菌促进植物对养分的吸收的效果是一致的^[17]。

2.4 菌根菌对无籽刺梨碳、氮、磷计量比的影响

由表4可知,与对照组比较,接种菌根菌对无籽刺梨的根、茎、叶中C:N、N:P、C:P影响显著($P<0.05$)。C:N表现为茎部>根部>叶部,N:P表现为叶部>茎部>根部。方差分析表明外生菌根菌处理对

无籽刺梨根部的 N : P、C : P 具有显著差异 ($P < 0.05$),但是使无籽刺梨茎部 C : N 降低。

3 结论

接种外生菌对无籽刺梨的生长有促进作用,鸡油菌和紫色马勃菌一起使用对无籽刺梨的株高和地径促进最大,与其它处理差异明显,单独使用鸡油菌和马勃菌对无籽刺梨的株高生长次之,但 2 个处理间差异不明显;对照处理对株高生长较慢。表明外生菌根菌处理对无籽刺梨株高生长具有明显促进作用。

对无籽刺梨根、茎、枝、叶等部位生物量进行研究表明,鸡油菌+紫色马勃菌的总生物量最大,单独接种鸡油菌的总生物量次之,对照组的总生物量最小,从不同部位生物量表现为茎>枝>叶>根。

接种菌根菌对无籽刺梨的根、茎、叶中养分 C、N、P 的含量均比对照组明显提高,且不同植物部位的提高含量有差异。C、N 含量表现为叶部>茎部>根部,P 含量表现为叶部>根部>茎部,叶片是 C、N、P 的积累中心。C : N 表现为茎部>根部>叶部,N : P 表现为叶部>茎部>根部。外生菌根菌处理对无籽刺梨根部的 N : P、C : P 具有显著差异 ($P < 0.05$),但是使无籽刺梨茎部 C : N 降低。

参考文献

- [1] 时圣德. 贵州蔷薇属植物新分类群[J]. 贵州科学, 1985, 9(1): 8-9.
- [2] 韦景枫, 钟漫, 程友忠, 等. 无籽刺梨试管苗移栽及其影响因素的探讨[J]. 中国林副特产, 2010, 104(1): 30-31.
- [3] 邓朝义, 方仕能, 黄勇. 贵州特有种子植物无籽刺梨形态特征研究及分类学订正[J]. 种子, 2009, 28(9): 62-68.
- [4] 曹丽霞, 福英, 侯伟峰, 等. 丛枝菌根在退化生态系统恢复中的作用及其研究展望[J]. 北方园艺, 2015(14): 182-189.
- [5] 吴强盛, 夏仁学, 张琼华. 果树上的一种新型生物肥料-丛枝菌根[J]. 北方园艺, 2003(6): 27-28.
- [6] 白梨花, 斯日格格, 曹丽霞, 等. 丛枝菌根对牧草与草地生态系统的重要作用及其研究展望[J]. 草地学报, 2013, 21(2): 214-221.
- [7] 杨宏宇, 赵丽莉, 贺学礼. 丛枝菌根在退化生态系统恢复和重建中的作用[J]. 干旱区地理, 2005, 28(6): 836-842.
- [8] 郑玲, 吴小芹. 黑松菌根共生体中真菌液泡形态构架及其活力[J]. 植物生态学报, 2008, 32(4): 932-937.
- [9] SONG R Q, JU H B, QI J Y, et al. Effect of ectomycorrhizal fungi on seedling growth of Mongol Scotch pine[J]. Journal of Fungal Research, 2007, 5(3): 142-145.
- [10] YU F Q, LIU P G. Reviews and prospects of the ectomycorrhizal research and application[J]. Acta Ecol Sin, 2002, 22(12): 2217-2226.
- [11] 孙民琴, 吴小芹, 叶建仁. 外生菌根真菌对不同松树出苗和生长的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2007, 31(5): 39-43.
- [12] 朱教君, 徐慧, 许美玲, 等. 外生菌根菌与森林树木的相互关系[J]. 生态学杂志, 2003, 22(6): 70-76.
- [13] LU X, MALAJCZUK N, DELL B. Mycorrhiza formation and growth of *Eucalyptus globulus* seedlings inoculated with spores of various ectomycorrhizal fungi[J]. Mycorrhiza, 1998, 8: 81-86.
- [14] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [15] 弓明钦, 陈羽, 王凤珍. AM 菌根化的两种桉树苗对青枯病的抗性研究[J]. 林业科学研究, 2004, 17(4): 441-446.
- [16] 张文泉, 闫伟. 外生菌根菌对樟子松苗木生长的影响[J]. 西北植物学报, 2013, 33(5): 998-1003.
- [17] 刘润进, 陈应龙. 菌根学[M]. 北京: 科学出版社, 2007.

Effect of Ectomycorrhizal Fungi on the Seed Growth of *Rosa sterilis* and Carbon, Nitrogen, Phosphorus Distribution

ZHANG Zhenming¹, HE Hongzao¹, ZHANG Jiachun², LI Qing¹, LIU Yingying¹

(1. Guizhou Province Institute of Biology, Guiyang, Guizhou 550009; 2. Guizhou Botanical Garden, Guiyang, Guizhou 550001)

Abstract: To evaluate the effect of ectomycorrhizal fungi on the growing development and nutrient absorption of *Rosa sterilis*, and then to find the best system of cultivating techniques of *Rosa sterilis*, the effect of different ectomycorrhizal fungi on plant height, diameter, biomass, distribution of carbon, nitrogen and phosphorus of different parts of *Rosa sterilis* were studied. The results showed that ectomycorrhizal fungi could promote the growth of plant height and diameter of *Rosa sterilis*, especially using *Cantharellus cibarius* Fr and *Calvatia lilacina* (Mont. et Berk.) Lloyd together, and the two ectomycorrhizal fungi synergistically promoted the growth and development of *Rosa sterilis* after cutting; the total biomass was the maximum when *Cantharellus cibarius* Fr and *Calvatia lilacina* (Mont. et Berk.) Lloyd were used in conjunction, the total biomass was the second when lonely inoculated *Cantharellus cibarius* Fr, and the total biomass of control group was the smallest, the performance of the biomass from different parts was stem>branch>leaf>root; the content of nutrient C, N and P in root, stems and leaves of *Rosa sterilis* was significantly increased when inoculating ectomycorrhizal fungi, the leaves were the accumulation center of C, N and P, the ectomycorrhizal fungi significantly improved the N : P and C : P in root of *Rosa sterilis*, but decreased the C : N in stem of *Rosa sterilis*.

Keywords: ectomycorrhizal fungi; growth; C, N, P; distribution; *Rosa sterilis*