

# 混合接种菌根真菌对喜树幼苗生长及喜树碱含量的影响

吴子龙<sup>1</sup>, 赵 昕<sup>1, 2</sup>

(1. 邯郸学院 生物科学系, 河北 邯郸 056005; 2. 东北林业大学 生命科学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

**摘 要:** 通过温室盆栽接种试验, 研究了蜜色无梗囊霉(*Acaulospora mellea*)、弯丝硬囊霉(*Sclerocystis sinuosa*)及二者混合接种(分别记为 Am、Ss 和 Am-Ss)对喜树幼苗生长及喜树碱含量的影响。结果表明: 丛枝菌根的形成促进了喜树幼苗的生长, 菌根幼苗的生物量优于无菌根幼苗, 混合接种 Am-Ss 的菌根幼苗显著高于无菌根幼苗和单接种的菌根幼苗。丛枝菌根形成影响了喜树幼苗的喜树碱代谢, 菌根幼苗根、叶片和全株的喜树碱含量均显著高于无菌根幼苗, 并且混合接种处理的喜树幼苗喜树碱含量最高。

**关键词:** 丛枝菌根; 喜树幼苗; 生物量; 喜树碱

**中图分类号:** Q 949.32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)10-0052-03

丛枝菌根是菌根中最普遍的一种类型, 自然界中有 90% 的有花植物以及蕨类和苔藓植物都能形成丛枝菌根<sup>[1]</sup>。丛枝菌根有利于植物对养分的吸收, 从而改善植物的生长状况<sup>[2]</sup>。丛枝菌根也能影响植物的次生代谢过程, 导致植物的次生代谢产物发生变化<sup>[3]</sup>。前期单接种试验已经证明丛枝菌根显著影响了喜树(*Camptotheca acuminata*)幼苗的生长和喜树碱的代谢<sup>[4-5]</sup>。在此基础上, 选择接种效应较好的 2 个菌种(蜜色无梗囊霉(*Acaulospora mellea*)、弯丝硬囊霉(*Sclerocystis sinuosa*))进行混合接种试验, 探讨混合菌种对喜树幼苗生长和喜树碱含量的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 喜树幼苗培养及接种处理

喜树种子以 0.5% 的  $\text{KMnO}_4$  浸泡消毒 1 h, 然后用无菌水洗去  $\text{KMnO}_4$ , 播入 121 °C 灭菌 2 h 的河沙中, 幼苗长出侧根时移入花盆中。每盆 1 株。在温室中生长 1 个月后, 选择长势一致的喜树幼苗分为 4 组(每组 10 盆)进行接种处理。1 组作为对照(CK), 不接种任何丛枝菌根真菌; 另外 3 组分别接种含有蜜色无梗囊霉(*Acaulospora mellea*, Am)、弯丝硬囊霉(*Sclerocystis sinuosa*, Ss)及二者混合菌种(Am : Ss = 1 : 1, 记为 Am-Ss)孢子的菌土。每盆接种剂量为 30 g。自然采光, 常规管理, 生长

100 d 后测定喜树幼苗的菌根侵染率、株高、生物量以及喜树碱含量。

### 1.2 菌根侵染率的统计

随机选取喜树鲜根 30 条, 剪成长约 1.0 cm 的根段, 采用 Phillips 和 Hayman<sup>[6]</sup> 的染色方法染色、制片、镜检, 参照 Trouvelot 等<sup>[7]</sup> 的方法统计菌根侵染率。

### 1.3 幼苗生长状况的测定

量取喜树幼苗的株高, 分别采集根、茎、叶, 于 80 °C 烘干至恒重, 称重并计算根冠比(根干重/地上部干重)。10 株重复。

### 1.4 幼苗喜树碱含量的测定

参照阎秀峰<sup>[8]</sup> 的方法 采用 Waters 高效液相色谱系统分别测定喜树幼苗根、茎和叶片的喜树碱含量。以上数据用 SPSS 软件进行统计分析, LSD 最小差异法比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 喜树幼苗的菌根形成和生长状况

未接种(CK)的喜树幼苗无菌根真菌侵染, 未形成丛枝菌根, 接种蜜色无梗囊霉(Am)、弯丝硬囊霉(Ss)、混合菌种(Am-Ss)的喜树幼苗, 均被侵染并形成了丛枝菌根。并且菌根真菌的侵染率较高, 均达到 90% 以上, 表明接种的菌根真菌与喜树幼苗形成的共生体系发育状况良好, 但 3 种处理间差异不显著(表 1)。

形成菌根的喜树幼苗与未形成菌根的喜树幼苗(CK)在植株高度上差异显著, 3 种接种处理的菌根幼苗株高显著高于无菌根幼苗; Am 菌根幼苗最高, 达到无菌根幼苗(对照)的 1.2 倍, 3 种接种处理间无显著差异。在生物量方面, 菌根幼苗优于无菌根幼苗, 其中, Am-Ss 的菌根幼苗最高, 达到无菌根幼苗的 1.8 倍, 是 Am 和 Ss 的菌根幼苗 1.1 和 1.2 倍(表 1)。

根冠比经常作为衡量植株生长状态特别是植株吸

第一作者简介: 吴子龙(1977-), 男, 硕士, 现主要从事植物资源学方面的研究工作。E-mail: wuzilong222@yahoo.com.cn。

通讯作者: 赵昕(1977-), 女, 山东平度人, 博士, 讲师, 现主要从事菌根植物生理生态学研究。E-mail: zhaoxinmdj@126.com。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30771699); 黑龙江省自然科学基金资助项目(C200704)。

收稿日期: 2009-06-20

收土壤水分、养分状态的指标。从该试验结果看,丛枝菌根的形成对喜树幼苗地上与地下部分生物量的总体分配产生了较大的影响,菌根幼苗的根冠比均大于无菌根幼苗,其中 Am 和 Am-Ss 的菌根幼苗与无菌根幼苗差异显著(表 1)。

表 1 喜树幼苗的菌根形成和生长状况

Table 1 Colonization status and the growth of *Camptotheca acuminata* seedlings inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi

处理	菌根侵染率 Mycorrhizal colonization frequency/ %	株高 Height/ cm	生物量 Biomass / g · plant <sup>-1</sup>	根冠比 Root/ Shoot ratio
CK	0a	18.78a	3.12a	0.62a
Am	93.26b	23.25b	4.92b	0.73b
Ss	95.63b	22.58b	4.40ab	0.67a
Am-Ss	96.21b	22.53b	5.36c	0.73b

注:CK,未接种丛枝菌根真菌;Am、Ss、Am-Ss 分别接种蜜色无梗囊霉、弯丝硬囊霉、蜜色无梗囊霉和弯丝硬囊霉的混合菌种。同一列数据中字母不同者表示差异性显著( $P<0.05$ )。

2.2 喜树幼苗喜树碱含量的差异

丛枝菌根形成还影响喜树幼苗的喜树碱代谢(表 2)。Am、Ss 和 Am-Ss 菌根幼苗根的喜树碱含量均显著高于无菌根幼苗,分别是无菌根幼苗的 1.7、1.4 和 2.4 倍,并且 3 种接种处理之间差异也很显著,Am-Ss 的菌根幼苗最高,是 Am 和 Ss 的菌根幼苗 1.4 和 1.7 倍。喜树幼苗茎的情况不同,菌根幼苗与无菌根幼苗之间差异不显著。与根系的情况相似,菌根幼苗叶片和全株的喜树碱含量均显著高于无菌根幼苗,并且,混合接种处理的喜树碱含量最高。Am-Ss 菌根幼苗全株喜树碱含量达到 0.379%,显著高于 Am 和 Ss 的菌根幼苗,是它们的 1.2 和 1.4 倍。

表 2 丛枝菌根真菌对喜树幼苗喜树碱含量的影响

Table 2 Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on *camptothecin* contents of *Camptotheca acuminata* seedlings

处理	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	全株 Whole plant
CK	0.132a	0.177a	0.374a	0.244a
Am	0.220b	0.183a	0.486b	0.322b
Ss	0.184c	0.159a	0.430c	0.280c
Am-Ss	0.315d	0.186a	0.525b	0.379d

3 结论与讨论

丛枝菌根真菌与宿主植物的互利共生可以增强植物从土壤中获取水分的能力,改善植物根系对磷、钾等矿质元素及养分的吸收,从而促进植物的生长<sup>[9]</sup>。刘润进等<sup>[10]</sup>研究了大田条件下地表球囊霉(*Glomus versiforme*)及混合菌种 摩西球囊霉(*G. mosseae*)和弯丝硬囊霉(*S. sinuosa*)对甘薯生长及产量的影响,结果表明单接种地表球囊霉的甘薯植株高度和茎叶质量均低于对照,而混合菌种则显著促进了甘薯的生长,增加了甘薯的单株产量和单位面积产量。同样,该试验中混合接种明显增强了单一菌种的作用,尤其在生物量方面,混

合接种的 Am-Ss 菌根幼苗生物量显著高于其它菌根幼苗(表 1)。

已有的一些研究结果表明,丛枝菌根真菌能够直接或间接地影响植物的次生代谢过程<sup>[5,11]</sup>。魏改堂和汪洪钢<sup>[1]</sup>用摩西球囊霉和地表球囊霉分别接种曼陀罗(*Datura stramonium*),发现丛枝菌根真菌显著提高了曼陀罗中莨菪碱和东莨菪碱的含量。Rojas-Andrade 等<sup>[12]</sup>在以玫瑰红巨孢囊霉(*Gigaspora rosea*)接种牧豆树(*Prosopis laevigata*)时也发现,菌根真菌侵染的牧豆树根中葫芦巴碱的含量比对照增加了 1.8 倍。从该试验结果看(表 2),丛枝菌根的形成影响了喜树幼苗的喜树碱代谢,菌根幼苗的喜树碱含量高于无菌根幼苗,而且,丛枝菌根形成对喜树幼苗根和叶片中喜树碱含量的影响比茎更为明显。并且,无论是喜树幼苗各器官还是全株,混合接种处理的喜树碱含量均最高。Am-Ss 菌根幼苗全株喜树碱含量显著高于 Am 和 Ss 的菌根幼苗。

综上所述,丛枝菌根的形成有利于促进喜树幼苗的生长,提高喜树碱的含量,混合接种具有较强的协同效应。目前也只是观察到了混合接种效果,而增效的机制还有待于进一步探讨。

参考文献

[1] 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: 80.

[2] 任志雨,贺超兴,孙世海,等. 丛枝菌根真菌对番茄幼苗生长和矿质元素吸收的影响[J]. 北方园艺, 2008(4): 35-37.

[3] Vierheilig H, Bago B, Albrecht C, et al. Flavonoids and arbuscular mycorrhizal fungi[M]// Manthey J, Buslig B. Flavonoids in the Living System. New York: Plenum Press, 1998: 9-33.

[4] 赵昕,阎秀峰. 丛枝菌根对喜树幼苗生长及氮、磷吸收的影响[J]. 植物生态学报, 2006, 30(2): 947-953.

[5] Xin Z, Yang W, Xiu-feng Y. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on camptothecin content in *Camptotheca acuminata* seedlings[J]. Allelopathy Journal, 2007, 20(1): 51-60.

[6] Phillips J M, Hayman D S. Improved procedures for clearing and attaining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection[J]. Trans Brit Mycol Soc 1970; 55: 158-161.

[7] Trouvelot A, Kough J L, Gianinazzi-pearson V. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un systeme radicaire. Recherche de methods d'estimation ayant une signification fonctionnelle[C]// Mycorrhizae: Physiology and Genetics Les Mycorrhizes: Physiologie et Génétique (Proceedings of the 1st ESM/ 1er SEM, Dijon, 1-5 July 1985). INRA, Paris, 1986: 217-221.

[8] 阎秀峰,王洋,于涛,等. 喜树叶中喜树碱含量的高效液相色谱分析[J]. 分析测试学报, 2002, 21: 15-18.

[9] 毕银丽,丁保健,李晓林. VA 菌根对冬小麦利用养分和水分的影响[J]. 土壤通报, 2004, 32(3): 99-101.

[10] 刘润进,李敏,石兆勇,等. AM 真菌对花生与甘薯产量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(1): 36-37.

[11] Fester T, Schmidt D, Lohse S, et al. Stimulation of carotenoid metabolism in arbuscular mycorrhizal roots[J]. Planta, 2002, 216: 148-154.

[12] 魏改堂,汪洪钢. VA 菌根真菌对药用植物曼陀罗(*Datura stramonium* L.)生长、营养吸收及有效成分的影响[J]. 中国农业科学, 1989, 22: 56-61.

# 保水剂与养分交互作用对茄子幼苗生长的影响

曹云娥, 高艳明, 李建设

(宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

**摘要:** 研究了不同保水剂浓度与不同的全营养液肥浓度的交互条件下对茄子育苗生长的影响。结果表明: 基质持水量随着保水剂浓度的增加而增加, 但随养分供应浓度的增加, 基质持水量并未随着保水剂浓度的增加而呈直线上升。基质 EC 值随养分浓度增加而极显著增加( $P=0.01$ ), 随保水剂浓度增加而显著下降( $P=0.05$ )。基质 pH 值随着养分浓度的变化范围较小( $P<0.05$ ), 随着保水剂浓度的变化而发生极显著变化( $P=0.01$ ), 表现为随着保水剂浓度的增加, 基质 pH 值增加。通过对茄子幼苗的形态指标测定, 表明在每升基质中加入 2 g 全营养肥, 茄子幼苗生长较为茁壮; 保水剂浓度在每升基质中加入 2 g 较为适宜茄子幼苗生长。在养分浓度和保水剂浓度适中的条件下, 两者的交互作用可提高茄子幼苗的根系活力和叶片的叶绿素含量。综合各因素认为, A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> 处理为最优处理, 即全营养肥 2 g/L, 保水剂浓度 2 g/L 时, 较适合茄子幼苗生长。

**关键词:** 保水剂; 全营养肥; 茄子育苗

**中图分类号:** S 641.104<sup>+</sup>.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)10-0054-04

通过国内外对保水剂的研究可以看出, 保水剂的使用不仅能够通过自身的特殊结构和改变土壤性状而蓄

水保水, 影响土壤水分的时空分布, 从一定程度上缓解农田干旱缺水现状; 同时能够减少土壤养分的淋溶损失, 提高肥料利用效率, 增加农业产量, 降低农业生产投入以及因此造成的肥料面源污染; 另外, 在水土保持方面的应用也能够取得很好的效果<sup>[1]</sup>。可见, 保水剂在中国生产实践上的应用前景广阔, 值得进一步深入研究<sup>[1]</sup>。

目前国内保水剂的应用研究大多只集中于不同浓度保水剂或者不同保水剂之间的应用差异上, 而对保水

**第一作者简介:** 曹云娥(1977-), 女, 讲师, 现主要从事蔬菜生理与营养研究工作。E-mail: caohua3221@163.com。

**基金项目:** “十一·五”国家科技支撑计划资助项目(2007BAD57B04)。

**收稿日期:** 2009-05-10

[13] Rojas-andrade R, Cerdagarcia-rojas C M, Frias-herandez J T, et al. Changes in the concentration of trigonelline in a semi-arid leguminous plant

(*Prosopis laevigata*) induced by an arbuscular mycorrhizal fungus during the presymbiotic phase[J]. *Mycorrhiza*, 2003, 13: 49-52.

## Effect of Mixed Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Growth and Camptothecin Content in *Camptotheca acuminata* Seedlings

WU Zi-long<sup>1</sup>, ZHAO Xin<sup>1,2</sup>

(1. Biology Department, Handan College, Handan, Hebei 056005, China; 2. College of Life Sciences of Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040, China)

**Abstract:** The present study investigated the effect of inoculation with *Arbuscular mycorrhizal* fungi on the growth and camptothecin (CPT) content in *Camptotheca acuminata* seedlings on under greenhouse conditions. *Arbuscular mycorrhizal* fungi were *Acaulospora mellea* (Am), *Sclerocystis sinuosa* (Ss) and their mixed inocula (Am-Ss). Results showed that the biomass of mycorrhizal seedlings was significantly higher than non-mycorrhizal seedlings, except Ss. And the biomass of mixed inoculated seedlings was significantly higher than non-mycorrhizal seedlings and the other mycorrhizal seedlings. *Arbuscular mycorrhiza* also changed CPT metabolism of *C. acuminata* seedlings. In roots, leaves and whole plant, CPT contents in mycorrhizal seedlings were significantly higher than non-mycorrhizal seedlings, and CPT content in mixed inoculated seedlings was highest.

**Key words:** *Arbuscular mycorrhiza*; *Camptotheca acuminata* seedlings; Biomass; Camptothecin