

# 外生菌根在农林业上的应用

鲍瑾<sup>1,2</sup>, 朱海军<sup>2</sup>, 生静雅<sup>2</sup>, 张普娟<sup>2</sup>, 陈亚辉<sup>2</sup>, 刘广勤<sup>2\*</sup> (1. 安徽农业大学研究生学院, 安徽合肥 230036; 2. 江苏省农业科学院园艺所, 江苏南京 210014)

**摘要** 论述了外生菌根的作用机理, 分析了外生菌根在林木育苗、造林、逆境生长条件下的应用效果, 同时阐述了外生菌根的实用技术及应用展望。

**关键词** 外生菌根; 应用效果; 实用技术; 应用展望

**中图分类号** S605 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)04-00972-02

## Application of Ectomycorrhiza in Agroforestry

BAO Jin, LIU Guang-qin, et al (Graduate School, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036; Institute of Horticulture, Jiangsu Academy of Agricultural Science, Nanjing, Jiangsu 210014)

**Abstract** The function mechanism of ectomycorrhiza was discussed, the application effect of ectomycorrhiza in forest seedling raising, afforestation and adversity conditions were analyzed, the practical technology and application prospects of ectomycorrhiza were elaborated.

**Key words** Ectomycorrhiza; Application effect; Practical technology; Application prospect

菌根是土壤中的真菌与植物根系形成的一种共生体, 广泛存在于各种生态系统中<sup>[1]</sup>。菌根可促进植物生长, 增加植物对营养元素的吸收, 提高光合作用速率和水分利用效率, 同时对提高林分生产力具有重要作用<sup>[2]</sup>。根据菌根形态和解剖学特征, 将菌根分为外生菌根、内生菌根和内外生菌根 3 种主要类型。外生菌根的特征是真菌不能侵染到根皮层细胞内, 只在营养根表面形成菌套, 同时侵入根的内皮层细胞间隙形成哈蒂氏网<sup>[3]</sup>。

## 1 外生菌根的作用机理

**1.1 提高宿主植物对土壤中养分的吸收能力** 外生菌根可提高植物对土壤中养分的吸收效率, 显著改善土壤<sup>[4]</sup>。由于外生菌根的外生菌丝、菌丝套、菌索及其数量、长度、体积均远远超过根毛, 显著扩大植物根对土壤的接触面积和吸收面积, 提高土壤磷的吸收和有效性, 吸收土壤中的氮, 将有机态氮转换成植物可利用的无机氮。

**1.2 增强寄主植物在逆境条件下的生存能力** 植物的逆境生长环境主要有土壤盐碱化、有毒物质含量高、干旱、寒冷、高温等不利于植物生长的条件。植物在不良条件下与外生菌根形成共生关系, 能极大地提高对不良生长环境的适应能力<sup>[5]</sup>。外生菌根通过扩大植物根系吸收表面积, 增加寄主植物对水分和养分的吸收, 促进植物体内元素平衡, 产生生长调节物质, 改善植物细胞生理代谢, 降解储存于土壤中的有毒物质等途径, 改善植物体内营养状况, 调节根部微生物环境, 提高寄主的抗逆能力<sup>[6]</sup>。

**1.3 增强寄主植物抗病力** 外生菌根抵抗病害的途径是多方面的, 主要有外生菌根真菌的阻隔作用、菌根周围微生物群落的保护作用、菌根真菌诱导植物产生次生代谢产物等<sup>[7]</sup>。外生菌根真菌侵入植物根以后可以形成一些保护植

物根系的结构<sup>[8]</sup>。外生菌根真菌对病原物具有重寄生作用, 可通过侵入锥穿入病原菌菌丝行寄生生活<sup>[9]</sup>。外生菌根的特殊结构对病原菌的侵染起机械阻挡作用, 同时外生菌根共生体在受到病原物侵染时可产生木质素、过氧化物酶、水解酶等化学抑制剂和与抗病相关的酶类<sup>[10]</sup>。

## 2 外生菌根在农林业上的应用效果

外生菌根真菌与宿主形成共生关系之后, 可增加苗木根系的吸水面积, 提高水分利用率; 通过分泌多种酶, 扩大土壤有效利用空间等方式提高苗木对养分的吸收和利用率。外生菌根通过增强苗木的适应性、抗逆性, 帮助苗木在不利的条件下生长。外生菌根可促进苗木生长, 改善苗木质量, 提高圃地生长力, 其应用效果较明显。

**2.1 提高苗木育苗成林效果** 在苗木培育过程中, 利用菌根生物技术培育菌根化苗木, 不但可以提高苗木质量, 使苗木提早出圃, 增强苗木的适应能力和对不良环境的抵抗能力, 而且可以提高造林成活率, 加速幼林的早期生长。有关试验表明, 采用菌根化苗木造林成活率可提高 2~3 倍, 苗木各项生长指标提高 3~4 倍。

宋瑞清等<sup>[11]</sup>对樟子松苗木进行外生菌根菌野外单接种试验, 发现试验的 9 种外生菌根菌对樟子松苗木均有一定的促生长效果, 苗木的苗高、地径、过氧化氢酶活性、根系活力及叶绿素含量均有一定程度的提高。王艺等<sup>[12]</sup>在对马尾松苗木接种 4 种外生菌根后, 苗高、地径、侧根长、侧根数显著增加, 苗木体内水分增加, 根吸收能力加强, 叶绿素含量增加, 硝酸还原酶活性和可溶性糖含量增加, 脯氨酸、丙二醛含量降低, 苗木对磷、钾养分的吸收增加。

**2.2 增强植物抗盐碱胁迫能力** 盐对植物的毒害机理主要是离子毒害、渗透胁迫和营养亏缺。盐胁迫对植物生长的影响主要是降低土壤溶液的渗透势, 造成植物生长的水分缺乏, 导致植物生理性缺水。改善植物吸水能力或提高水分利用效率, 能间接提高植物的抗盐能力<sup>[13]</sup>。

黄艺等<sup>[14]</sup>以油松为试材, 在自然盐碱土上接种外生菌根, 发现外生菌根真菌具有缓解盐碱土壤对植物生长量增长

**基金项目** 江苏省林业三新工程 (lysx[2013]06); 中央财政林业科技推广示范资金 ([2012]TK28 号)。

**作者简介** 鲍瑾 (1989-), 女, 安徽砀山人, 硕士研究生, 研究方向: 园林植物栽培学。\* 通讯作者, 研究员, 从事薄壳山核桃等干果育种栽培方面的研究。

**收稿日期** 2014-01-10

的抑制作用。接种外生菌根真菌后,菌根通过增强油松苗木细胞质膜的稳定性,提高植物根系活力,增强植物对水分的利用能力,提高油松幼苗的耐盐能力。

**2.3 增强植物抗旱能力** 植物在形成外生菌根共生体后,可以增加附近土壤中的碳汇<sup>[15]</sup>。外生菌根可促进植物的生长以及土壤有机层的厚度增加,增强植物吸收养分和水分的效率和效率,提高在干旱条件下的生存能力<sup>[16]</sup>。外生菌根还可以改善植物体内生长物质合成过程,促进生长,提高植物自身的抗旱能力<sup>[17-18]</sup>。宋微等<sup>[19]</sup>对3种松树实生苗进行外生菌根菌接种试验,对马尾松和湿地松进行干旱胁迫处理,结果表明优良菌根真菌在促生的同时可以提高共生植物对干旱的耐受性;促生效果越好的菌根真菌,其接种的松苗对干旱胁迫的耐受性越强。

**2.4 增强植物抗病能力** 菌根对林木的病害有防治或减轻的作用。接种菌根菌作为生物防治林木幼苗根部病害的一种手段,具有显著效果。郭秀珍等<sup>[20]</sup>利用外生菌根接种油松幼苗,在田间接种试验中发病率比对照降低了16.3%~25.8%。在接种和未接种的杨树苗中,同时接种溃疡病菌,结果表明菌根苗木中溃疡病发病率为20%,病情指数为0.05,非菌根苗木发病率为60%,病情指数为3.17,可知杨树对溃疡病的抗性得到明显提高<sup>[21]</sup>。

### 3 外生菌根的实用技术

菌根化技术是人工接种菌根真菌,使苗木菌根化的方法,可提高苗木质量和造林效果。外生菌根在农林业生产中有广泛的应用。对于实生苗,可在苗床或营养钵育苗播种的同时接种菌根菌剂;对于组培苗,可在生根后移出容器外,直接给幼苗根系接种;对于大田作物,可对种子进行菌剂丸衣化、菌剂拌种或条播菌根真菌生物肥料。外生菌根菌剂的类型主要有液体菌剂、固体菌剂和胶囊菌剂3种。常见的接种方法有播种苗接种方法和移植苗接种方法<sup>[22]</sup>。

#### 3.1 播种苗接种方法

**3.1.1 菌块接种。**播种时将菌剂撒入比正常播种沟深约5 cm 沟内,菌剂用量为每米播种沟约25 g,上覆一层5 cm 土,再按常规播种。

**3.1.2 菌土拌种。**用培养的菌土按菌土:种子2:1比例拌种,采用常规法播种。

**3.1.3 沟施。**在生长季苗木大量生侧根时,距苗根5~10 cm 处开沟,沟深3~5 cm,将菌剂掺土均匀施入沟内,用菌剂约150 g/hm<sup>2</sup>,覆土,常规管理幼苗。

#### 3.2 移植苗接种方法

**3.2.1 菌块接种。**将菌剂搓碎,每个容器从底向上1/3处装约7 g 菌剂,按常规方法移植苗木。

**3.2.2 菌土浆蘸根。**用灭菌土或心土加菌剂按2:1的比例混匀,盖上农膜,在室温下培养7 d 得菌土,将菌土加水适量搅拌得菌土浆,苗木蘸根后装容器袋。

### 4 外生菌根的应用现状及展望

目前,我国的菌根化植株生产非常有限,不能满足大面积栽植的需要。通过直接施用菌根真菌制剂进行接种是菌

根化苗木的重要方法。要实现大面积的应用,还存在很多问题,最重要的是菌剂的大量生产、运输和保存<sup>[6]</sup>。我国在20世纪80年代开始开发菌根生物制剂,90年代发展迅速,现已取得显著的经济、社会和生态效益<sup>[23]</sup>。近20年来,我国在外生菌根应用技术上取得一批有重要价值的成果,已赶上美国的水平。中国林业科学研究院林木菌根研究中心研制开发成功了Pt(彩色豆马勃)菌根制剂,并形成规模化生产,创造性地提出截根菌根化育苗造林技术,应用于国家造林项目,取得明显成效。

对于外生菌根在农林业上的应用,应更加注重加强树种与菌根菌共生关系的研究,菌根育苗的容器化和工厂化研究,大面积生产应用研究,菌肥的研究与应用及菌根化育苗造林的配套技术研究<sup>[24]</sup>。针对我国主要造林树种和不同立地条件进行优良菌种和菌株筛选,侧重研究主要造林树种菌根化育苗和造林的新技术,才能逐渐克服外生菌根应用的局限性,使其在农林业上的应用更加广泛。

### 参考文献

- [1] 揣泽尧,王冬梅. 菌根真菌增强植物抗盐胁迫能力的研究进展[J]. 华北农学报,2010,25(S1):254-258.
- [2] 宋福强,高长启,徐程杨,等. 菌根生物技术与林业生产[J]. 吉林林业科技,2001,30(5):10-14.
- [3] KOTTKE I, OBERWINKLER F. Mycorrhiza of forest trees-structure and function[J]. Trees,1986,1(1):1-24.
- [4] 蒋家淡,林延生,詹正宜,等. 菌根生物技术应用现状与研究进展[J]. 江西农业大学学报,2001,23(2):216-219.
- [5] 朱教君,徐慧,许美玲,等. 外生菌根与森林树木的相互关系[J]. 生态学杂志,2003,22(6):70-76.
- [6] 王曙光,林先贵. 菌根在污染土壤生物修复中的作用[J]. 农村生态环境,2001,17(1):56-59.
- [7] 赵平娟,安峰,丁明明. 菌根提高植物抗病机理的研究[J]. 西北林学院学报,2004,19(1):93-97.
- [8] 唐明. 陕西林木菌根研究[M]. 西安:西安地图出版社,2000.
- [9] 雷增普,金均然,王昌温. 外生菌根真菌对植物根部病害病原菌拮抗作用的研究[J]. 林业科学,1989,25(6):502-507.
- [10] 栾庆书,吴元华,白慧敏. 外生菌根共生体对病原菌拮抗作用机制[J]. 辽宁林业科技,2009(6):42-44.
- [11] 宋瑞清,鞠洪波,祁金玉,等. 外生菌根对樟子松苗木生长的影响[J]. 菌物研究,2007(5):142-145.
- [12] 王艺,丁贵杰. 外生菌根对马尾松幼苗生长、生理特征和养分的影响[J]. 南京林业大学学报,2013,37(2):97-102.
- [13] DUAN X, NEUMAN D, REIBER J, et al. Mycorrhizal influence on hydraulic and hormonal factors implicated in the control of stomatal conductance during drought[J]. J Exp Bot,1996,4(7):1541-1550.
- [14] 黄艺,姜雪艳,梁振春,等. 盐胁迫下外生菌根真菌对油松生长及生理的影响[J]. 农业环境科学学报,2006,25(6):1475-1480.
- [15] HEINONSAALO J, PUMPANEN J, RASILO T, et al. Carbon partitioning in ectomycorrhizal Scots pine seedlings[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2010,42(9):1614-1623.
- [16] NEHLS U, GOHRINGER F, WITTULSKY S, et al. Fungal carbohydrate support in the ectomycorrhizal symbiosis: a review[J]. Plant Biology, 2010,12(2):292-301.
- [17] 韩秀丽,贾桂霞,牛颖. 外生菌根提高树木抗旱性机理的研究进展[J]. 水土保持研究,2006,13(5):42-44.
- [18] 袁思安,贺玉祥,刘丹一,等. 林木-菌根菌共生体在抗旱造林中的作用机制[J]. 林业调查规划,2012,37(5):31-36.
- [19] 宋微,吴小芹. 13种菌根真菌对松苗生长及耐旱性的影响[J]. 学术园地,2009(4):6-8.
- [20] 郭秀珍,谭菲. 松树某些外生菌根真菌对防治油松猝倒病的作用[J]. 云南植物研究,1981,3(3):359-366.
- [21] 陈辉,唐明. 外生菌根对杨树抗溃疡病的影响[J]. 植物病理学报,1997,26.
- [22] 张建国. 林木育苗技术研究[M]. 北京:中国林业出版社,1998.
- [23] 王焱炎,王洪娟,刘润进,等. 菌根生物肥料的研究现状[J]. 山东科学,2006,19(6):94-97.
- [24] 郭秀珍. 林木菌根及应用技术[M]. 北京:中国林业出版社,1989.