

# 林木 AM 真菌研究进展及应用前景

师 长 海, 郭 绍 霞, 管 晓 庆

(山东省莱阳农学院环境艺术学院, 青岛 266109)

**摘 要:** AM 真菌能够侵染 90% 以上的维管束植物, 并在植物根部形成共生菌—根共生关系, 参与植物许多生理生化代谢过程, 对植物有多方面作用。现综述近年来国内外有关 AM 真菌对林木生长发育、矿质营养吸收、抗逆性及抗病性等方面影响的研究现状, 展望 AM 真菌在林木上的应用前景。以期为花卉生产, 园林绿化, 荒山治理等方面的研究提供有价值的参考。

**关键词:** 林木; AM 真菌; 生长发育; 矿质营养; 抗逆性; 抗病性

**中图分类号:** Q949.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2006)05-0067-03

根(mycorrhizae)是菌根真菌与宿主植物根系所建立的互惠共生体。1989 年, Harley 将菌根分为 7 种类型, 其中丛枝菌根(arbuscular mycorrhizae)是一种最常见的菌根而且可侵染的寄主范围也最广<sup>[1]</sup>。原称泡囊—丛枝菌根(vesicular arbuscular mycorrhizae)其真菌菌丝体可侵入植物细胞内部, 在根部皮层细胞内产生真菌的构造, 因其孢内菌丝体呈泡囊状(vesicular)和丛枝状(arbuscular)而得名。AM 真菌是我国北方土壤中的内囊酶科真菌, 能够侵染 90% 以上的维管束植物, 并寄生根部形成共生菌—根共生关系, AM 真菌能参与植物许多生理生化代谢过程, 对植物有多方面作用<sup>[2]</sup>。在许多植物上丛枝菌根都被证明能促进植物对矿质营养元素的吸收和利用, 改善植物营养状况, 增强植物的抗性, 提高植物的产量和质量, 加快移栽苗成活速度, 增加植物经济产量和效益, 对荒山绿化, 水土保持, 增加森林覆盖率具有重要意义。丛枝菌根对农林生产的重要性及其作用正日益受到人们的关注, 并在林木生产中逐渐得到应用。

## 1 AM 真菌对林木生长的作用

菌根真菌与植物形成的菌根能通过大量伸展到土壤中的根外菌丝大大增加宿主植物根的吸收面积和吸收空间范围并增加植物的内源激素, 从而促进植物生长。对酸枣(*Zizyphus spinosus*)的研究表明, 接种 AM 真菌的处理的株高、单叶面积、单株总叶面积、根、茎、叶鲜重和干重均显著大于不接种(对照)处理, 且接种处理的蒸腾速率也显著增高, 这可能与接种处理植株的生长量大、叶片总面积大、生理代谢活性强有关<sup>[3]</sup>。在盆栽条件下, 对黄檗(*Phellodendron amurense*)实生苗生长接种 AM 真菌结果表明: 接种 AM 真菌的黄檗幼苗, 成活率、生长量、植株光合速率、蒸腾速率及抗旱能力等显著提高<sup>[4]</sup>。对尾叶桉(*Eucalyptus urophylla*)、深山含笑(*Michelia maudiae*)、红锥(*Castanopsis hystrix*)、南洋杉(*Araucaria cunninghamii*)、澳洲坚果(*Macadamia integrifolia*)、大青杨(*Populus ussuriensis*)等苗木的接种实验也得到了相同的结果<sup>[6~8]</sup>。由此可见对可形成菌根的林木, 完全可以应用 AM 真菌接种, 生产菌根化种苗, 特别是对那些珍贵的慢生树种, 对提高苗木移栽成活率促进生长, 提高经济效益, 具有积极意义。

## 2 AM 真菌对林木吸收营养的作用

菌根是宿主植物的特殊器官, 它对植物矿质养分主要起着吸收、转化和贮存作用<sup>[9]</sup>。在 AM 真菌共生体中, 宿主植物为共生真菌提供了稳定、安全的生态位、充足的碳水化合物和其他营养物质, 而宿主植物由于真菌的菌丝的存在扩大了吸收面积, 改变了根际土壤 pH 值, 促进了矿质营养的运输, 从而促进其对养分的吸收<sup>[10]</sup>, 特别是在土壤矿质营养和水分含量低的情况下作用效果更明显<sup>[11]</sup>。AM 真菌能显著增加植物对土壤中磷、锌、铜的吸收, 对氮、钾、硫及各种微量元素的吸收也有一定作用。

目前研究最多、最深入的是 AM 和磷的相互关系。在三叶草(*Trifolium repens*)、黑麦草(*Lolium perenne*), 和其他豆科植物上接种菌根真菌的实验表明, 接种措施显著地增加了植株的含磷量, 消除了植株的磷胁迫状况, 促进了植株生长<sup>[12]</sup>。菌根提高植株磷含量的主要机理是: 改变根际 pH 值, 扩大根系的吸收范围, 改变磷的运输形式<sup>[9]</sup>。在施用难溶性磷肥( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )和不同水平可溶性磷肥( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ )的条件下对大青杨接种 AM 的研究表明: AM 促进大青杨对难溶性磷的转化吸收, 在磷含量低的情况下 AM 对大青杨生长的促进作用更显著。对尾叶桉苗木植株 N、P、K 和 B 等矿质元素分析结果表明, 接种菌根真菌不仅影响苗木矿质元素含量, 而且对各种矿质元素在植株体内的运输及分配也有一定的影响。大量试验证明菌根促进植物生长与它能增加难移动养分特别是磷的吸收有明显的正效应<sup>[13]</sup>。

## 3 AM 真菌对林木抗逆性的影响

近年来大量研究表明, AM 真菌侵染能提高宿主植物对干旱、盐碱、寒热等不利因素的抵抗能力, 对土壤中有害的有机物分解也有重要作用, 从而提高宿主植物在不利条件下的生存能力, 因而有助于植被的恢复<sup>[9]</sup>。

### 3.1 抗旱性

接种 AM 真菌明显改善寄主植物的水分状况, 提高水分利用效率, 从而增强寄主植物的耐旱性。干旱条件下, 接种 AM 真菌的玫瑰(*rosa rugosa*)与未接种玫瑰相比, 渗透势、叶水势和土壤水势降低, 压力势增加, 维持了叶片膨压和水分传导力。Auge 等认为, 在干旱逆境下接种 AM 菌根和少施磷肥有利于提高接种玫瑰的叶片扩散导度和土壤相对含水量, 降

低叶水势和溶质势,显著增强平均蒸腾率。高磷水平上接种的玫瑰叶片叶绿素、淀粉和水分含量也均高于对照<sup>[14]</sup>。据刘润进研究,湖北海棠(*Malus hupehensis*)实生苗接种的叶片中相对含水量和蒸腾速率显著提高,气孔阻力和叶片水势降低,植株的耐旱性提高。在干旱条件下,接种菌根的叶片中游离脯氨酸含量降低,这说明AM真菌提高抗旱性的机理与脯氨酸的渗透调节无关。而任嘉红、张晓刚等的研究表明,接种AM真菌能够在干旱条件下刺激宿主植物可溶性糖的积累,这就使宿主植物在干旱时降低叶片水势,从而以一种“不缺水的状态”度过干旱胁迫。同时,AM真菌侵染可增加植物体内膜系统保护酶SOD酶、CAT酶的活性,更有效地清除因干旱胁迫产生的超氧自由基和活性氧,降低膜脂过氧化产物丙二醛(MDA)的含量和细胞膜相对透性,减轻因干旱胁迫对宿主造成的伤害程度。

### 3.2 抗盐性

许多现象表明,在盐胁迫条件下接种AM真菌提高了植物的生长量。Guttay发现AM真菌促进糖槭树(*Acer negundo*)在盐渍土壤上生长。Hirrel等证实了在NaCl胁迫下接种*Glomus fasciculatus*和*Gigasporaceae*两种AM真菌对洋葱(*Allium cepa*)和辣椒(*Capsicum annuum*)有促进作用。以后在盐生植物如盐草(*Halophila oamlis*)、银胶菊(*Parthenium hysterophorus*)、羊茅(*Festuca ovina*)及几种非盐生植物柑橘(*Citrus reticulata*)上都获得了类似结果。这些研究结果共同之处是:随着土壤中NaCl含量增加,菌根化和非菌根化植株产量均呈递减趋势;在同一NaCl水平下,菌根植物生物产量显著高于非菌根植物。后一点证明,在盐渍土壤上植物与菌根真菌共生减轻了因盐害造成的产量损失,提高了自身的耐盐能力。然而,这方面的研究多限于盆栽条件下,通过人工加入NaCl模拟盐渍胁迫,目前尚缺乏在田间自然盐渍土条件下菌根对植物耐盐能力的效应方面的资料。

AM提高植物抗盐性的机理不是唯一的:菌根通过增强植物对水分的吸收,提高植物水势,减轻生理缺水;改变体内可溶性糖和氨基酸的含量和组成,调节渗透平衡;增加P、Zn含量,减少Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>含量,减轻细胞膜和酶的损伤程度,从而降低细胞膜透性,减轻盐害<sup>[15]</sup>。

### 3.3 抗寒、抗热性

筛选能够增强林木抗寒、抗热性的菌种,有利扩大林木的适应范围,丰富园林绿化树种;有利于名贵花木的引种栽培,如提高牡丹(*Paeonia suffruticosa*)抗寒、抗热性,加速牡丹往南往北引种的进程;降低保护地观赏植物生产的成本。AM增强植物的抗寒、抗热性在蔬菜及经济作物中曾有报道,但在林木中的抗寒、抗热性试验仅在君迁子<sup>[16]</sup>中见报道,研究证明接种AM真菌可提高君迁子的抗寒性,其可能机理是菌根促进了P、Zn、Fe等元素的吸收,稳定了膜透性。AM真菌对其他林木抗寒性的影响有待于进一步研究。

### 3.4 抗土壤污染

目前,部分城市和矿区绿化中面临着重金属及有机物污染的问题,对铜<sup>[17]</sup>、镉<sup>[18]</sup>等重金属生态环境条件下的菌根研究表明,AM能减轻植物在重金属污染的土壤中的受害程度或促进重金属在植物体内的富集,加速土壤修复<sup>[19]</sup>。Marx将接种*Clomus mosseae*的悬铃木(*Platanus acerifolia*)和胶皮

枫香(*Liquidambar styraciflua*)的2年生菌根化苗木,用于美国东部佐治亚州的高岭矿废墟和硅藻土废墟上造林取得明显的成效,林木存活率和生长率大大提高。

丛枝菌根是植物免受重金属危害的可能机理是<sup>[19]</sup>:直接作用:整合作用:丛枝菌根真菌在菌丝内有可能提供结合重金属的位点,使重金属积聚于真菌中;“过滤机制”:即菌丝内的聚磷酸盐可与重金属结合,减少向植物体运输。间接作用:丛枝菌根改善宿主植物的矿质营养状况,代偿由重金属造成的危害;丛枝菌根真菌的侵染使得宿主植物的根系生物量、根长等发生变化,影响重金属的吸收和转移。

对万寿菊(*Tagetes erecta*)、豇豆(*Pigna sinensis*)<sup>[21]</sup>等的实验证明丛枝菌根可以促进土壤中有有机污染物的分解。何绍江,毛新国等的研究表明菌根化杉树(*Cunninghamia sinensis*)苗的抗镉能力显著提高。

丛枝菌根增强林木抗重金属及有机污染物能力的研究,对城市土壤污染地区的园林绿化及城市污泥的再利用有积极意义,但迄今为止,这方面的研究多以草本植物为研究对象,林木方面的报道还很少。

## 4 AM真菌对观赏植物抗病力的影响

AM真菌与植物病害的关系较复杂,对土传病害,AM真菌以减轻为主。对在重茬土中生长的银杏(*Ginkgo biloba*)幼苗接种丛枝菌根菌*Clomus mosseae*后显著降低了叶枯病(leaf blight)病情指数,促进幼苗生长,克服连作障碍,且在未消毒土上接菌效果优于消毒土。对番石榴(*Psidium guajava*)接种丛枝菌根使其枯萎病(wilt disease)的发病率分别由80.6%(施肥条件)和100%(不施肥条件)下降为44.8%和75.2%,增强了植株对枯萎病的抵抗能力<sup>[2]</sup>。

AM真菌主要通过加厚根系皮层细胞壁,形成对抗病原物侵入的机械屏障;促进植物合成更多的植保素,或诱导植物体内几丁质酶活性的变化等机制来提高植物的抗病性。还可通过减少菌根细胞内碳水化合物含量,限制病原菌的发育;增加植物对磷的吸收,改善植物的营养状况,提高其抗病能力及改良和稳定土壤性质等途径间接地减轻病害<sup>[23]</sup>。对园林植物,特别是宿根花卉和球根花卉连作中流行的土传病害,AM真菌作为一种生物防治技术具有深远的意义,今后应加强菌根在这方面调查与研究。

## 5 AM真菌在林木中的应用发展前景

由于AM真菌在植物生活中的重要作用,世界各国对它在农林业,绿化和环境保护中的应用寄予了很高的期望,美国、巴西、哥伦比亚、日本等国家已有菌剂或菌根化苗应用于生产<sup>[23]</sup>。中国农业大学的“生产丛枝菌根菌剂的方法”,“一种高效抗旱、耐高磷营养丛枝菌根真菌及其生产方法”已分别于2002年和2003年申请发明专利,其产品在田间条件下显示出明显增加作物产量和改善品质的效果;内蒙古农业大学的“林木菌根菌剂生产及其应用技术”于2003年通过验收鉴定。AM真菌作为生物肥料和生物防治的一种有效措施,其应用前景是十分广阔的。

过去,我国AM真菌长期处于基础研究阶段,和生产应用相脱节。现在,应加强菌根应用技术及推广方面的研究:菌根—植物互惠共生的条件。研究使植物在最大程度上受益的调控因素,比如最适菌种,最佳接种时期和最适接种剂量的研究

以及生态条件和耕作方式对菌根的发育和接种效果的影响等。优良菌株的选育,菌种的纯培养及菌剂的商业化生产。通过常规和非常规方法培育出适合沙漠、盐碱土、冻土、黄土高原、沼泽地、工业严重污染地区应用的菌根真菌,建立菌根真菌基因库,尽早地实现菌种的纯培养,促进菌剂的商业化生产。菌根化苗木培育体系和菌根菌在田间的大面积推广应用。苗木菌根化是菌根应用的主要形式,实现菌根化苗木的工厂化生产,是其推广应用的关键。利用菌根真菌可形成菌丝网的特点,应优先考虑针对一些珍贵、稀有树种、速生树种、沙漠造林树种及果树、花卉、绿肥作物等的应用研究。AM菌对植物的作用效果、作用机理以及AM真菌同其他土壤微生物的相互影响和作用<sup>[3]</sup>。

在众多的生物肥料中,AM真菌的重要性不可忽视。但在现有资源利用中,目前尚不能在人工培养基上培养AM真菌,还很难采用遗传育种的方法对某一菌株进行改良。这些已成为AM真菌分类鉴定以及在生产上广泛应用的主要障碍。因此,对AM真菌的研究,应在扩大资源调查与分类研究的同时,利用现代分子生物学等先进技术研究真菌与植物建立共生关系的机制以及它们的生长发育规律和营养生理。以便为探讨建立纯培养技术准备理论基础,并推动其遗传学研究的发展,为现代农林生产的持续发展提供科学依据,并加紧研究现实应用中必须解决的其它理论和技术问题,最终我们可以期望真正实现AM真菌商业化生产及在农林业生产上的大面积应用,以便早日将其转化为生产力。

#### 参考文献:

- [1] 刘润进, 李晓林. 丛枝菌根及其应用[M]. 科学出版社, 2000.
- [2] 王保民, 任圃圆. 丛枝菌根应用研究进展[J]. 湖北农业科技, 2004, 3: 56—59.
- [3] 毛永民, 鹿金颖, 申连英. VA菌根真菌对酸枣实生苗生长和蒸腾作用的影响[J]. 河北农业大学学报, 2000, 23(2): 44—47.
- [4] 范继红, 杨国亭, 李桂伶. 接种菌根对黄梨幼苗生长的影响[J]. 东北林业大学学报, 2006, 34(2): 18—19.
- [5] 叶新峰, 伍慧雄, 梁远楠, 等. 尾叶桉、深山含笑、红锥苗接种内生菌根菌试验[J]. 广东林业科技, 2003, 3: 22—24.

- [6] 刘建福, 张勇, 谢丽源, 等. 丛枝菌根真菌对澳洲坚果幼苗的生长效应[J]. 热带作物学报, 2005, 26(3): 16—19.
- [7] 宋福强, 杨国亭, 孟繁荣, 等. 丛枝菌根对大青杨苗木生长的影响[J]. 林业科学研究, 2004, 17(6): 770—776.
- [8] 姚青, 朱红惠, 羊宋贞. 丛枝菌根真菌对香蕉试管苗植株生长和矿质营养吸收的影响[J]. 果树学报, 2004, 21(5): 425—428.
- [9] 刘仕平, 张玲琪, 李成云, 等. AM真菌营养生理研究概况及其应用前景[J]. 西南农业学报, 2003, 2: 93—97.
- [10] 易时来, 温明霞, 李学平, 等. 菌根改善植物磷素营养的研究进展[J]. 土壤肥料科学, 2004, 5: 164—167.
- [11] 毕银丽, 丁保健, 全文智, 等. AM真菌对白三叶吸收水分和养分的影响[J]. 草地学报, 2001, 2: 155—158.
- [12] 李晓琳, 姚青. AM真菌与植物的矿质营养[J]. 自然科学进展, 2000, 6: 524—531.
- [13] 边秀举, 胡林, 李晓林, 等. AM真菌对草坪草矿质养分吸收及草坪质量影响的研究[J]. 草业学报, 2001, 3: 42—46.
- [14] 吴强盛, 夏仁学. AM真菌与植物水分代谢的关系[J]. 园艺园林科学, 2004, 1: 188—192.
- [15] 王桂君, 张丽辉. 盐性条件下的AM真菌以及AM真菌提高植物耐盐性研究[J]. 长春师范学院学报, 2004, 12: 64—68.
- [16] 张林平, 齐国辉, 郭强. 丛枝菌根真菌对君子兰幼苗生长及抗寒性的影响[J]. 河北果树, 2003, (1): 7—8.
- [17] 陶红群, 宋勇春, 李晓林. 不同镉污染水平下丛枝菌根对三叶草生长的影响[J]. 中国农业大学学报, 1999, 4(3): 81—85.
- [18] 申鸿, 刘于, 李晓林. 丛枝菌根真菌(Glomus caledonium)对铜污染土壤生物修复机理初探[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(2): 199—204.
- [19] 王发园, 林先贵, 周健民. 丛枝菌根与土壤修复[J]. 土壤, 2004, 36(3): 251—257.
- [20] 耿春女, 李培军, 陈素华. 不同丛枝菌根真菌对万寿菊生长及柴油降解的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(10): 1775—1779.
- [21] 王曙光, 林先贵, 尹睿. 接种丛枝菌根(AM)真菌对植物DBP污染的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4): 589—592.
- [22] 李志真, 谢一青. AM真菌的研究进展及其应用前景[J]. 江西农业大学学报(自然科学版), 2002, 4: 448—453.
- [23] 曾松荣, 方白玉. AM真菌研究概况[J]. 韶关学院学报(自然科学版), 2002, 12: 54—57.

## 欢迎订阅 2007 年《黑龙江农业科学》

《黑龙江农业科学》是黑龙江省农业科学院主办的综合性学术期刊,是全国优秀期刊、黑龙江省优秀期刊、“中国期刊方阵”期刊、《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊。本刊坚持以高新实效为原则,以服务科研、服务生产为宗旨,主要报道最新的农业科研成果、先进技术、发展趋势以及新产品、新品种等,能够全面反映黑龙江省特色、内容丰富、栏目新颖、信息量大、可读性强。设有作物育种、耕作栽培、土壤肥料、植物保护、园艺、质量安全、畜牧兽医、农业经济、综述、实用技术、信息等栏目以及各类广告业务宣传,如:新品种、新产品、重点实验室、研究所、企业简介等。本刊发行面广,读者群大;农业科研工作者、农业

院校师生、国营农场及农业技术推广部门的科技人员、管理干部和广大农民群众等。

本刊为国际大十六开本,彩色四封,80页,双月刊,刊号:ISSN 1002—2767, CN23—1204/S, 邮发代号 14—61, 广告经营许可证号:2301004010072 单月10日出版,每期定价 8.00 元,全年 48.00 元。全国各地邮局(所)均可订阅。漏订者可汇款至本刊编辑部补订。

地址:哈尔滨市南岗区学府路 368 号

《黑龙江农业科学》编辑部

电话:0451—86668373

E-mail: nykx13579@sina.com

邮编:150086