

## 园艺作物菌根及其在生态农业的应用\*

李瑞卿 刘润进 李 敏

(莱阳农学院菌根生物技术实验室 莱阳 265200)

**摘要** 园艺作物经济价值较高,习惯于苗圃或营养钵育苗,是丛枝菌根(AM)真菌应用的先锋作物,在AM真菌应用过程中具有示范推广作用而受到普遍关注。简介了园艺作物菌根资源、生态及AM真菌促进作物对水分与养分的吸收利用、提高其抗旱性和抗病性、增加产量和改善品质的效应;阐述了农业生产中菌根在园艺作物的应用现状与前景,指出接种AM真菌将成为新世纪生态农业的重要生物技术之一,在发展无公害绿色食品生产中具有广阔的应用前景。

**关键词** 园艺作物 丛枝菌根 资源 生态农业

**Mycorrhizas of horticultural crops and its application in eco-agriculture.** LI Rui-Qing, LIU Run-Jin, LI Min (Mycorrhiza Laboratory, Laiyang Agricultural College, Laiyang 265200), *CJEA*, 2002, 10(1): 24~26

**Abstract** Seedlings of horticultural crops with high economic benefits are usually cultivated in a nursery bed, so they are pioneer crops in application of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi and more attention is paid to the extension demonstration. The mycorrhiza resources, ecology, and its effects on enhancing water and mineral absorption and utilization, increasing drought and disease resistance, improving yield and quality of horticultural crops are introduced, and the application status and prospects of AM fungi on horticultural crops are also discussed. It is concluded that the inoculation of AM fungi would become one of the important biological techniques in agricultural production in the new century, and there are wider application prospects in the green food production.

**Key words** Horticultural crops, AM fungi, Resources, Eco-agriculture

现代农业发展的同时,也产生了一系列资源、环境和生态问题。如森林、草原的破坏,土壤沙化、盐碱化和水土流失,化肥与农药大量施用对水资源和土壤造成的污染日益加重,甚至危及人类赖以生存的生态系统。为此,各国都在探索符合经济、生态和社会三大效益发展农业的新模式,达到保护资源和环境、保持农业生态系统的再生产能力,菌根生物技术是实现这一目标的新途径。本文着重讨论了丛枝菌根(AM)应用的先锋作物——园艺作物菌根资源、生态、生理效应及其在生态农业的应用现状与前景。

### 1 园艺作物菌根资源

近年来对栽培和野生果树调查发现,从草本、藤本到木本果树根系均形成菌根<sup>[1]</sup>,如苹果砧木根系均能形成内生菌根,从其根围分离鉴定出 *Glomus*、*Gigaspora* 和 *Acaulospora*,从葡萄分离到 15 种 AM 真菌,其中 *Glomus* 10 种, *Sclerocystis* 3 种和 *Acaulospora* 2 种,从香蕉根围分离到 *Gigaspora heterogama*、*G. decipiens* 和 *Glomus macrocarpum*,从柑橘上分离到 *Glomus citriculm*,从葡萄和山杏上分离到 *Glomus geosporum* 和 *G. versiforme*,从野生菠萝根围内发现 *Scutellospora scutata*<sup>[2-4]</sup>,这些结果表明果树具有丰富的 AM 真菌资源。Manju 等确定了苹果菌根围内的菌根类型,鉴定出 30 种真菌,其中 *Glomus macrocarpum* 和 *Trichoderma viride* 存在于所有土样中<sup>[2]</sup>,这一发现值得进一步深入研究。茄科、葫芦科、百合科和菊科等蔬菜作物均形成丛枝菌根,而十字花蔬菜则形成特殊类型的菌根。从西瓜、大葱、野豌豆、甜瓜、青椒、菜豆、番茄、茄子和韭菜上分离到 9 种 AM 真菌,其中 *Acaulospora* 2 种, *Glomus* 7 种,而以 *Glomus nusseae* 和 *G. versiforme* 分布最广。大多数草本和木本花卉都形成 AM,兰科植物形成兰科菌根,杜鹃类植物形成欧石楠类、水晶兰类和浆果鹃类菌根<sup>[1]</sup>。另外毛竹、大红花、米仔兰、非洲菊、希茉莉、圣诞红、剑兰、金银花、茉莉花、野牡丹、台欢、无刺含羞草、榕树、月季、非洲紫罗兰和玫瑰等为 AM,玫瑰根围土样中分离出 21 种 AM 真菌,而

\* 国家自然科学基金(39970498)、山东省中青年科学家奖励基金和山东省教育厅资助项目部分研究内容

*Entrophospora schenckii* 是在玫瑰园中发现的新种。绝大多数园艺作物形成 AM, 且具有丰富的菌根真菌资源, 今后还应加强菌根资源收集与保存工作。

## 2 园艺作物菌根生态

菌根真菌是土壤习寄菌, 各种生态条件尤其以土壤水、肥、气、热、微生物 5 大肥力因素对 AM 真菌的生长发育和功能影响最大。土壤养分状况对 AM 真菌的发育有直接影响, 高肥力土壤中 AM 真菌孢子数量少, 肥力低的尤其是速效氮、磷含量低的土壤内孢子数量则多。高 P 比低 P 处理土壤中的孢子量少, 高 P 条件下菌根侵染率均低于 5%<sup>[10]</sup>。但也有与之相反的报道, 如菊花在高 P 土壤中侵染率仍很高(64%)。一般认为中性至微酸性土壤有利于 AM 发育, pH 值对 AM 真菌侵染马铃薯的影响不大, 却明显改变了侵染的菌种<sup>[11]</sup>。因此土壤 pH 不同, 菌根真菌的组成不同; 不同属的菌根真菌有各自适宜的 pH 范围<sup>[1]</sup>, 故在筛选高效菌种过程中应注意 pH 的影响。不同土壤类型、湿度和通气性对 AM 真菌的侵染、分布有不同的影响, 砂土比粘土中 AM 真菌侵染发育好<sup>[2]</sup>。在土壤中通入一些 O<sub>2</sub>, 菌根内泡囊增加了 21%, 这与该类真菌的好气性有关。大多数真菌都有其最适温度范围, AM 真菌孢子数量有明显的季节变化, 产孢高峰一般在 6~7 月和 10 月份, 积温对 1 年中菌根的发生作用最大。一般认为自然条件下最适菌根发育的光照条件与寄主生长所需的光照条件基本一致, 但不同菌根真菌在形成菌根时要求的光照条件不一, 强光下低 P 处理的洋葱菌根侵染良好, 而高 P 处理降低侵染, 且其降低与丛枝发育无关; 弱光下不同 P 处理侵染状况差异不明显。所有处理丛枝中琥珀酸脱氢酶与碱性磷酸酶都有活性, 其内在作用机制尚有待于进一步研究。菌根真菌与其他土壤微生物之间的关系以及对植物的影响一直受到人们的关注, 认为 AM 真菌与有益的土壤微生物如根瘤细菌、自养固 N 细菌、溶磷细菌真菌、有益的放线菌之间具协同作用, 能共同促进植物的生长, 如在未进行土壤灭菌条件下 7 种放线菌能促进菌根侵染, 4 种增加了 AM 真菌菌丝密度, 并有利于洋葱发育, *Azotobacter chroococcum* 与 *G. fasciculatum* 共同促进洋葱的生长。苹果根外施 N、P、K 肥不抑制菌根的发育, 休眠期枝干喷 1%~2% 的尿素对菌根发育有不同程度的促进作用, 而生长长期根外施用 N、K、P 复合肥(0.5% KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + 0.5% 尿素)对苹果 AM 的发育有显著的促进作用。果园覆草除在改善山旱薄地等方面有明显作用外, 也增强了 AM 的发育, 覆草比清耕(对照)的金冠苹果树 AM 侵染率高、单位重量土壤中孢子数量多<sup>[2]</sup>。农业措施对菌根发育和功能的影响尚需进一步研究, 以便为 AM 真菌的大田应用提供理论依据和奠定基础。

## 3 园艺作物菌根的生理效应

AM 真菌通过诱导植物合成多种酶类、可溶性蛋白、类脂, 调节酶活性植物体内源激素平衡状况, 促进矿质养分和水分吸收利用、增强光合作用, 以提高植物抗旱性、抗病性和其他抗逆性、增加产量和改善品质。在低 P 或缺 P 状态下接种 AM 真菌能促进园艺作物对矿质养分的吸收, 并促进其生长, 如接种 AM 真菌可增加苹果、桃、番茄、青椒等 P 的利用率、枝叶和根内 Zn 的浓度显著增加, 在高 P 土中利于 Zn、Cu 的吸收、减轻或消除植株 P、Zn、Cu 缺素症。AM 真菌还能促进吸收难溶性磷, 这与其提高根围土壤中磷酸酶活性有关。该类真菌能提高水分传导力和蒸腾速率, 降低自然饱和和亏和永久凋萎点, 增强植株抗旱性。人们利用隔网分室法进一步研究了菌根吸收养分和水分的能力和机制, 评价了根外菌丝对扩大吸收领域和直接吸收的贡献<sup>[1]</sup>。一般认为, 植物体内几丁质酶和  $\beta$ -1,3 葡聚糖酶往往与抵抗病原物的侵入扩展有关, 而接种 AM 真菌能诱导植物合成一些新的蛋白质, 如病程相关蛋白 (PRs), 有许多 PRs 具有几丁质酶和  $\beta$ -1,3 葡聚糖酶的活性。接种 AM 真菌能减轻园艺作物土传真菌和线虫病害, 如接种 *G. fasciculatum* 和 *G. macrocarpum* 后, 单位土壤内根围病原微生物数量降低, 固 N 菌数量增加, 寄主植物的生物量大大增加, 表明一些 AM 真菌可代替化学药剂来防治苹果重茬病害<sup>[7]</sup>, 这为进一步研究开发 AM 真菌生物农药奠定了基础。园艺作物接种菌根真菌后最直观的效应是提高苗木移栽成活率、促进生长发育、增加产量, 这与 AM 真菌增加作物细胞分裂素、叶绿素的含量, 提高光合速率的功能是分不开的<sup>[1]</sup>。大量研究表明, AM 真菌能促进园艺作物的生长或增加产量, 但不同作物对菌根的依赖性不同, 洋葱、柑桔、葡萄、月季和芦笋等的依赖性最大; 桃、苹果、紫罗兰、矮牵牛的则居中, 西红柿的最小。而葫芦科蔬菜对菌根依赖性程度顺序为黄瓜 > 西瓜 > 苦瓜 > 葫芦 > 南瓜<sup>[2]</sup>。另外接种 AM 真菌还提高园艺作物果实中可溶性固形物、氨基酸、可溶性糖、粗蛋白和维生素 C 的含量, 从而改善产品质量。

#### 4 菌根真菌在园艺作物的应用

园艺作物经济价值较高,习惯于苗圃或营养钵育苗,这就为接种 AM 真菌实行苗木菌根化创造了有利的条件。在营养钵或苗木育苗的同时加入接种剂,形成菌根后即培育成菌根苗。将菌根苗移至大田可提高苗木移栽成活率,促进其生长,增加产量和改善品质,近年来该方面的研究与日俱增。在播种砧木种子的同时接种 AM 真菌,幼苗菌根化后能促进植株生长,并可在大田干旱条件下提高苗木的移栽成活率,表现为苗全苗旺,生长健壮,并可提早嫁接出圃;在苹果、桃、樱桃上也可提早 1 年嫁接出圃,并能提早 1 年开花结果,对于用来无性繁殖的枝条或根段可直接插到含有 AM 菌剂的容器或苗床上,能刺激插条生根,提高生根率和成活率,形成菌根后移栽能大大提高其成活率、生长量及苗木质量。当前利用组织培养方法进行苗木工厂化生产技术已有很大发展,组培苗是在无菌条件下繁殖的,缺少菌根则不利于苗木健康生长。研究证实 AM 真菌能促进苹果、葡萄、菠萝、柑桔等组培苗的生长,提高其移栽成活率。Lovato 等在葡萄、菠萝上接种颗粒状菌剂后寄主的新梢生长量增加 3 倍,侵染率比不接种对照显著高<sup>[1]</sup>,故组培苗接种菌根可显著促进其生长发育,并克服其移栽成活率低的难题。蔬菜作物同果树一样大部分可在苗圃和容器中接种 AM 真菌,培育成菌根苗,如辣椒、黄瓜、西瓜、甜瓜、菜豆、洋葱、西红柿和芦笋等作物应用 AM 真菌已取得显著效果<sup>6</sup>。如芦笋采用容器育苗时接种 AM 真菌并移植大田中促进了幼苗生长,缩短了育苗时间,显著提高芦笋的生长速率,产笋数、单笋重量和产笋总量和人体必需氨基酸的含量,特别是芦笋的产量连年增长,第 1 年平均增产 74%,第 2 年平均增产 50%。我国台湾省在甜瓜生产中已大面积应用 AM 真菌。莱阳农学院目前已在西瓜、芋头、菜豆和黄瓜等作物建立了 1 套大田接种技术并获得成功,效果显著,其投入产出比可达 1:3~5,深受瓜农的欢迎,促进了 AM 真菌的应用发展。近年来花卉和观赏树木倍受人们的青睐,花卉市场越来越多,将花卉种子或组培苗接种 AM 真菌能促进其生长、提高成活率、增加花产量并能提前开花,故应用 AM 真菌以获得高产、高效、优质的花卉是当前面临的研究课题之一。

#### 5 研究动向与展望

当前园艺作物菌根研究主要集中在对 AM 真菌有效性的评价和高效菌种的筛选;菌根化苗木的生产与大田应用;AM 真菌在作物病害生防中的作用和地位。AM 真菌促进作物矿质养分、水分吸收利用,提高抗旱性、抗病性、增强作物对盐碱和重金属毒害的耐性、改良土壤,提高苗木移栽成活率、促进生长、提高产量和改善品质的作用越来越受到世界各国的普遍关注,美国以及欧洲、亚洲和澳洲等发达国家和发展中国家都在加紧研究 AM 真菌在农业和林业的应用途径与方法,近年来已取得较快的进展如工厂化生产 AM 真菌接种剂技术已获得专利,并有商品化的接种剂在美国、法国、哥伦比亚、澳大利亚、加拿大、日本和印度等国家面市。接种菌根技术将成为 21 世纪农业生产中 1 项重要生物技术并具有广阔的应用前景。

#### 参 考 文 献

- 1 刘润进,李晓林. 丛枝菌根及其应用. 北京:科学出版社,2000.1~224
- 2 刘润进,薛炳辉,黄镇,罗新书. 山东果树泡囊——马枝(VA)菌根调查. 山东农业大学学报,1987,5(1):25~31
- 3 唐振尧,戴穆. 内囊霉科检索表的增补和新种——柑橘球囊霉. 云南植物研究,1984,6(3):295~304
- 4 张美伏,王幼嫻. 我国北部的七种 VA 菌根真菌. 真菌学报,1991,10(1):13~21
- 5 李敏,姜德锋等. 丛枝菌根菌对大田菜豆生长、产量及品质的影响. 生态农业研究,1999,7(3):43~46
- 6 孟祥霞,李敏等. 葫芦科蔬菜对丛枝菌根真菌依赖性的研究. 中国生态农业学报,2001,9(2):50~51
- 7 Caska V. Interrelationships between vesicular-arbuscular mycorrhiza and rhizosphere microflora in apple replant disease. *Biologia-Plantarum*, 1994,36(1):99~104
- 8 Li M, Li Y M, Liu RJ. Effect of arbuscular-mycorrhizal fungi on cucumber grown in the field. *Journal of Shandong Agricultural University*, 1999,30,156~161
- 9 Lovato P, Guillemain J. P, Gianuazzi S. Application of commercial arbuscular endomycorrhizal fungi inoculants to the establishment of micro-propagated grapevine rootstock and pineapple plants. *Agronomie*, 1992,12(10):873~880
- 10 Manju G, Lakshampal T. N, Gupta M. Identification of mycorrhizal types mycorrhizosphere mycoflora and vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi in apple. *Annals of Biology Ludhiana* 1993,9(1):87~93
- 11 Wang G M, et al. Effects of pH on arbuscular mycorrhiza. I. Field observations on the long-term lining experiments at Rothamsted and Woburn. *New Phytol*, 1993,124:465~472