

# 略论 VA 菌根在我国的应用<sup>\*</sup>

张美庆

(北京市农林科学院植物营养与资源研究所, 北京 100081)

**摘 要** 论述了 VA 菌根对植物生长的重要作用及在农林业中实际应用的必要性和可能性。指出当前及时开展面向生产的研究, 将 VA 菌根真正应用于实际并取得效益, 是关系到今后 VA 菌根研究能否继续发展的关键。在应用方法上重点提出了结合组培和工厂化育苗培育菌根化苗、“借鸡下蛋”接种法, 和其它有益微生物联合接种等看法。并讨论了达到互惠共生最佳状态的调控、不同菌株的接种谱、VA 真菌的防病及致病等问题。

**关键词** VA 菌根 应用

## 1 VA 菌根在植物生长中的作用

VA 菌根是土壤中某些真菌和宿主植物的互惠共生体。真菌和宿主植物的根紧密结合, 在根皮层细胞内、外生长形成菌根。共生体形成后其活动影响着植物生活的各个方面, 包括: 营养吸收——增加了植物对磷素<sup>[9]</sup>和硫<sup>[14]</sup>、铜<sup>[24]</sup>、锌<sup>[3]</sup>、硼等中、微量元素的吸收, 显著改善了植物营养状况<sup>[11, 27]</sup>; 增加光合作用速率, 引起代谢的某些变化, 改变碳素分配、渗透调节、激素平衡、细胞膜的渗透性和组织的化学组成。因而对养分循环的平衡和水分有效利用起重要作用, 同时也提高了对外部不利因素的耐受能力, 如: 病害、干旱<sup>[26]</sup>、冷害<sup>[5]</sup>、盐碱<sup>[6]</sup>……。此外土壤中菌丝网的存在还改善了土壤结构<sup>[11, 16]</sup>。表现在实际生产中则为: 1. 由于增加了植物的吸磷能力<sup>[9]</sup>和对难溶性磷的利用能力<sup>[28]</sup>, 可以更好地挖掘土壤全磷潜力。接种 VA 菌根真菌能减少磷肥施用量, 提高磷肥利用率, 是降低农田投入、增加产出的好措施。2. 提高植物抗旱能力。接种 VA 菌根可使农田节水, 提高干旱、半干旱地区作物、果树及绿化树苗的成活率, 使其正常生长, 提高产量。3. 抗病作用。VA 菌根可以减轻某些土传病害, 尽管其抗病机理尚未明确, 但很多试验, 特别在消除重茬地植物因病害而生长不良等结果证明, VA 菌根将不仅作为生物肥料, 而且可作为生物防病的一种有效措施。4. 提高植物抗逆能力。VA 菌根能提高植物对外部不利因素如冷、热、盐、碱、重金属污染等的耐受能力。

由于 VA 菌根的以上作用, 接种 VA 菌根可以减少移栽伤害, 提高移栽苗成活率, 节约农业生产成本, 促进植物生长, 最后增加作物经济产量和效益。

在当前众多的生物肥料中, VA 菌根不可忽视: 和根瘤菌相比, 它的宿主范围远比根瘤菌

广泛;和自生固 N 菌比。它和植物的关系比自生固 N 菌紧密、直接,而且它还有上述两菌所不具备的诸多功能。因此可认为 VA 菌根是一种在重要性上丝毫不亚于生物固 N 的生物肥料。

## 2 VA 菌根实际应用的必要性和可能性

由于 VA 菌根在植物生活中的重要地位,世界各国对它在农、林业、绿化和环境保护中的应用寄予很高期望。当前我国农业正向高产、优质、高效率发展,大片低产田需要改良,农田资源需要保护恢复,VA 菌根作为生物肥料,其应用前景是十分广阔的: 1 由于 VA 菌根对植物吸磷的作用,在我国广大缺磷地区有很大推广应用价值。2 由于 VA 菌根促进植物对水分的吸收和有效利用,在我国广大干旱、半干旱地区是节水农业的一项有效措施。3 为了丰富人民的菜篮子,在蔬菜生产基地的蔬菜工厂化育苗工程中(如番茄、黄瓜、青椒、辣椒、茄子、豆类、葱头等)加上 VA 菌根接种工序,育成菌根苗,可以保证苗全苗壮,缩短育种时间,并增加蔬菜产量,提前上市,增加效益。4 为了充实群众的果筐子,促进绿化事业,在林果苗木繁育基地的苗圃及容器育苗中接种 VA 菌根真菌(包括苹果、桃、梨、葡萄、核桃、西瓜、草莓及阔叶绿化树种),可以加速苗木生长,提高经济效益。5 VA 菌根能加快矿区废弃地的复垦速度,提高复垦效果。矿区废弃地上植物生长不良,接种菌根可以解决这个问题,这是目前国际关注的热点之一。全国各地有大面积矿区废弃地。如能早日变为良田,将可提供更多农田资源,缓解农田面积锐减的矛盾。6 在绿色食品基地配合进行微生物肥料和菌根真菌双接种改善植物氮、磷及其它元素营养,是生产绿色食品的重要途径。

因此现代农业应充分重视 VA 菌根的作用,加强研究,以便早日将其化为生产力。

由于 VA 菌根真菌不能脱离宿主植物独自培养,给研究和应用带来了很大困难,但它的应用并非不可能: 70年代后期美国在土壤灭菌的柑桔园中应用菌根,得到异常显著的效果,引起轰动效应。从而开始了菌根研究热潮。虽然至今尚未做到象细菌肥料那样大规模的生产和应用,但在菌剂生产和应用方面的研究一直在不懈地进行着,并已取得一些进展: 巴西某公司曾生产并出售菌根化苗木<sup>[12]</sup>,取得较好经济效益;加拿大的 Furlan等试图把盆栽技术传授给农民,以便将来应用于园艺、农业和造林<sup>[7]</sup>;美国盐湖城的 NPI公司通过温室生产菌根化苗木,受到农民欢迎<sup>[9]</sup>;佛罗里达的 Bid-Growth 公司用气雾培养法商业生产至少 6种 VA 真菌菌剂<sup>[19]</sup>,并在一些移栽作物上进行试验;澳大利亚正大力加强菌根在矿区复垦中的应用研究<sup>[15]</sup>。目前美国、英国、日本、印度等国均有高纯度菌剂出售。

我国的 VA 菌根研究始于 70年代末,经过十几年努力,目前已初具基础。在资源、生态、生理等方面都有较深入的研究,并在粮食、果、蔬、经济作物等二十余种植物接种试验中取得显著效果。四川、江西等在柑桔容器育苗中接种 VA 菌根菌,成为菌根化苗,缩短了育苗期,提高了树苗质量,而且移栽后无缓苗期,成活率高<sup>[21]</sup>。四川绵阳农专用水泥池生产接种剂进行了大麦、小麦、玉米、花生、西瓜等多种田间试验,效果均很好<sup>[23]</sup>。北京市农科院通过资源调查选育出两株抗旱、耐盐及高磷营养的菌株准备推广应用。中国农科院在基层举办培训班,希望达到在农村推广的目的……。但我国 VA 菌根研究仍存在很多问题,远远跟不上形势的需要。应当清醒地看到,当前我国 VA 菌根研究正处于三岔路口:或是和生产实践相结合从而得到较大的发展,成为一门新兴的活跃发展的学科;或是走下坡路,走向低谷,等待将来国外发展到一定程

度,再出现转机。之所以有这样严峻的形势,是由于过去VA菌根长期处于基础理论研究阶段,和生产实际挂不上钩。如果今后不向生产靠拢,将会失去生命力,在当前科研转轨的形势下也不符合国家对科研的要求,必然没有出路。反之,如能抓住时机,在目前已有的研究基础上及时开展转向生产所必需解决的问题的研究,并迅速作出样板,迈向生产,则能将VA菌根的研究推向另一个高潮,立于不败之地。

### 3 VA菌根应用方法和策略

由于VA菌根菌剂不能象其它细菌肥料那样用发酵法进行大规模工业化生产,VA真菌只有侵入根系才能存活、繁殖并发挥作用。因此在应用上必须另辟蹊径。为了精量使用接种剂并达到最佳效益,应研究新的使用方法。

#### 3.1 施用对象

感染VA菌根的植物由于根系发达程度不同,对菌根有不同的依赖性。依赖性高的植物接种效果较好,如:番茄、洋葱、青椒、韭葱、草莓、西瓜、葡萄、苹果、梨、柑桔、咖啡、可可、茶、木瓜、木薯、桉树、鳄梨、棕榈、香蕉、芦笋……等。应用时应首先选择这类植物才能得到明显经济效益。

#### 3.2 结合组培和工厂化育苗培育菌根化苗

很多试验已证明,在果、蔬组培或容器育苗时接种菌根真菌,使其成为菌根化苗木从而提高生产是可行的<sup>[4,21]</sup>,它有以下优点:①在容器育苗、组培育苗和“工厂化”育苗中VA真菌接种剂用量少,侵染率高,克服了菌剂不能大量生产和大面积应用的缺点。②菌根化苗木具有缩短育苗周期,提高苗木质量,增强苗木抗逆性,苗木成活率高等优点。③在育苗过程中接种VA菌根方法简便,不增加任何生产程序就完成了接种过程。④推广质量有保证。由于集中生产菌剂,工厂化培育菌根苗,质量能得到有效控制,容易消除假冒伪劣问题。农民只需购买菌根化苗,无需任何额外手续、条件或设备就完成了菌根的应用,可推广性极强。因此我们认为结合组培工厂化育苗生产菌根化苗木是VA菌根应用的主要方法。

#### 3.3 “借鸡下蛋”接种法

过去认为由于VA菌根接种剂生产规模的限制,粮食作物大田接种是不可能的。但研究发现菌根植物的根外菌丝在土壤中形成菌丝网,蔓延开去侵染附近其它植物的根部,此即为菌丝桥对未接种植物的相邻效应。因此可以运用间、套种法,隔行预播生长期短的豆科作物并接种,通过豆科植物的生长增殖土壤中的VA菌根繁殖体及菌丝数量,然后免耕播种大田作物,使土壤中菌丝网免受破坏,继续侵染。大面积绿化树种的大苗圃亦可采取此方法。此外,在果树、绿化树种及作物幼苗期短期保留部分禾本科杂草,以加强土壤中菌丝网数量,增加目标植物根侵染机会也许是可行的。

#### 3.4 和其它有益微生物联合接种

许多研究已经表明VA菌根对一些有益微生物的生长和作用具有正效应。VA菌根和根瘤菌双接种能增加结瘤和固氮活性,使植物N、P均受益<sup>[25]</sup>。据报道具有内、外生菌根的植物进行VA菌根和外生菌根双接种<sup>[1]</sup>、VA菌根和有解磷作用的微生物双接种后植物生长均优于单接种<sup>[20]</sup>。因此在有条件时应尽可能进行双接种,以充分发挥各自优势。

## 4 需要研究的几个问题

VA 菌根是一门新兴的学科分支, 在国际上广泛开展研究的历史较短, 学科发育很不成熟, 很多基本理论和实践中出现的问题都亟待解决。因此在研究推广应用时应注意研究有关生态、生理等机理问题

### 4.1 互惠共生的条件, 研究使植物最大程度受益的调控因素

VA 菌根通过 VA 真菌在植物根皮层内生长, 形成丛枝结构而和植物进行物质交换。真菌将由根外菌丝网从土壤中吸收到的磷素及其它营养元素供给植物, 并从植物得到真菌生长所必须的光合产物碳水化合物。植物由共生受益的程度取决于得 (促进因素) 和失 (减弱因素) 之间的平衡。这种平衡取决于植物宿主和真菌双方的行为。从真菌角度说, 根内菌丝 (侵染率) 和根外菌丝的比例是否适度决定了共生的平衡与否<sup>[30]</sup>。如根内菌丝过少, 形成丛枝数也少, 则根内物质交换场所不够, 尽管根外菌丝吸收大量磷素, 但植物得到的不多, 不仅如此, 而且还要支出许多养分维持根外菌丝网生活。如根外菌丝网发育不良, 则从土壤中吸收养分的作用减弱, 植物同样受益不多, 而且过高的侵染率也有使共生转化为寄生的危险。菌根共生是植物和真菌在长期进化过程中形成的协调关系, 植物有能力限制真菌的过多侵染。根内外菌丝的比例可能通过许多内、外因素调控, 植物-真菌种之间的相互选择性<sup>[22]</sup>即是一种调控方式。为了得到最好的接种效果, 应该加强对这些调控因素的研究。如: 选择植物-真菌最佳组合、土壤因素、光照、温度调控等。

### 4.2 人工接种最佳效益的研究

自然状态下很多植物本来就是菌根共生体, VA 真菌本已普遍存在于土壤中 (为了和接种的菌株相区别, 将它们称为“土著菌株”), 但因在自然状态下土壤中土著菌繁殖体的数量一般较低, 菌种活性比筛选出的菌种差。因此, 为了保证植物侵染并受益, 应当进行人工接种。人工接种的效果取决于许多条件, 如: 菌种的优劣与适宜性, 接种时间、数量及方法等。由于植物-宿主的相互选择性, “高效菌种”是相对某一或某些植物而言的。广幅生态型菌种可以适应相对广泛的植物种类及土壤类型<sup>[29]</sup>。以某种主要应用对象为试验植物筛选优良的广幅生态型菌种在实践中较为可行。但广幅生态型菌种 (如 *G. mossae*) 也并不是任何植物都适接种的, 它的不同菌株对不同植物的接种效果亦有区别。因此, 选出一个菌株后应进行宿主适宜性试验, 得到该菌株的接种谱, 以确保实际应用的效果。对某些要求特殊菌种的植物应有针对性地选出适合它的优良菌株。人工接种的方法, 在本文第三部分中列举了几种, 但大都还很成熟, 应重点、专门加以研究, 在不同情况下灵活应用。

### 4.3 防病与致病问题

近年来大量研究证明 VA 菌根能防止某些土壤根病, 但也有过相反的报道, 认为它可能促进某些植物病害的发生。VA 菌根和植物病害的关系是 VA 菌根应用于农业生产时必须面对和解决的严重问题。这是一个复杂的生态、生理学问题, 但多年来未有满意答案。有人认为和真菌及宿主植物的种有关<sup>[18]</sup>; 也有人认为和土壤中 VA 真菌和病原菌孢子数量有关<sup>[11]</sup>……。这些都不无可能, 某些不适宜的真菌-宿主组合可能不仅无益而且有害。由于近年来正效应的报道增多, 负效应的报道则减少。笔者推测是否和正确选择宿主植物及接种剂纯度和质量的提

高有关。如果接种剂中有足够的 VA 真菌繁殖体,又不含病菌,VA 菌根就会首先占领根部,并持续保持优势,不仅能阻止病菌入侵,而且由于植株生长健壮也增加了植株对病害的抵抗力。从这个意义上讲,商业生产的菌剂质量检验是十分重要的。

12年前美国著名菌根学家 N. C. Schenck在纪念菌根发现 100周年的第 6次北美菌根会议上回顾了近几十年来 VA 菌根的巨大进展后说,如果今后 10年 VA 菌根的研究仍保持象过去那样的进展速度,我们可以期望 VA 菌根商业化生产及应用会取得成功。由于种种原因,他的话并未完全实现。但 VA 菌根商业化生产及应用的基础已打好。只要我们把握时机,加紧研究现实应用中必须解决的理论和技术问题,VA 菌根真正在生产中起作用的日子就不会太远。

## 参 考 文 献

- 1 Aguilón RL, Garbaye J. Some aspects of a double symbiosis with ectomycorrhizal and VAM fungi Agriculture, Ecosystems and Environment 1990 29: 1~ 4 263~ 266
- 2 Al-Momany A, Haddad A, Alexandria A. Effect of VAM on Fusarium wilt of tomato and pepper J Agriculture Res 1988 33(1): 249~ 261
- 3 Bowen GD, et al Zinc uptake by mycorrhizal and uninfected roots of Pinus radiata and Araucaria cunninghamii. Soil Biol Biochem, 1974, 6: 141~ 144
- 4 Charest C, et al How VAM F affect chilling resistance in maize In Peterson L, et al eds Abstracts of the 9th North American Conference on Mycorrhizae 1993 80
- 5 Estuán V, Sava R. Salt stress and VAM interactions on pistacia vera water relations In Allen M F, et al eds Abstracts of 8th NACOM, 1990 96
- 6 Furlan V. Large scale application of endomycorrhizal fungi and technology transfer to the farmer In Peterson L, et al eds Abstracts of the 9th NACOM, 1993 77
- 7 Giovannetti M, et al Histological physiological and biochemical interactions between VAM and Thielaviopsis basicola in tobacco plants J Phytopathology, 1991, 131(4): 265~ 274
- 8 Hayman DS, et al The role of VAM in the removal of phosphorus from soil by plant roots Revue d'Ecologie et de Biologie du sol 1972 9(3): 463~ 470
- 9 Kománek PP, et al The influence of VAM on the growth and development of eight hardwood tree species Forest Sci 1982 28(3): 531~ 539
- 10 Millner PD. Characterization and use of VAM in agricultural production systems Beltsville symposia in AgriResearch 14 the rhizosphere and plant growth Keister DL, Grogan PB, eds 1991 335~ 342
- 11 Lindemann RG. Biocontrol and mediation of soil microbial activity. In Allen M F, et al eds Abstracts of 8th NACOM, 1990 186~ 187
- 12 Lin M T. Commercial utilization of VAM fungi the brazilian experience In Allen M F, et al eds Abstracts of 8th NACOM, 1990 185
- 13 Parr M. Commercial source of VAM fungal spores and sheared-root inoculum for both research and commercial purpose In Peterson L, et al eds Abstracts of 9th NACOM, 1993 93
- 14 Rhodes LH, Gerdemann JW. Hyphal translocation and uptake of sulfur by VAM of onion Soil Biology and Biochemistry, 1978 10(5): 355~ 360
- 15 Robson A, et al Eucalyptus respond to inoculation with VAM F. In Peterson L, et al eds Abstracts of 9th NACOM, 1993 77
- 16 Sampangi-Ranaiah K, Bagyaraj D J Root diseases and mycorrhizae—a review. J Phytopathological Res 1989 2

(1) 1~ 6

- 17 Simm ons G L, Pope P E. U sing VAM to enhance seedling root grow th in compacted soil Northem JA p-  
plied Forestry, 1988 5( 1): 65~ 68
- 18 Sivaprasad P, et al VAM colonization in low land rice roots and its effect on grow th and y ield Interna-  
tional Rice Res New sletter 1990 15( 6): 14~ 15
- 19 Tello J C, et al Mycorrhizae a potential against plant diseases IF EA Information Technica Econom ica A -  
graria 1987 18(73): 40~ 64
- 20 T in Wood Comm ercial pot culture inoculum production quality control and other headaches. In M olina  
R, ed Proceedings of the 6th NACOM, 1984 84
- 21 Waterer D, Iqbal M S. Im pact of VAM F and a P-solubilizing fung ion grow th and P uptake of vegetable  
crops as influenced by soil temperature. In Peterson L, et al eds Abstracts of 9th NACOM, 1993 96
- 22 万水林. 柑桔菌根容器育苗技术研究. 江西农业科技, 1992(6): 26~ 28
- 23 王幼珊, 张美庆. VA 菌根真菌与宿主植物间的相互选 择性. 北京农业科学, 1989 (6): 4~ 7
- 24 王幼珊, 张美庆. VA 菌根对植物耐旱性研究及菌株筛选. 见: 土壤资源特性与利用. 北京: 北京农业大  
学出版社, 1992 366~ 369
- 25 冉成玺等. VA 菌根在农作物上的应用研究. 绵阳农业专科学校学报, 1988(2): 8~ 13
- 26 汪洪钢, 吴观以, 李慧荃. VA 菌根与根瘤菌的相互关系及对花生生长的影响. 微生物学通报, 1985, 12  
(2): 49~ 51
- 27 李晓林, 曹一平. VA 菌根菌丝对土壤磷和铜的吸收及其相关性. 中国农业科学, 1992 25(5): 65~ 72
- 28 林先贵, 郝文英, 施亚琴. VA 菌根对植物耐旱、涝能力的影响. 土壤, 1992 24(3): 142~ 145
- 29 郭秀珍, 毕国昌. VA 菌根、林木菌根及应用技术. 北京: 中国林业出版社, 1989 80~ 131
- 30 张美庆, 王幼珊, 等. 我国北方 VA 菌根真菌某些属和种的生态分布. 真菌学报, 1994 13(3): 166~ 172
- 31 张美庆, 王幼珊, 等. VA 真菌耐高磷营养菌株筛选. 华北农学报, 1995 10(3): 76~ 79

## The Prelim inary Exposition of Application of VA Mycorrhizae in China

Zhang M ei qing

(The Institute of Plant Nutrition and Resources, Beijing M unicipa l A cadem y  
of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100081)

**Abstract** VA mycorrhizae play an important role in the life of its host plant. There is a great potential of VAM in the practical use in agriculture and forestry. It is pointed out that it is essential for the continuation of VA mycorrhizal research to conduct studies which face production, to put VA mycorrhizae into practical use, and to achieve favorable results. Some application methods such as containerized mycorrhizal seedling were suggested. The advantage and application area of producing containerized mycorrhizal seedling were discussed. The regulation of mutualistic symbiosis, the inoculation spectrum of different isolates, and the relation between VAM fungi and plant diseases were also mentioned.

**Key words** VA mycorrhizae Application