

②
43-47

食用菌根真菌的研究进展 Advances in Edible Mycorrhizal Fungus Research

李海鹰 周兴[✓] 王桂文 范嘉晔
Li Haiying Zhou Xin Wang Guiwen Fan Jiaye

S646

(广西科学院生物所 南宁 530003)
(Institute of Biology, Guangxi Academy of
Sciences, 2 Daling Road, Nanning, Guangxi, 530003)

A **摘要** 阐述了食用菌根真菌的主要研究内容: (1) 形成菌根的食用真菌与宿主植物。(2) 食用菌根真菌分离和培养。(3) 食用菌根真菌的人工栽培等三方面的现状与进展。并指出食用菌根真菌的分离培养及人工栽培还面临许多严峻的困难, 要取得突破性和实用性的进展, 在进一步提高人工培养的技术水平的基础, 还需借助现代化的研究手段, 不断探索, 才能如愿以偿。

关键词 外生菌根 食用菌 分离培养 栽培

菌根, 真菌

Abstract The situation and advance in edible Mycorrhizal fungus research were summarized, which included: (1) Edible Mycorrhizal forming fungus and its habit plant; (2) Its isolation and propagation; (3) Its artificial cultivation et al. Meanwhile, it is pointed out that isolation, propagation and artificial cultivation of edible Mycorrhizal fungus are confronted with a lot of cruxes, and that breakthroughs in the isolation, propagation, and artificial cultivation of edible Mycorrhizal fungus must depend on enhancement of artificial cultivation techniques, modernzation of research means, and continuous exploration.

Key words Ectomycorrhizal, edible fungus, isolation, cultivation

菌根(Mycorrhiza)是植物根与真菌菌丝紧密结合而形成的共生体, 而食用菌根真菌(edible Mycorrhizal fungi)是指与植物形成菌根并能产生可供人类食用的子实体的大型高等真菌。根据菌根的解剖特征及植物共生体和真菌共生体的关系, 可以将菌根分为: 泡囊-丛枝菌根(Vesicular-arbuscular mycorrhiza, 简称VA菌根)、外生菌根(Ectomycorrhiza)、内外生菌根(Ectendmycorrhiza)、浆果鹃类菌根(Arbutoid)、水晶兰类菌根(Monotropoid)、杜鹃类菌根(Ericoid)、兰科菌根(Orchid)^[10]等7种。而食用菌根真菌与植物形成的菌根多半是外生菌根^[8]。

我国幅员辽阔,自然环境复杂,食用菌资源极为丰富,已知国产野生食用菌625种^[8]。能人工栽培的仅约20种(其中绝大多数是腐生菌,占总数的3.5%,绝大多数食用菌处于野生状态,在急待开发的野生种中约有350种是树木的外生菌根菌,占食用菌总数的56%^[8]。许多名贵的食用菌如黑孢块菌、松口蘑、松乳菇、美味牛肝菌、变绿红菇等都属菌根真菌^[5],食用菌根真菌资源如此丰富,近年来越来越受到菌类科学工作者的关注,目前国内外学者对食用菌根真菌的研究已积累了不少的研究资料和栽培经验。

1 食用菌根真菌与宿主植物

1.1 形成菌根的食用菌根真菌

目前已见于文献报道的,可以和植物形成菌根的食用真菌,在分类上它们属于真菌门(Eumycota)中的担子菌亚门(Basidiomycotina)和子囊菌亚门(Ascomycotina)。据现有资料统计包括26个科52个属^[4,5,14],其中以担子菌占的种类居多,其著名的食用菌根菌有松口蘑(*Tricholoma matsutake*)、美味牛肝菌(*Boletus edulis*)、松乳菇(*Lactarius deliciosus*)、鸡油菌(*Cantharellus cibarius*)、血红柳钉菇(*Chroogdmphus rutilans*)、灰离褶伞(*Lyophyllum aggregatum*)和正红菇(*Russula vinosa*)等;子囊菌占的数量次之,其著名的食用菌根菌有黑孢块菌(*Tuber melanosporum*)、白块菌(*T. maguatum*)和夏块菌(*T. aestivum*)等。

根据对宿主植物共生的专化性,^[7,10]食用菌根真菌可分为三类群:(1)广性宿主真菌。具有广泛宿主的菌根菌,可与多种植物产生共生,例如铜绿红菇(*Russula aeruginea*)可与荷树、锥栗、藜蒴、米碎花、红车等树木形成菌根;黄红菇(*R. lutea*)与荷树、银柴、锡叶藤等树木形成菌根^[13]。(2)中等专化性的真菌,子实体只和一定量的植物联系在一起。(3)专性宿主真菌。只有很窄的共生范围,可与某个属或某个种的植物形成菌根,其子实体也只与某个属或种的植物联系在一起。例如,点柄粘盖牛肝菌(*Suillus granulatus*)只与松树形成菌根^[4];松口蘑与高山松、云南松形成共生^[11]。专性对人工栽培影响较大,菌类学家普遍认为,专化性越强,人工栽培越难,反而,较易。

食用菌根真菌对营养的要求亦具有选择性,大多数菌根真菌利用复杂含碳化合物的能力很差,普遍不能利用纤维素和木质素,只能利用简单的碳源,例如葡萄糖、甘露醇和果糖是普遍被利用的良好碳源,蔗糖、海藻糖和淀粉,亦能被利用,但不同的菌种在利用程度上有差别。它们主要从宿主植物处获得碳水化合物和一些必需的物质,有些菌根真菌没有与宿主植物形成菌根,就不能形成子实体,不能完成自己的生活周期。

1.2 食用菌根真菌的宿主植物

形成外生菌根的植物约占花植物的3%,绝大部分是乔灌木树种,只有极少数是草本植物和亚灌木^[4]。据Harley & Smith(1983)的统计,形成外生菌根的植物包括43个科的139个属的树种^[10]。例如松科、桦木科、忍冬科、山毛榉科、豆科等植物。而我国学者对各地区的外生菌根亦进行了大量的调查研究。例如程书秋、毕志树等对鼎湖山自然保护区的调查结果证明,有近69种外生菌根与19种树木形成菌根^[13]。何绍昌等对贵州林木外生菌根真菌的调查结果,有21种树木与29属156种真菌形成真菌^[14]。

宿主植物对共生真菌的选择性也很不相同,有很多树种能同多种真菌形成外生真菌,甚至同一棵树上或同一新根上都有很多不同种的菌根真菌,例如马尾松就可与约25个属的36个种的食用菌根真菌形成共生^[15]。而桉木则只能与少数几种真菌形成菌根。龙脑香科的外生

真菌具有很强的专化性^[4]。不同树龄形成的菌根类型也不同，一般年幼的树木形成的菌根类型比成年树木的要少。

在菌根菌与宿主植物高度平衡的联合体中，它们互惠互利，宿主植物通过菌根真菌来扩大根系的吸收面积，增加对土壤中磷素和其它元素的吸收和利用，通过吸收利用菌根真菌产生的生长激素和抗生素促进自身的生长，通过菌根真菌的作用来增强自身的抗逆性。有些宿主植物如果没有菌根真菌共生，生长发育就不良，有些植物甚至不能生活^[4,6,10]。

2 食用菌根真菌分离和培养

外生菌根真菌的培养获得，可采用孢子分离法、子实体分离法和菌根组织分离法^[9]。由于菌根真菌与宿主植物共生的生活方式，因而它的分离培养比腐生菌困难得多，国内外学者尝试以不同的方法、途径解决这一难题，目前已有少量菌根真菌获得纯培养，但与内生菌根真菌相比却前进了一大步。

2.1 孢子分离

担子菌亚门的菌根菌的孢子在人工培养基上的发芽率非常低，Fries (1978) 指出，担子菌的外生菌根中，鹅膏菌属 (*Amanita*)、褶膜菌属 (*Cortinatius*)、铆钉菇属 (*Gomthidins*)、桩菇属 (*Paxillus*)、乳菇属 (*Lactarius*)、红菇属 (*Russula*) 等属的菌丝在人工培养条件下能够生长，但它们的孢子在相同条件下却很少萌发。Fries 对诱导外生菌根真菌孢子萌发做了大量的研究。他通过对褐疣柄牛肝菌、橙黄疣柄牛肝菌、漆蜡蘑、红乳菇麦、边网褶菌等菇种的孢子深入研究，结果表明能引发孢子活化因子 (The germination-induomg factor 简称 GIF) 有 3 类：一是外源微生物，例如酵母 (Yeasts)，尤其是红酵母 (*Rhodotorula*)；二是孢子自体菌丝体 (孢子与菌丝体可相互识别)；三是宿主植物根系浸出物^[1,2,3]。Fries 的研究结果相当重要，现有少量菌根真菌的孢子采用 Fries 的方法，已分离成功。

现代生物技术为外生菌根菌的孢子萌发提供了新的思路，笔者正致力于应用植物组织培养技术进行食用菌根真菌孢子萌发的探索性试验，构思为：借助植物组培技术，获得宿主植物根或植株的无菌无性繁殖系，利用这种无性系，人为地建立一个宿主植物与菌根真菌的共生体系，在这种体系里给菌根真菌的孢子创造一个贴近自然环境下的生活模式，使其从宿主植物的根系里获得萌发所需的营养物质 (是提供养分或者是活物质有时难以区分) 从而获得纯菌丝体。要把构思变成一种新颖的实验方法，还需不懈的努力。

外生菌根真菌的孢子萌发的研究之所以诱人，一是目前尚未完全解决的难题；二是具有极其重要的学术和经济价值，正如 Fries 指出，该研究一旦取得突破，真菌的遗传、分子生物学特性、种间关系、分类、进化等相关的研究，将开辟一个广泛的新领域^[3]。

2.2 子实体的组织分离

食用菌根真菌的子实体组织分离比孢子分离较易，但与腐生菌比较，难度仍比较大。国内外学者在这方面做了不少的实验研究。日本学者三村钟三郎、西门义一、山内已西、山滨田稔对松口蘑的子实体组织分离分别进行了试验研究，1955 年山滨田稔在研究松口蘑的生理生态基础上，确立了滨田氏松口蘑培养法，使松口蘑的子实体组织分离首获成功，其培养基配方为：在 1000 ml 水中加入 200 g 葡萄糖、5 g 干酵母、1 N HCl 约 1.6 ml、20 g 琼脂。我国学者王明福、唐利民、覃伟等采用上述配方，分离四川松口蘑的子实体，均获得丝菌丝体^[11]。而我国学者还进行了外生菌根真菌组织分离培养比较试验，选用国内外较常用的 PDM、M-

76、MMN培养基,对14个属的20种菌根真菌进行组织分离,试验结果显示,PDM、MMN的成功率较高,可达45%。

笔者在深入了解广西浦北鳞盖红菇(*Russula lepid*)的生理及生态环境基础上,吸取前人的经验,1991年对其子实体进行组织分离,获得了该菇种的纯菌丝体。随着研究的深入,食用菌根真菌子实体组织分离成功的菇种将会越来越多。

2.3 菌根组织分离

菌根组织分离法的分离材料是形成菌根的宿主植物的根,分离中较易产生交叉感染,成功率较低,分离所得的菌丝体较难确定是否是试验所需的材料,所以一般不作为一种主要的研究方法,而作为孢子、子实体组织分离的验证的辅助手段为多。目前有少量菇种用菌根组织分离成功,其培养基配方与分离子实体组织类同。

食用菌根真菌的分离培养近几十年来做了大量的研究,与内生菌根菌相比,取得了长足的进步,但与腐生菌相比,进展还是比较缓慢。分离培养是获得纯培养的重要实验手段,是深入研究该领域的物质基础之一,值得引起广大学者的关注,但由于食用菌根真菌生活在特殊的生态条件之中,给研究带来一定的难度,若借助现代化的实验方法,可能会有利于该研究领域的突破。

3 食用菌根真菌的人工栽培

食用菌根真菌生活在与植物根系共生的复杂系统中,因而不能象香菇、平菇、金针菇一类腐生菌那样易于进行人工栽培,迄今为止,仅有少数种类在人工栽培或人工培养条件下可形成子实体,而绝大部分种类尚不能人工栽培。目前食用菌根真菌栽培技术较为成功的是西欧的块菌。法国19世纪初,创造了间接地栽培黑孢块菌的方法,即在黑孢块菌分布区域内种植宿主植物栎树,靠天然接种的办法使栽培的栎树感染上黑孢块菌的技术,从而获得“人工”培植的块菌,这种人工培植的块菌1995年首次出现在巴黎市场上,1970年法国农业研究所(INRA)建立了人工栽培黑孢块菌的实验方法。8年后法国Agro-Tvuffe公司宣布田间人工栽培黑孢块菌成功,并投入商业性生产,这种方法还扩展到西班牙、美国和意大利。块菌在意大利已成为一种产业,人工栽培的块菌有黑孢块菌、白块菌和夏块菌^[12]。

西欧栽培块菌的方法大体为育苗、接种、合成菌根、菌根化苗木移栽建园(造林)、管理、收获等几个环节。将宿主植物栗树、榛等种子播在花钵中,待幼苗生长后接种块菌孢子(也有的播种的同时接种块菌孢子),提供最佳条件(基本上在温室内进行)使孢子萌发后侵入宿主植物幼苗的根中形成菌根,从而使幼苗菌根化,秋末便转移到室外苗床上经适应环境一段时间,次年春季便可移栽到块菌栽培园,对栽培园需悉心管理。一般从栽下至开始产块菌需要5—7年,以后年年有收,可收获几十年^[12]。

日本在19世纪初对松口蘑(松茸)开始一系列的研究,但人工栽培尚未能取得突破性或实用性的成果,仅停留在人工培养感染苗木阶段。近年日本采用了一系列措施来提高发生林内松口蘑的产量,具体的做法为:(1)清理松口蘑发生林。把一些不利于宿主植物生长的树木砍伐掉,客观上造就适宜松口蘑的生长条件。(2)在适合松口蘑发生的林内进行纯菌丝、孢子、菌根等接种方式,人为地制造新的菌床,以期增加出菇的面积,(3)在松口蘑预定发生地,人为地设置隧道式大棚,用降温保湿等技术,使松口蘑的出菇时间提早或推迟,以此增加单位面积的产量^[11]。在人工栽培仍未成功的情况下,为满足市场对松口蘑的需求,上述仍

是增加松口蘑产量的有效之举。

日本学者 (Yoshiro Oyama) 在对美味牛肝菌营养生理进行深入研究基础上, 1974 年首次获得了人工培养的子实体, 在驯化菌根真菌的研究工作中作出了重要贡献, 但目前仍未取得实用性成果。

我国在食用菌根真菌人工栽培方面起步较晚, 近年在松口蘑、美味牛肝菌、鳞盖红菇等菇种开展了一些探索性试验。但我国在林业上应用菌根菌纯培养接种于造林苗木上, 使造林苗木菌根化, 从而提高出菌率, 造林成活率和增加林木的生长量等方面的研究、推广较为迅速, 因而有可能对食用菌根真菌的人工栽培研究起到一定的促进作用。

4 小结

综观食用菌根真菌的研究领域, 进展还比较缓慢, 原因是菌根菌与植物在漫长的进化历史中, 共同演化, 共同发展, 形成一种互利互惠, 互为依靠的共生关系, 而我们对这种共生生物学特性的研究和了解, 近几十年虽有了明显的进展, 可是在许多方面对菌根的认识还仅仅停留在表面现象的阶段, 而将菌根真菌与宿主作为一个整体来研究其独特的生理过程几近空白, 对子实体形成的生理生化知识还很缺乏。而人工条件下孢子不易萌发, 菌丝体培养相对困难, 子实体难以形成等问题, 使得栽培食用菌根真菌方面我们还面临着许多严峻的困难。但随着科学技术进一步发展和学科之间的借鉴渗透, 原被认为寄生或共生的菌物却在腐生型培养基上获得成功, 这些飞跃, 将可能逾越专性寄生不能人工培养的鸿沟, 所以在提高人工培养的技术水平, 更好地保存资源的基础上, 借助现代的生物技术, 食用菌根真菌的奥秘将会逐渐为人类所揭示。

参考文献

- 1 Fries N. The third benefactors, lecture ecological and evolutionary aspects of spore germination in the higher Basidiomycetes. *Trans. Br. mycol. Soc.* 1987, 88 (10); 1~7.
- 2 Fries M. Basidiospore germination in Some mycorrhiza-forming Hymenomyces. *Trans. Br. mycol. Soc.* 1978, 70 (3); 319~324.
- 3 Fries N. Intra- and interspecific basidiospore homing reactions in *Leccinum*. *Trans. Br. mycol. Soc.* 1983, 81 (3); 559~561.
- 4 郭秀珍, 毕国昌. 林木菌根及应用技术. 中国林业出版社, 1989, 12~68.
- 5 杨新美主编. 中国食用菌栽培学. 农业出版社, 1988, 117~178; 530~557.
- 6 王云. 菌根研究与食用菌栽培. 食用菌, 1990, 1; 2~3.
- 7 王云. 块菌的研究及我国块菌资源的开发利用. 食用菌, 1988, 3; 2~3.
- 8 卯晓岚. 我国的食菌资源及其利用. 食用菌, 1988, 1; 4~5.
- 9 顾真荣, 纪大千. 外生菌根真菌组织分离培养基比较试验. 食用菌, 1987, 2; 5~6.
- 10 黄亦存, 沈崇光, 裘维馨. 外生菌根的形态学. 解剖学及分类学, 1992, 11 (3); 169~181.
- 11 谭伟. 松口蘑栽培理论及方法. 食用菌学报, 1994, 1 (1); 53~63.
- 12 张斌成. 意大利块菌业考察见闻. 食用菌, 1989, 11 (5); 6.
- 13 上官舟建. 闽西结菇资源生境考察. 食用菌, 1989, (2); 3.
- 14 上官舟建. 论菌物与微生态的相关性. 江苏食用菌, 1994, 5 (1); 34.
- 15 程书秋, 毕志树, 李崇. 外生菌根与林木联系的研究初报. 广西植物, 1986, 6 (4); 285~293.

(责任编辑: 邓大玉)