

外生菌根真菌与树木联系的研究初报

程书秋* 毕志树 李 崇

(广东省微生物研究所, 广州)

摘要 本文报道了69种外生菌根与19种树木联系所形成的菌根形态及其微观的初步分析。

外生菌根是真菌与树木形成的一类菌根共生体, 其主要特征是: 真菌菌丝包缠于植物小根和营养根周围形成菌套, 同时, 菌丝入侵到根外表皮和皮层细胞之间形成哈氏网。

在外生菌根的研究中, 对于如何确定真菌与树木所发生的联系, Zak (1973) 归纳了四种方法: 1.) 利用纯培养进行回接, 观察是否形成菌根; 2.) 比较从菌根与从子实体中分离到的真菌, 以确定其联系; 3.) 顺着菌根上的菌索和菌丝体寻找真菌子实体; 4.) 顺着子实体基部的菌丝体或菌索寻觅与其相连的菌根。他并着重肯定了第四种方法的准确性和实用性。

作者采用 Zak 所述的第四种方法, 从1983年至1984年对广东鼎湖山自然保护区近69种外生菌根进行了初步调查, 并对其与树木联系所形成的外生菌根的菌根形态以及其微观作了较为细致的观察。本文就此方面的研究工作作一初报。

材 料 与 方 法

菌根标本采自鼎湖山自然保护区内各种林型。在林下发现大型真菌子实体后, 小心挖掘子实体的基部及其周围, 顺着菌丝体或菌索寻觅与之相联系或者具有与之相似的菌丝体或菌索的树木侧根和小根, 装入塑料袋内带回驻地用清水漂洗干净, 剪成2—5厘米长搁入盛有清水的玻璃小瓶, 暂保存于冰箱中。观察结果后, 用FAA液固定, 以便长期保存。

室内工作主要是观察菌根宏观、微观结构。为了确定外生菌根以及进行外生菌根分类的需要, 作者选取以下特征进行观察并加以描述: 菌根的外形包括特殊的变形和分枝; 菌套的特征包括颜色、表面特征以及菌丝组织的特征; 附根菌丝体和菌索外观以及显微镜下菌丝的特征等。

将根浸泡在平皿内任其舒展。先在解剖镜下观察根的形态、菌套、菌丝体和菌索等的宏观特征, 然后在显微镜下观察经梅氏液或锥蓝染色的菌丝、菌索以及菌套菌丝组织和哈氏网。有时, 选部分根进行透明染色并观察菌丝入侵情况。对比较典型和特殊的菌根、菌丝体和菌索进行拍照。

采集时, 根据树根寻找并确定树种。子实体按常规方法记载和鉴定。标本保存在广东省微生物研究所真菌标本室内。

* 现工作于四川医学院

结果与分析

作者采集并观察了69种外生菌根, 这些外生菌根由43种大型真菌分别与19种树木共生所形成(图版 I: 6)。

初步调查结果表明, 除报道有些是常见与树木共生的如牛肝菌、红菇、乳菇、鹅膏菌以及硬皮马勃和豆马勃等外, 有些则未见报道的, 例如双球小菇 *Mycena bisphaerigera*、网翼南方牛肝菌 *Austroboletus dictyotus*、卡地粉褶蕈 *Entoloma carolinianum*、亚亮粉褶蕈 *Entoloma sublucidum* 等。其中大多数种类与鼎湖山的主要森林树种如藜蒴、锥栗、荷树、桉树以及马尾松普遍发生联系, 形成外生菌根。

表1 真菌与桉树联系形成的菌根

外生菌根菌	菌根外形	菌套	贴附菌丝体	菌索
双球小菇 <i>Mycena bisphaerigera</i>	膨大成臃肿, 瘤状, 多为单根。	黄到黑色, 茧状, 老变粗糙。附菌丝多或少。拟薄壁组织。菌丝宽2.4—3.8微米, 具突起。	多, 白色丝状。菌丝宽约3微米, 分枝, 薄壁。	白, 宽约60微米, 分枝, 菌丝排列紧密, 直径3.5—4.2微米。
小蘑菇 <i>Agaricus microgethus</i>	粗肿。一般为长根、树状分枝。	黄到棕色, 皱皮状。附菌丝少, 短。拟薄壁组织。菌丝宽约3.5微米。	多, 白色丝状。菌丝宽2.8—3.4微米。	缺。
小小红菇 <i>Russula minutula</i> var. <i>minor</i>	稍膨大或臃肿, 多为密羽分枝。	黄色, 丝织物状, 附毛发状菌丝。疏丝组织, 菌丝直径3.5—4.0微米, 分节短。	大量, 白色到淡棕色。细丝状, 菌丝宽3.0—3.2微米。	淡棕色, 分枝, 宽15微米, 菌丝紧密排列, 宽2.6微米。
大孢小乳菇 <i>Lactarius minimus</i> var. <i>macrosporus</i>	臃肿, 单根或近羽状分枝。	黄变深。光滑到茧状。附菌丝少。拟薄壁组织, 菌丝直径约3.0微米, 有些膨大。	多, 白色, 毛发状或绒毛状。菌丝直径3.0—3.3微米。	缺。

表2 真菌与荷树联系形成的菌根

外生菌根菌	菌根外形	菌套	贴附菌丝体	菌索
绒盖牛肝菌 <i>Boletus subtommentosus</i>	稍膨大, 囊状, 长根, 有瘤状物, 多为弯曲羽状分枝。	玫瑰色后变黑, 茧状或光滑。拟薄壁组织, 菌丝直径约3.0微米。	较多, 白色, 毛发状或绒毛状, 菌丝粗3.0—3.3微米。	缺。
网翼南方牛肝菌 <i>Austroboletus dictyotus</i>	膨大, 囊状或瘤状。单根, 羽状分枝, 亦呈珊瑚状分枝。	黄褐到黑褐色, 有时绿色。丝织状物, 疏丝组织, 菌丝直径2.0微米, 直。	大量, 白色丝状。菌丝2.5—3.5微米, 薄壁。	白色, 线状, 紧贴菌套。菌丝紧密, 宽约3.4微米。

续表 2

外生菌根菌	菌根外形	菌套	贴附菌丝体	菌索
铜绿红菇 <i>Russula aerugi- nea</i>	膨大为囊状或臃肿, 树状分枝或单根。	初绿褐色, 后变煤黑, 茧状到粗糙, 附菌丝多, 黑菌套伸出黑菌丝, 拟薄壁组织, 菌丝宽3.0—4.2微米。	多, 白色, 细丝状, 菌丝直径1.3—2.0微米。	白色, 宽75—150微米, 分枝, 紧贴菌套, 菌丝宽3.3微米。
矮狮红菇 <i>Russula chamae- leontina</i>	稍膨大, 小节状到棒状, 多为弯曲羽状分枝。	灰褐色或深褐色, 光滑丝织状物, 附菌丝少, 疏丝组织, 菌丝宽约1.5微米, 弯曲。	较少, 白色丝状, 菌丝宽约2.0微米, 弯曲。	缺。
黄红菇 <i>Russula lutea</i>	膨大或臃肿, 羽状分枝或单根。	浅黄到灰褐色, 茧状, 附菌丝, 拟薄壁组织。老化菌套变煤黑, 附黑菌丝, 宽约5.0微米, 分枝少。	较少, 白色, 短绒毛状, 菌丝宽约2.5微米, 分枝。	缺。
草菇 <i>Volvariella vol- vacea</i>	膨大, 囊状或短节状, 单根或羽状分枝。	初灰棕色, 后变黑茧状, 附菌丝短绒毛状, 疏丝组织, 菌丝宽2.5—3.0微米。	大量, 白色, 絮状, 菌丝宽2.5—6.0微米。	白色, 宽35—100微米, 分枝, 结构紧密, 菌丝宽3.0微米。
灰紫色丝膜菌 <i>Cortinarius cine- reo-violaceus</i>	老根膨大明显呈囊状, 弯曲羽状或珊瑚状分枝。	淡黄到暗绿褐色, 茧状或光滑, 附菌丝大多短。疏丝组织或拟薄壁组织, 菌丝宽1.5—3.5微米, 薄壁或厚。	多, 白色, 毛发状, 菌丝宽约2.0微米, 薄壁或厚, 分枝。	白色, 宽30—55微米, 分枝, 伸出菌丝多。菌丝宽约2.8微米, 分枝。
马勃状硬皮马勃 <i>Scleroderma ly- coperdoides</i>	顶端囊状膨大, 羽状排列, 有的较紧密。	初黄褐色, 后变黑褐色。丝织状物, 拟薄壁组织, 菌丝直径4.2微米。	白色到淡黄, 丝状或絮状, 菌丝宽3.5—4.2微米。	白色, 分枝, 宽约30微米, 菌丝直径3.5微米。

表 3

真菌与锥栗联系形成的菌根

外生菌根菌	菌根外形	菌套	贴附菌丝体	菌索
乳流乳牛肝菌 <i>Suillus lactifluus</i>	稍膨大, 小节状。长根或总状分枝, 有二叉状。	初黄色, 后变棕红色丝织物状, 拟薄壁组织, 菌丝宽3.0微米, 有突起。	多, 白色, 絮状, 菌丝宽2.8—3.0微米, 薄壁。	白色, 分枝, 宽30微米, 菌丝较疏松, 宽2.0微米。
铜绿红菇 <i>Russula aerugi- nea</i>	膨大, 囊状。单根或紧密羽状分枝。	初黄褐色, 后变黑褐色, 丝织物状到茧状, 附毛发状菌丝。疏丝组织至拟薄壁组织, 菌丝宽3.2—4.5微米, 有突起。	大量, 白色, 丝状到毛发状。菌丝宽约3.5微米, 直。	白色, 宽50—74微米, 分枝, 紧贴菌套, 菌丝宽2.8—3.3微米。
矮狮红菇 <i>Russula chamae- leontina</i>	稍膨大, 棒状, 有小节状, 一般羽状分枝。	灰白到灰褐色, 或黑色。丝织物状, 附菌丝少。疏丝组织, 菌丝宽约1.5微米, 弯曲。	较少, 白色, 菌丝宽约3.0微米, 弯曲。	缺。

续表 3

外生菌根菌	菌根外形	菌套	贴附菌丝体	菌索
黑乳菇 <i>Lactarius lignyotus</i>	膨大呈囊状。单根或羽状分枝。	乳白至黑色，茧状，附菌丝多。拟薄壁组织，菌丝宽3.5—4.0微米，分节短，具突起。	多，白色，柔丝状。菌丝宽2.0—2.5微米。	白色，宽35—45微米，分枝。菌丝排列紧密，宽3—3.5微米。
窝乳菇 <i>Lactarius lacunarium</i>	膨大不明显，长根，树状分枝。	黄白色。附菌丝较少，丝织物状，疏丝组织至拟薄壁组织，菌丝2.5—6.0微米，分枝，有的具突起。	少，白色，短绒毛状或丝状。菌丝宽1.2—2.5微米，分枝多，薄壁。	白色或褐色，宽约70微米，分枝。菌丝宽5.5—6.5微米，结构疏松。
双球小菇 <i>Mycena bisphaerigera</i>	稍膨大，长根，有瘤状，弯曲，羽状分枝。	黄色，茧状，附短小绒毛菌丝。疏丝组织，菌丝宽约4.0微米。	大量，白色，丝状。菌丝宽约3.2微米，分枝，薄壁。	白色，索状，分枝，宽35—75微米，由菌套伸出，菌丝紧密，宽约3.0微米
小蘑菇 <i>Agaricus micromegethus</i>	稍膨大，单根或弯曲羽状分枝。	褐色变深，丝织物状，附菌丝多，疏丝组织，菌丝宽约3.5微米。	较多，白色，丝状，菌丝宽2.4—2.8微米，薄壁，分枝。	白色，宽80微米，分枝由菌套伸出，菌丝排列紧密，向外伸出菌丝宽1.5微米。
淡黄鳞伞 <i>Pholiota flavida</i>	稍膨大，长根或树状分枝，有二叉状，瘤状。	黄色，后变深褐。茧状，附菌丝少。疏丝组织至拟薄壁组织，菌丝宽3.2—4.5微米，有突起。	多，白色，丝状，菌丝宽约3.0微米。	白色，索状，分枝少，宽60微米，由菌套伸出。疏丝组织，宽1.5微米。
马勃状硬皮马勃 <i>Scleroderma lycoperdoides</i>	臃肿，弯曲，多为密羽状分枝。	银白色，丝织物状至茧状，附菌丝较多。拟薄壁组织，菌丝直径4.0微米，分枝。	大量，白色，丝状菌丝宽3.0—4.0微米，薄壁，分枝。	多，白色，分枝丰富，宽10—50微米，排列紧密，菌丝宽3.2微米。

表 4

真菌与藜蒻联系形成的菌根

外生菌根菌	菌根外形	菌套	贴附菌丝体	菌索
绒盖牛肝菌 <i>Boletus subtommentosus</i>	稍膨大或臃肿，多为规则羽状分枝。	棕色，后变深褐色，附绒毛状菌丝，茧状。拟薄壁组织，菌丝宽4.0微米，分节短，具突起。	多，白色，毛发状。菌丝3.0—3.5微米，直。	白至黄色，由菌套伸出，宽20—45微米，分枝。菌丝3.0—3.5微米，排列紧密。
腺褐小牛肝菌 <i>Fuscoboletinus glandulosus</i>	膨大为囊状，瘤状，单根或羽状分枝。	棕色，后变深，丝织物状，附菌丝少。疏丝组织，菌丝宽3.2—4.0微米。	较多，白色，丝状，菌丝宽3.0—3.3微米，分枝，薄壁。	白或棕色，分枝，宽40—70微米，由菌套伸出，菌丝排列紧密，宽约4.0微米。

续表 4

外生菌根菌	菌根外形	菌套	贴附菌丝体	菌索
小牛肝菌 <i>Boletinus cavipes</i>	膨大为棒状。长根或小瘤状, 无特殊分枝。	棕红色或较深, 茧状。拟薄壁组织, 菌丝宽约3.5微米, 具突起。	较少, 白色, 丝状, 菌丝宽3.5微米, 分枝, 薄壁。	缺。
铜绿红菇 <i>Russula aeruginea</i>	膨大, 棒状。单根, 二分叉, 树状分枝。	银白色, 丝织物状, 拟薄壁组织, 菌丝宽3.5—5.5微米, 具突起。	较多, 白色丝状, 菌丝宽约3.0微米, 薄壁, 弯曲。	白色, 宽约45微米, 分枝, 结构紧密, 菌丝宽3.0—3.4微米, 分枝。
灰蓝乳菇 <i>Lactarius obnubilus</i>	稍膨大, 长根或短节状, 树状分枝, 有二叉型。	土黄色, 后变深, 光滑, 附菌丝少。疏丝组织, 菌丝宽2.8—3.0微米。	少, 白色, 丝状, 菌丝宽3.0—3.5微米, 分枝。	缺。
双球小菇 <i>Mycena bisphaerigera</i>	膨大, 长根或囊状, 树状分枝。	棕色, 后变黑褐色, 茧状, 附菌丝多。拟薄壁组织, 菌丝宽4.0—4.2微米, 具突起。	大量, 白色, 絮状。菌丝宽约3.5微米, 薄壁。	白色, 宽约20微米, 分枝。菌丝紧密排列, 宽3微米。
小白菇 <i>Agaricus comtus</i>	膨大, 呈尖囊状或瘤状。扇形分枝或珊瑚状分枝。	黄色, 丝织物状, 附菌丝少。拟薄壁组织, 菌丝宽4—4.5微米。	较少, 白色, 短绒毛状。菌丝宽约3.0微米, 分枝多。	白色至淡褐色, 分枝少。宽约50微米。菌丝交织而成。菌丝弯曲, 宽1.3—3.0微米。
灰紫色丝膜菌 <i>Cortinarius cinereo-violaceus</i>	稍膨大, 长根或小节状。羽状分枝或紧密排列。	黄色至黑色, 茧状, 附菌丝多, 拟薄壁组织, 菌丝宽3.2—3.6微米。	大量, 银白色, 柔丝状, 菌丝宽2.5—3.5微米, 薄壁。	银白色, 宽40—50微米, 有分枝。菌丝紧密排列, 宽3—4微米, 分枝, 薄壁。
环纹亚齿菌 <i>Hydnellum concrescens</i>	膨大, 瘤状或囊状, 单根, 有二叉分枝。	棕红色, 老者色深。茧状, 附菌丝多。拟薄壁组织, 菌丝宽约4微米, 具突起。	白色丝状, 少, 菌丝宽约2.2微米。	白色, 宽40—50微米, 分枝, 菌丝排列紧密, 菌丝宽2微米。
大抱小乳菇 <i>Lactarius minus var. macrosporus</i>	稍膨大或臃肿。小节状, 羽状分枝。	灰褐色, 后变深。茧状, 拟薄壁组织, 菌丝宽3.0—3.3微米。	白色, 丝状, 菌丝宽3.0微米, 直。	缺。

表5 真菌与马尾松联系形成的菌根

外生菌根菌	菌根外形	菌套	贴附菌丝体	菌索
网翼南方牛肝菌 <i>Austroboletus dictyotus</i>	无明显膨大, 长根, 树状分枝, 紧密。	棕红色, 不变深, 丝织物状, 疏丝组织, 菌丝宽3微米。	白色, 多, 细丝状。菌丝宽1.5—2.4微米。	多, 白色至淡黄色, 宽45—75微米, 由菌套上伸出。菌丝交织, 宽3微米。
白疣柄牛肝菌 <i>Leccinum albellum</i>	无膨大, 长根或小节状, 单根或弯曲羽状分枝。	灰褐色后变深, 茧状, 附毛发状菌丝, 拟薄壁组织, 菌丝宽3微米, 分节短。	大量, 白色毛发状, 菌丝宽约3微米, 薄壁, 分枝。	白至黄色, 20—40微米宽, 分枝, 排列紧密, 菌丝宽2.5—3.0微米, 向外伸出较多菌丝。
粘乳菇 <i>Lactarius blennius</i>	无膨大。长根或树状分枝, 有瘤状菌根。	紫色, 后变黑。茧状, 附菌丝短, 密。拟薄壁组织, 菌丝宽约4.6微米。	较多, 白色, 丝状。菌丝宽3.0—3.2微米, 薄壁, 分枝。	少, 白色, 宽50—100微米, 菌丝排列紧密, 宽约3微米。
双球小菇 <i>Mycena bisphaerigera</i>	无明显膨大, 长根, 树状分枝。	棕色, 丝织物状, 拟薄壁组织, 菌丝宽约3.2微米, 具突起达5微米宽。	少, 白色, 丝状。菌丝宽约3.6微米。	缺。
块鳞灰鹅膏 <i>Amanita spissa</i>	膨大, 囊状或瘤状, 单根或珊瑚状分枝。	紫色至黑色, 丝织物状, 附菌丝多, 疏丝组织至拟薄壁组织, 菌丝宽3.6—3.8微米, 直径大小均匀。	较多, 白色, 毛发状, 菌丝宽约3.6微米, 分枝。	白至淡黄, 索状, 分枝, 紧贴菌套或向外伸出。菌丝紧密, 宽3—3.6微米。
薄柄珊瑚菌 <i>Clavaria tenuipes</i>	长根或小节, 小瘤状。单根或树状分枝。	变黑褐色, 粗糙。老菌套附菌丝硬直。拟薄壁组织, 菌丝宽3—3.5微米。	多, 白色柔丝状。菌丝宽3—3.2微米, 弯曲, 分枝。	缺。

表6 真菌与其它树种联系形成的菌根

树种	外生菌根菌	菌根外形	菌套	贴附菌丝体	菌索
银柴	黄红菇 <i>Russula lutea</i>	膨大呈囊状或短节状, 羽状分枝或栅状排列。	黄白色, 光滑, 附菌丝少。拟薄壁组织, 菌丝宽3—6.6微米, 具突起。老化者变黑, 伸出黑色、硬直菌丝。	白色, 短绒毛状。菌丝宽约3微米, 薄壁, 硬直, 分枝少。	白色, 宽17—60微米, 分枝, 伸出菌丝少。菌丝宽3—3.3微米, 薄壁。
银柴	湿乳菇 <i>Lactarius hygrophoroides</i>	有或无膨大, 长根或小节状, 树状分枝。	黄色, 后变深。茧状, 附菌丝多。疏丝组织, 菌丝宽约3微米。	大量, 白色, 絮状。菌丝宽3—3.2微米, 分枝少。	大量, 白色, 宽30—70微米, 由菌套伸出分枝, 菌丝宽3—3.3微米。
水翁	粗柄白鬼伞 <i>Leucocoprinus cepaestipes</i>	无明显膨大, 长根或小节状。树状分枝。	淡黄至黑色, 光滑, 附菌丝少。拟薄壁组织。菌丝宽6—6.5微米, 分枝短, 具突起。	较多, 白色, 丝状, 宽约2.8微米。	较多, 白至淡黄色。紧贴或不贴菌套。菌丝紧密排列, 宽1.5—2.0微米。

续表 6

树种	外生菌根菌	菌根外形	菌套	贴附菌丝体	菌索
柏树	粗柄白鬼伞 <i>Leucocoprinus cepaestipes</i>	稍膨大, 长根或有柄囊状, 规则或弯曲羽状分枝。	紫红至黑色, 丝织物状到粗糙, 附菌丝较多。拟薄壁组织, 菌丝宽3.4—3.8微米, 膨大。	大量, 白色絮状。菌丝宽约2.0微米, 分枝多。	白至淡黄, 分枝少。紧贴菌套或向外伸出。菌丝交织而成, 菌丝宽1.5微米。
黄叶树	小蘑菇 <i>Agaricus micromegethus</i>	稍膨大, 长根, 树状分枝, 有二叉型。	棕色至黑色, 丝织物状, 拟薄壁组织, 菌丝宽约3.3微米。	少, 白色, 细丝状。菌丝宽2.8微米, 分枝, 薄壁。	缺。
米碎花	铜绿红菇 <i>Russula aeruginea</i>	膨大或臃肿, 卵圆至囊状。单根, 有二分叉或紧密排列。	灰白至灰绿色, 丝织物状至茧状, 拟薄壁组织, 菌丝宽3—4微米。	多, 白细丝状或毛发状。菌丝宽3—3.5微米, 薄壁。	白, 宽20—30微米, 分枝, 向外伸出较多菌丝。菌丝宽约1.5微米。
红车	铜绿红菇 <i>Russula aeruginea</i>	膨大, 囊状或小节状。单根或羽状分枝。	土黄变煤黑色, 丝织物状至粗糙。附菌丝白至黑色, 拟薄壁组织, 菌丝直径2.8微米。	多, 白丝状, 菌丝2.2—2.7微米, 分枝, 黑菌丝直径3.4微米。	缺。
鼎湖冬青	粒皮裸盖菇 <i>Psilocybe chondrodermus</i>	无明显膨大, 长根, 树状分枝。	黄白色, 后变棕色, 丝织物状, 疏丝组织, 菌丝宽3微米。	较少, 白丝状, 宽2.8微米, 薄壁。	白, 分枝, 宽30—75微米, 结构紧密, 菌丝宽3.2微米。
锡叶藤	黄红菇 <i>Russula lutea</i>	膨大或臃肿, 棒状或囊状, 羽状、珊瑚状分枝或单根。	灰褐色, 茧状或光滑, 厚约10微米, 附菌丝少。拟薄壁组织, 菌丝宽约1.5微米, 弯曲。老化变煤黑色, 附硬直黑菌丝。	多, 白色絮状。菌丝宽约3微米, 分枝, 具突起。	缺。
三叉苦	矮狮红菇 <i>Russula chamaeleontina</i>	稍膨大, 棒状, 多为羽状分枝, 有单根状。	黄白色, 光滑, 丝织物状, 附菌丝少。拟薄壁组织, 菌丝宽4—5微米。老化者粗糙, 煤黑, 附黑菌丝。	较少, 白色, 丝状。菌丝宽约3微米, 弯曲, 分枝。	缺。
鸭脚木	矮狮红菇 <i>Russula chamaeleontina</i>	稍膨大, 呈棒状。单根至羽状分枝。	黄白至黑色, 丝织物状, 附菌丝少。拟薄壁组织, 菌丝宽4—5微米, 老者表面粗糙。	较少, 白色丝状。菌丝宽3微米, 弯曲。	白色, 分枝, 宽50—65微米。菌丝薄壁, 宽约3.5微米。

调查结果还可看出, 有些真菌对寄主的专化性不强, 一般都能与几个科的树种发生联系形成菌根。

真菌子实体基部的菌丝体一般比较多, 有时子实体通过菌丝体与树根紧密联系, 如马勃状硬皮马勃、网翼南方牛肝菌、铜绿红菇(图版 I: 1—4)以及粗柄白鬼伞等; 有时子实体通过菌丝体与相隔较远的树根发生联系, 联系多发生于地面下20厘米以内, 多横向发展。

外生菌根形态极其多样,在观察中发现从菌根的外形、菌套的颜色或表面以至菌丝体和菌索的特征,都有较大的差异(表1—6;图版I—II)。菌根一般为长根或短根,有时瘤状,有明显膨大、臃肿或者不变形。分枝有单根状、羽状、二叉状、总状、树状或珊瑚状等;菌套颜色有银白色、乳白色、淡黄色、棕色、灰褐色,有时能见到明显的变色现象,有些菌套老化时变煤黑色,表面光滑或丝织物状、茧状;附菌丝细丝状、毛发状、短绒毛状;菌丝体及菌索的特征也比较明显,外观看来,菌丝体为细丝状、絮状等,显微镜下,粗或细,菌索有时紧贴菌体上,有时缠于菌根之间,颜色不一,产生或多或少的分枝。观察时可见菌索形成的各个阶段,起初菌套表面的菌丝粘在一起,然后渐变紧密排列或菌丝交织,菌丝也随之变粗,有时膨大;菌套菌丝组织,一般随着根的成熟,从疏丝组织向拟薄壁组织变化,菌丝也随着变粗、壁厚、分节短,有时有突起。菌根标本经压片后,可观察到明显的哈氏网,但详细特征需切片观察(图版I—II)。

Nylund等(1982),Harley等(1983)及Marks等(1973)研究并描述了菌根的形成过程。作者同样也观察到该过程的某些片段。大致是菌丝包围小根,单根的菌丝侵入根外表皮继而皮层细胞之间隙,一般入侵位于小根顶端分生组织后的一定部位,即菌根侵染区,然后菌丝向纵横发展,形成迷路组织,从而构成哈氏网。最后根外表的菌丝生长、分枝,形成菌套,并向外形形成菌索。一般随着根的形成与成熟,可观察到根形态上的变化,如颜色由浅变深,出现膨大和特殊的分枝和分叉。

比较同一种真菌与不同树种形成的外生菌根,大多表现明显相似。例如黄红菇与荷树、银柴、锡叶藤都能形成一种煤黑的小节状菌根,表面粗糙,上附黑色菌丝(图版I:1—2)。Trappe(1964)曾在*Cenococcum graniforme*与大量树种、灌木甚至草本植物的共生联系中观察过这类菌根。另外,作者在铜绿红菇、双球小菇和小牛肝菌中的个别菌根中亦看到类似的菌根(图版I:3—4)。

铜绿红菇与锥栗、黎蒴、荷树、米碎花和红车的联系中,都能见到一种小节状菌根,随着成熟渐渐膨大呈囊状,颜色也渐变深。菌套由少量菌丝形成的丝织物变为大量菌索和菌丝体所形成的茧状(图版I:10—11)。

黄红菇、矮狮红菇分别与不同的树种形成一些一致的、稍膨大、小囊状而带褐色的菌根,多为羽状分枝和近羽状分枝,菌索很少或缺(表2,3,6;图版I:5—9)。

这些结果表明,正如Trappe(1964)所认为的那样,外生菌根的某些形态特征主要取决于共生的真菌。

总之,真菌不同,在形成外生菌根的能力及对环境影响的反应都有差别。因此,观察到的菌根从形态结构上表现出很大的多样性。

本文承中国科学院昆明植物研究所臧穆同志审阅,树木标本蒙广东鼎湖山树木园标本室的同志鉴定,特此一并致谢。

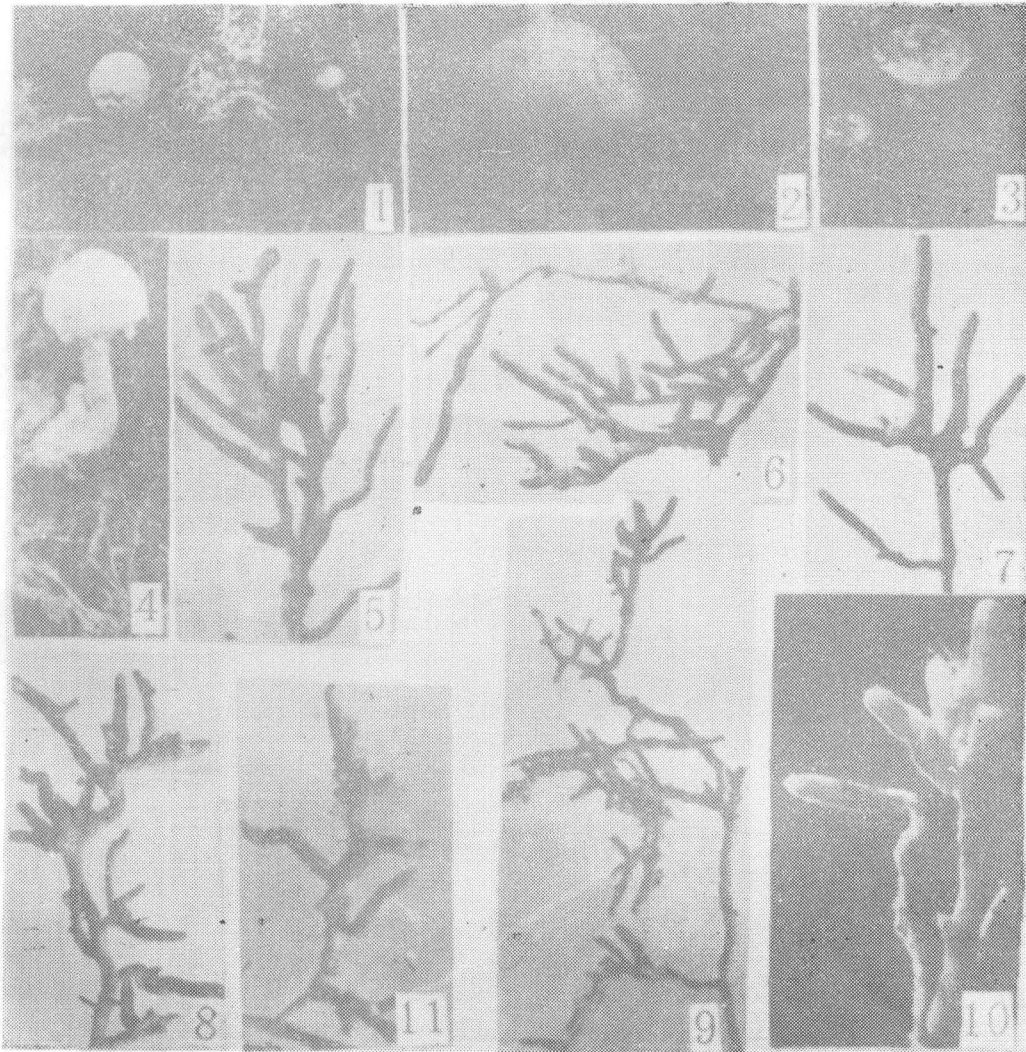
参 考 文 献

- [1] Acsai, J. & Largent, D. L., 1983; *Mycotason* 16(2): 509—536
- [2] Bowen, G. D., 1973: Mineral nutrition of Ectomycorrhize. In "Ectomycorrhizae" edited by G. C. Marks & T. T. Kozłowski. 151—205. Academic Press. New York and London
- [3] Bowen, G. D., 1980: Mycorrhizal roles in tropical plants and ecosystems. In "Tropical Mycorrhiza Research" edited by P. Mikola. 165—190. Oxford University Press. New York
- [4] Harley, J. L. & Wilson, J. M., 1959: *New Phytol.* 58—281
- [5] Herley, J. L. & Smith, S. E., 1983: Mycorrhizal symbiosis. 104—236. Academic Press. New York and London
- [6] Marks, G. C. & Foster, R. C., 1973: Structure, morphogenesis and ultrastructure of Ectomycorrhizae. In "Ectomycorrhizae" edited by G. C. Marks & T. T. Kozłowski. 1—41
- [7] Nylund, J. E. & Unistam, T. 1982: *New Phytol.* 91: 63—79
- [8] Trappe, J. M. 1962: *Bot. Rev.* 28: 538—606
- [9] Trappe, J. M., 1964: *Lloydia* 27: 100
- [10] Zak, B., 1973: Classification of Ectomycorrhizae. In "Ectomycorrhizae" edited by G. C. Marks & T. T. Kozłowski. 43—78

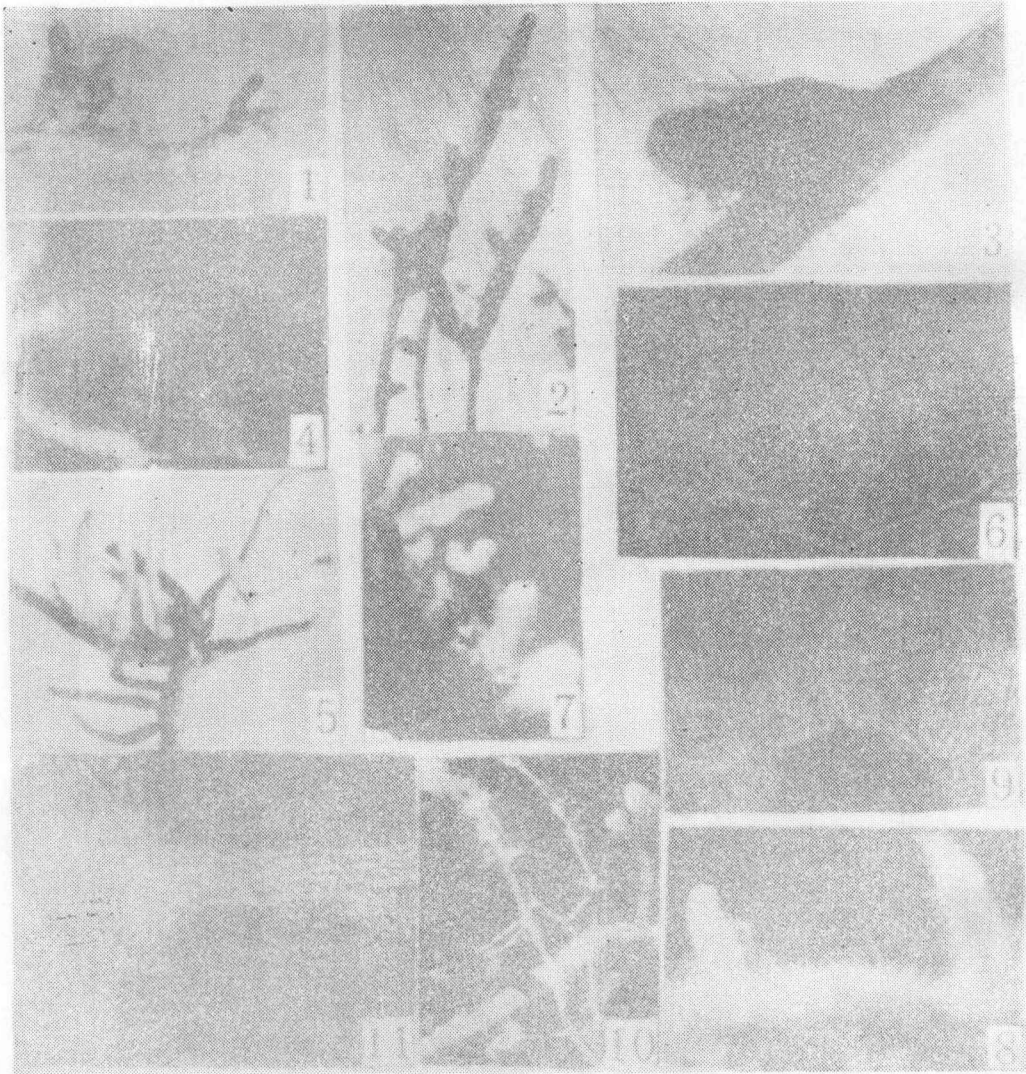
A PRELIMINARY NOTE ON OBSERVATION OF ECTOTROPHIC MYCORRHIZAL ASSOCIATIONS WITH FOREST TREES

Cheng Shi—qiu Bi Zhi—shu and Li Chong
(Institute of Microbiology of Province Guangdong)

Abstract Authors observed the morphology and microscopic structure of 69 ectomycorrhizae formed by 19 forest trees and 41 species of Macromycetes. These fungal symbionts of ectomycorrhizae were identified by the method which is to compare rigidly mycelium and rhizomorphs at the base of the sporocarp with fungal tissues attached to underlying mycorrhizae. Our results as Trappe (1964) observed on *Cenococcum graniforme*, demonstrated that the ectomycorrhizal morphology is determined by the fungal symbiont.



1—2. 马勃状硬皮马勃 *Scleroderma lycoperdoides* 与锥栗发生联系；3. 铜绿红菇 *Russula aeruginea* 与红车发生联系；4. 网翼南方牛肝菌 *Austroboletus dictyotus* 与荷树发生联系；5. 黄红菇 *Russula lutea* 与银柴发生联系；6. 黄红菇 *Russula lutea* 与锡叶藤发生联系；7. 矮狮红菇 *Russula chamaeleontina* 与锥栗发生联系；8. 矮狮红菇 *Russula chamaeleontina* 与水横枝发生联系；9. 矮狮红菇 *Russula chamaeleontina* 与荷树发生联系；10. 铜绿红菇 *Russula aeruginea* 与米碎花发生联系；11. *Russula aeruginea* 与藜蕨发生联系。



1. 黄红菇 *Russula lutea* 与荷树发生联系, 菌套老化时变煤黑, 附黑菌丝; 2. 黄红菇 *Russula lutea* 与银柴发生联系, 菌套老化时变煤黑, 附黑菌丝; 3. 双球小菇 *Mycena bisphaerigera* 与荷树发生联系, 菌套老化变煤黑, 附黑菌丝; 4. 小牛肝菌 *Boletinus cavipes* 与藜萌发生联系, 菌套老化时变煤黑, 附黑菌丝; 5. 小白菇 *Agaricus comtulus* 与藜萌发生联系, 示珊瑚状分枝; 6. 黄红菇 *Russula lutea* 与锡叶藤发生联系, 示紧密羽状分枝; 7. 大孢小乳菇 *Lactarius minimus* var. *macrosporus* 与荷树发生联系, 示瘤状菌根; 8. 绒盖牛肝菌 *Boletus subtomentosus* 与藜萌发生联系, 附于菌套上的菌丝体; 9. 绒盖牛肝菌 *Boletus subtomentosus* 与荷树发生联系, 附于菌套上的菌丝体; 10. 马勃状硬皮马勃 *Scleroderma lycoperdoides* 与荷树发生联系, 菌根上贴附菌丝体; 11. 马勃状硬皮马勃 *Scleroderma lycoperdoides* 与锥栗发生联系, 菌根上贴附菌丝体。