

松茸群生物资源及其合理利用与有效保护*

刘培贵¹ 袁明生² 王向华¹ 孙佩琼² 杨雪¹

(1 中国科学院昆明植物研究所 云南 昆明 650204; 2. 中国科学院成都生物研究所 四川 成都 610045)

提 要 论述了国产松茸群的分类地位、种类组成、地理分布、生态环境及其在松、栎森林生态系统中的作用、资源现状及其日趋减少的原因分析。重点讨论了松、栎类植物群落自然演替及人类活动对松茸群的影响,其中人类活动是影响松茸群生长繁衍生存诸因素中最主要的因素,概括有二:①森林大面积的无度连续砍伐,导致生态系统环境的恶化,地下菌丝明显减少;②掠夺性的采集方法使有序的地下菌丝及其正常分化与发育受到严重干扰。建议建立特种自然保护区,将松茸类增写到《中国植物红皮书》中;采取实施人工接种于林地以增加森林生态系统中地下菌丝蕴藏量和补充菌丝不足,促进发育与分化以增加自然生物量,林木砍伐采用间伐与菌根育苗造林相接合以及科学的采集方法等是合理永续利用和有效保护的根本途径。

关键词 松茸群 有效保护与合理利用

分 类 中图法 Q949.329

生物资源

1 松茸群系统分类位置、种类组成、地理分布及其生态环境

松茸因其生长在松林地,菌蕾期状如鹿茸而得此名^[1],因其大多数种具有较高的商品价值,外形酷似而难以区别,故民间均以松茸称谓,是一个商品名称。在现代真菌分类系统中隶属于担子菌门(Basidiomycota),担子菌纲(Basidiomycetes),伞菌目(Agaricales),白蘑科(Tricholomataceae),白蘑属(*Tricholoma*),白蘑亚属(Subg. *Tricholoma* Sing.),原发组(Sect. *Genuina* (Fr.) Sacc.),具环族(*Stirps Caligatum* (Annulate) Sing.),是一个较为自然的类群。该类群以菌柄具有膜质菌环为显著特征^[2]。

松茸群迄今为止全球共报道了15种1变种^[1-9]。我国记载了5种1变种,占世界1/3强,即松茸(*Tricholoma matsutake* (S. Ito et Imai) Sing.)、台湾松茸变种(*T. matsutake* var. *formosa* Sawada)、黄褐白蘑(*T. fulvocastaneum* Hongo)、假松茸(*T. bakamatsutake* Hongo)、青冈草(*T. quericola* Zang)和粗壮白蘑(*T. robustum* (Alb. et Schw.: Fr.) Ricken)。除粗壮白蘑广布于亚洲、北美洲、欧洲及大洋洲外,其余种仅分布在日本、朝鲜半岛及我国东北长白山、横断山区东南部(青藏高原东南部、四川西部、云南中部及西北部、贵州西北部),而台湾松茸变种仅分布在我国台湾、福建和日本北海道^[1,3]。虽然陆续在其它地区也发现它们的踪迹^[10-20],但就其出现的频度、种群分化程度及在分布范围内仍可看

* 国家自然科学基金资助项目(93170017)和云南省自然科学基金资助项目(97C083)。致谢:本文曾蒙业师臧穆教授修正。野外考察期间曾得到四川盐源、木里、乡城、稻城、美姑、会里及云南中甸、丽江、德钦、楚雄、景东等县地政府、林业局、科委、供销社等有关部门提供方便;日本国立林业试验场土壤微生物研究室小川真博士(Dr. Makoto Ogawa)、日本林业研究中心太田明博士(Dr. Akira Ohta)、韩国东国大学李址烈教授(Prof. Ji-Yul Lee)以及东北师范大学何显先生馈赠部分材料和资料,至此一并鸣谢!

收稿日期:1998-06-18;修回日期:1998-11-18。

出松茸群的多度中心和多样化中心仍然在我国西南部, 尤其集中在横断山区东南部的三角地区, 至少这一地区很可能是松茸群的现代分布中心。它们的分布恰与与之共生的松、栎类, 特别是云南松 (*Pinus yunnanensis* Forest)、高山松 (*P. densata* Forest)、赤松 (*P. densiflora*) 等, 栎属 (*Quercus*) 中的高山栎组 (Sect. *Brachylepids*) 的植物物种, 如高山栎 (*Q. aquifolioides*)、光叶高山栎 (*Q. rehderiana*)、栓皮栎 (*Q. variabilis*)、枹栎 (*Q. serrata*) 等多样化中心和现代分布中心大致相吻合^[21, 22, 34]。这是因为它们在长期物种形成与演化过程中协同进化发展的, 并且彼此建立了这种共生关系, 并成为松、栎类植物的外生菌根菌。

松茸类频发生于松针林地或以松针类为主的混交林地的有松茸^[1, 4, 16-20]和台湾松茸变种^[11, 31]。有试验表明, 松茸菌只与松属 (*Pinus*) 植物共生形成外生菌根, 与其它植物则不形成菌根。从而证明了松茸菌与松类植物的这种专性共生关系^[24]。常见与栎林或以栎树为主的阔叶林地的有假松茸、青冈菌和黄褐白蘑^[1, 25-26], 其中黄褐白蘑在试验的条件下, 虽然可以和松树植物幼小根形成菌根, 但其感染程度并不象在栎树植物根上那么明显; 然而在自然条件下松类植物并没有成为它的共生植物^[25], 因为在纯的松树林下至今为止还没有采集到该种的标本; 可见它们是栎类植物的共生真菌。粗壮白蘑既可在松林地, 也可在栎林地发现^[1, 20, 25], 由此可见这是一种对其共生植物的要求并不十分严格的共生真菌。松茸类的分布还与一定的海拔高度有关系, 一般来说, 松茸类主要分布在海拔 1 500~3 700m 之间。在这段海拔高度范围内 (以滇西北为例), 光照强, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年活动积温约达 2 000 $^{\circ}\text{C}$, 年降雨量 600~

800mm, 干湿季分明, 生长期昼夜温差大, 白天温度变化范围在 18~29 $^{\circ}\text{C}$, 夜间温度低的交替变化很可能对地下菌丝物质的转化及其菌丝的分化, 进而现蕾出菇有刺激、促进的作用。松茸类生长要求的 pH 值在 4.3~6.5 之间, 其担孢子萌发适宜的 pH 值在 4.3~4.9^[28, 29]; 从松针叶中热水提取的乙酸、丙酸、丁酸可诱导担孢子吸水膨胀, 但只有丁酸有诱导促进担孢子萌发的作用^[28]。根据云南中甸附近舞凤山土壤剖面 (海拔 3 350m, 坡向 SE50 $^{\circ}$, 坡度 5~6 $^{\circ}$) (图 1) 的分析可以看出, 松茸的地下菌丝主要

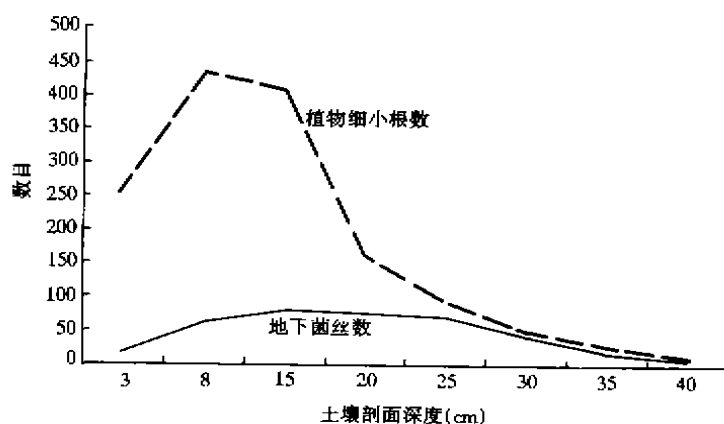


图 1 云南中甸高山松林土壤剖面不同深度植物细小根数和地下菌丝数^①的关系

Fig. 1 Relationship of the number of the thin rootlets of *Pinus densata* etc. and the subterranean hyphae of *Tricholoma matsutake* etc. in soil profiles of different depth under forest in Zhongdian, Yunnan, China

①地下菌丝数:菌丝计数以不同土壤剖面深度各取 10mg 土样,以显微镜 10X16 平板计数法计数。植物细小根数:以不同土壤剖面深度各取 100mg 土样,以 5 倍(X5)放大镜视到计数。

分布在 5~26cm 之间,恰与植物幼小根系的分布成正比例,也是地下菌丝和菌根的最活跃区域。松茸群中不同的种地下菌丝分布除了与土壤质地环境有关外,还与不同的松茸种所具有的生物学特性有关。一般来说,松茸群地下菌丝垂直带 10~15cm,它们的菌根活动带幅宽在 30~50cm。但在土壤中的分布深度则与种不同而不同,如粗壮白蘑仅 4~7cm^[27],假松茸 5~8cm^[26],黄褐白蘑 4~33cm^[25],美洲松茸 (*Tricholoma ponderosum*) 15~20cm^[32],而欧洲松茸 (*T. caligatum*) 可深达 60cm^[32],这与分布在非洲北部、欧洲南部的阿特拉斯山脉光照强、温度高的环境,防止强烈的土壤干化有关系。

2 松茸群在森林生态系统中的作用

任何一种生物物种在自然界都不是单独地存在的,而是按一定的规律组合而成的高度平衡的开放性生态系统。松茸群在长期的物种演化过程中与松或栎类植物是协同进化的,并且彼此建立了这种互利互惠的共生关系。主要表现在菌丝和菌根活动带的地下生物群落(日本学者称谓“シロ”(shiro),这一专用名词是指松茸类地下菌丝和菌根活动带,其中菌丝的存在和菌根的活动与繁衍发育在土壤微生物及土壤组成成分中起了主导作用^[33,34])结构、组成及功能的改变;这种改变对植物根际环境的改善具有积极作用;归纳有如下诸方面的作用:①扩大了共生植物根系的吸收面积和延长了根系的吸收时间。松茸群的地下菌丝与松、栎类植物根系形成的外生菌根通常均有外延菌丝,这是菌根的主要吸收器官,它在数量、接触面积和长度上远远超过根毛。初步统计,每 10mg 菌根土壤中含有的菌丝数达 200~400 条。这样在植物根际形成一个周密而庞大的菌丝吸收网;同时由于菌丝的侵入刺激菌根明显延长并分枝^[25,27],大大地增加了根系的吸收面积。另一方面,没有菌根的营养根虽有根毛,但其寿命一般也只有几天就失去了吸收功能,外生菌根的吸水作用一般可延长一年之久才衰竭^[35]。②外生菌根真菌能产生各类转换酶、蛋白酶、脂酶、纤维素酶、半纤维素酶、磷酸酶等水解酶,这些酶类分泌到土壤中,对植物根系不能直接吸收的物质转化为可吸收的物质具有直接作用,促进根系吸收矿物质和氮、磷素等营养物质。③同时菌根还能分泌各种生长激素,如细胞生长素(auxin)、细胞分裂素(cytokinin)、赤霉素(gibberellus)、维生素 B 生长调节素、吲哚乙酸(IAA)。这些生长激素同植物本身所产生的植物生长激素是同性质的。④外生菌根菌还能产生抗生物质,抑制某些根部致病菌的生长。松茸群真菌与共生植物形成的菌根的抗菌能力因种不同其抑菌力强弱不同^[25-27,31-33],其中松茸菌抗菌能力较强,在其菌根及其菌丝活动区域内,土样中只发现有藻状菌纲(Phycomycetes)被孢霉属(*Montierella* spp.)的种类,而被孢霉菌对细菌和放线菌均没有抑制作用^[33],在该区域外则存在有大量的细菌和放线菌。可以看出,松茸的地下菌丝和菌根活动带内土壤细菌和放线菌的消失与松茸地下菌丝的活动或菌根的存在有着密切的关系,很可能松茸类地下菌丝或菌根可以产生某些抗菌素类物质。而且松茸类在松、栎林地常常形成蘑菇圈或弧形蘑菇圈或间断蘑菇带,其地下菌丝和菌根活动带每年向外或周围扩展 10~20cm^[24-33],在向外扩展的过程中还可以抑制新扩展区域内的细菌和放线菌的生长;可降低或消除植物根部病原菌侵染。另外,松茸类地下菌丝在共生植物根外围虽不形成菌套或形成薄而不典型的菌套,除了黄褐白蘑在共生植物根部既没有菌套也不形成哈蒂氏网(Hartig's net-like)^[24]和松茸台湾变种不详外,其它种的菌丝都可以侵入共生植物幼根皮层形成哈蒂氏网^[26-27,31-33],通常情况下,病原菌只能侵染没有木质化的幼嫩小根,一旦病原菌侵染了已形成的外生菌根,病原菌进入到哈蒂氏网区域就停止蔓延,很难通过哈蒂氏网侵入到皮层组织细胞中^[33]。很

明显, 松茸类哈蒂氏网对病原菌的入侵感染和蔓延起了机械保护生物物理和生物化学屏障作用。⑤松茸类地下菌丝和菌根的活动使得共生植物根标土壤疏松、透气良好, 持水、肥能力提高。松茸群即使在土壤较贫瘠干旱的松栎林地亦可良好地生长繁衍产菇。经过其地下菌丝和菌根的活动, 土壤明显地聚集呈粉末状结构, 并由于其活动最大限度地吸收有限的水分和营养物质供其和共生植物共用而使得土壤结构改变, 并进一步干化^[25 31], 因而加强了森林生态系统中松栎类共生植物的抗旱性和抗贫瘠性。除此而外, 松茸类还具有抗低温的特性, 其担孢子在 -19°C 保存 35 天仍然有萌发能力产生菌丝。综合上述, 松茸类的地下生物群落在松、栎树木生长发育中有着重要的生物生态学意义, 尤其是对林相结构受到严重破坏干扰后的恢复与重建具有着不可替代的作用。

3 生态环境变化对松茸群生长繁衍的影响

在自然界里, 所有生物体之间以及生物圈和地理环境之间都存在着相互依存的微妙网络关系, 任何网络间片段的断裂或消失都会影响整体。影响松茸类生长发育的环境条件诸因素中, 植被群落的自然演替、松茸类与之共生树种的退化乃至消失均会造成松茸类生存环境条件的不适或恶化。一般来说, 高山松林(分布在海拔 2 000~3 800($\sim 4\,000$)m)和云南松林(海拔 1 500~3 500m)天然更新好, 即使发展为顶级群落亦较稳定^[36]。高山松林极度砍伐或严重火灾后, 迹地旱化, 常为高山栎类侵入形成栎类灌丛或矮林^[36]。在这个演替过程中, 松茸类亦随之出现种的变化, 即松茸子实体难以发现, 而发现假松茸、青冈蕈频频出现; 但在较温暖区域土壤较深厚湿润处的云南松林, 在自然演替过程中则通过松、栎混交林向常绿阔叶林演变, 反之若常绿阔叶林砍、烧破坏后则数年后演变为云南松林^[36]。根据对不同演替阶段植物群落的调查, 发现这种演替对松茸类除了所发生的物种不同(或亦可视为松茸群的物种演替)外没有大的影响。如果云南松林遭进一步砍伐, 低海拔地区可出现余干子(*Phyllanthus emblica*)为主的灌木草丛, 在高海拔地(约 3 000m 以上阳坡)可形成珍珠花

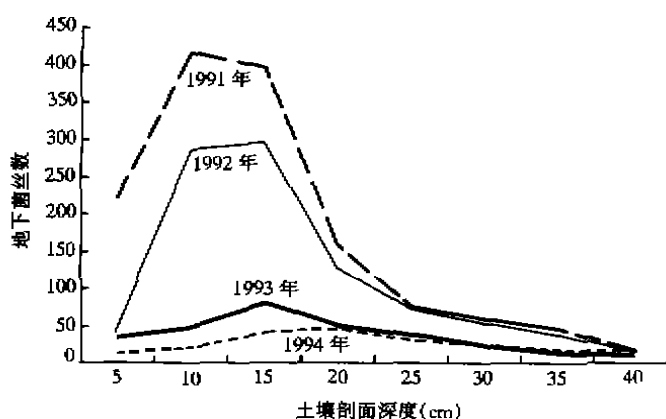


图 2 滇西北白茫雪山松林砍伐后 1991~1994 年地下菌丝数的变化情况(1991 年为砍伐年)

Fig. 2 Variation of the number of the subterranean hyphae *Pinus densata* etc. in a few years after forest felled (the forest felled in 1991) at Baimangxueshan in northwest Yunnan

(*Lyonia ovalifolia*)、杜鹃(*Rhododendron* spp.)、乌饭(*Vaccinium* spp.)等灌丛^[36], 在此类灌木草丛下却难以找到松茸类的踪迹, 即使在这种高山栎类灌丛下松茸类的子实体出现的频度也大大下降了。再如川滇高山栎(*Quercus aquifolioides*)和黄背栎(*Quercus pannosa*)林主要分布在海拔 2 900~4 300m 的川西、滇西北和青藏高原东南部, 这类栎林群落在自然状态下是相对稳定的; 但经过多次砍伐或火烧后, 可出现成片的萌生灌丛^[36], 萌生灌丛下土壤腐殖质层变薄, 土壤干化, 尽管如此, 松茸类依然零星可见。可见松茸类的生存能力还是相

当顽强的,这对林相的恢复无疑是相当重要的。

导致松茸类真菌自然生物量下降或消失的直接原因是连续数年的大片剃光头式地砍伐和严重火灾造成与之共生树种的骤然消失,以及随后放牧牛羊啃食、践踏等活动使得松茸类与之共生的松栎树种受到极度破坏,土壤板结进一步干燥,有机腐殖质大量流失,光辐射增强,紫外线在光谱中的比例提高,一定程度上抑制了那些地下菌丝分布较浅的菌丝生长;而分布在我国的种大多数其地下菌丝分布较浅,故其受光的抑制率增大。另外,由于光辐射增强,土壤水分蒸发量必然增大,pH 值上升,土壤酸碱度由酸性或弱酸性变为中性或弱碱性(pH6.5~7.5),其结果造成地下菌丝生长受阻。虽然松茸类地下菌丝在一定时期内可以存活,但是若长期处在不适生存的环境下,又无其共生对象,势必使其逐渐退化减少。分析云南白茫雪山松林砍伐后4年内地下菌丝数量的变化情况(图2),可以看出砍伐后菌丝数显著逐年递减,特别是第三年菌丝数量下降尤为明显,几乎占总减少量的80%以上。由此长期已往下去会导致该种群的地下菌丝减少或消失,在某一地区的濒危甚至绝灭。

人类活动影响松茸类生存的第二个因素是掠夺式的采集方法。掠夺性的采集方法是:①年复一年地连续采集以及不论子实体大小及成熟度一律采之;②粗放的采集方法,即刨掘子实体时连地下菌丝一并拖出地面,抛散在地表或是掘菇后残留的菇坑并未复土掩平。笔者在我国西南(云南西北部、四川西部)多次考察期间,看到采菇后残留的菇坑多深达4~16cm。这样致使地下菌丝体暴露在空气中死亡。就我国分布的松茸种地下菌丝分布浅而言,其地下菌丝的受破坏程度就更为严重,使有序的地下菌丝受到严重的影响而难以恢复,必然使盛产松茸类的地区或地段处于无源之水、竭泽而鱼的境地。

4 松茸群的有效保护及其永续合理利用的对策

松茸菌因其富含肉桂酸甲酯(3-苯基丙烯酸甲酯 $C_6H_5C_2H_2CO_2CH_3$)和1-辛烯3-醇($CH_2CHC(OH)H(CH_2)_4CH_3$)^[37]均是糖果、香料工业的主要原料)故气味芳香,作为一种珍贵食用菌早在本世纪初即已受人们的亲睐。我国每年约98%以上的商品量出口日本、韩国等国际市场,但仍不能满足国际市场的需求。在世界范围内,松茸类属于“数量最少、最稀有、分布最狭窄的物种”,简言之即是最为可能灭绝的物种^[39]之一。随着人口的增长,人类经济活动的不断加剧,国际市场对松茸类的需求不断增加,作为我国出口野生菌最大的松茸类生物多样性受到了严重的威胁。以我国四川木里县为例,1988年仅一县年收购量达200t以上,而1995年已减少到不足以收售的程度(据该县林业局提供)。我们不能图一时之利而不顾松茸类在我国盛产地日趋渐少的事实。生物多样性包括松茸群的物种、遗传及生态多样性的研究,持续合理利用与有效保护研究亟待加强、刻不容缓。这对于一个既是生物多样性特别丰富的国家,又是生物多样性受到严重威胁的国家之一的我国更显必要和紧迫。物种灭亡虽然是一种客观的自然现象,然而这种由于人类活动需求的增加而加剧了物种和自然产量的锐减是可以由人类的自身努力加以遏制和缓减的。

为使松茸群切实得以保护和持续利用,笔者建议:生物多样性的保护已远远超出单纯性的生物学范畴,我们应使松茸类产地及其它地区的公民得到教育,都来保护这一珍贵资源。国家与地方政府应在松茸主要分布区建立特种生物自然保护区,这是较为有效的保护措施。除此之外,应积极研究高新技术将它们的基因、细胞、组织长期保存,以备将来用以挽救可能灭绝的命运。为了缓减国家财政,诱导菇农资源责任心、可通过对采集、收售松茸类的企业和个人征收“(松茸)资源更新补偿税(费)”,同时也可遏制那些掠夺性采集行为,减轻对

野生资源的压力。严禁连“根”(地下菌丝)刨的采集方法,应有选择性地采集,采后必须复土掩平、踏实以保护地下菌丝体正常有序的生长和发育。林业部门应采取间伐与育苗造林相结合,严禁剃光头式砍伐,还应逐步实施松、栎树种植造林时配以松茸类菌种土,在自然松、栎林林地人工接种松茸类菌种以保持一定的菌丝量^[38],以利恢复地下菌丝的生存繁衍。实施人工、半人工栽培,建立生产与试验研究基地,改变无序、无组织的采收状况。山区农民可在承包的荒山荒坡自栽、自管、自受益,这样才能调动两个积极性,达到有效保护与合理利用即可可持续发展的目的。同时又可促进林业的发展,增加森林覆盖率,改善、提高人类生存环境条件。作者呼吁还应将松茸群列为国家重点保护对象增写在《中国植物红皮书》中。我国解放以来尽管颁布了一系列禁猎、禁捕、禁砍一类法规,建立了七百余处的自然保护区。然而令人遗憾的是众多的名贵食、药用菌无一被列为保护对象,侥幸的是为时尚不算晚。对此决不可掉以轻心,否则将必然失去我国松茸丰富的自然资源优势。

参考文献

- 1 臧穆. 松茸群及其近缘种的分类地理研究. 真菌学报, 1991(2): 113~127
- 2 Singer R. The Agaricales in Modern Taxonomy 4th edn. Keonogstein: Seven Koeltz Scientific Books, 1986. 253~261
- 3 Chen Z C. Ecology and distribution of *Tricholoma matsutake* var. *formosa* in Taiwan. The Third International Mycological Congress, Abstracts Tokyo, 1983. 39
- 4 Zeller S M, K Togashi. The American & Japanese Matsutakes. *Mycologia*, 1934, 26: 544~558
- 5 Ito S. Mycological flora of Japan. Tokyo. Yokendo Led, 1953. II(5): 131~148
- 6 Hongo T. Notes on Japanese larger fungi(15). *Journ. Jap. Bot.*, 1960, 35: 83~89
- 7 Hongo T. Notes on Japanese larger fungi(21). *Journ. Jap. Bot.*, 1974, 49(10): 294~296
- 8 Kobayashi Y. Historical & Ethnological Mycology. Tokyo: Hirokawa Publishing Co., 1983. 29~38
- 9 Moser M. Keys to Agarics and Boleti. London: Roger Phillips, 1983. 122~131
- 10 曹晋忠, 朱玫, 刘波. 松口蘑在山西发现. 食用菌, 1990, 12(4): 4
- 11 杨廷贤, 张三元, 杨刚. 陇南山地松茸资源调查初报. 食用菌, 1993, 15(6): 2
- 12 魏秉刚, 谭德钦, 凌妙丽等. 广西松口蘑初报. 中国食用菌, 1985(6): 19~20
- 13 王云, 谢支锡. 松口蘑初探. 食用菌, 1982(1): 7~8
- 14 秦松云, 李文虎. 四川省商品松茸调查初报. 中国食用菌, 1991, 10(5): 25~26
- 15 谢支锡, 王云. 长白山地区食用蘑菇和毒蘑菇的初步研究. 见: 中国科学院长白山森林生态系统定位站主编. 森林生态系统研究. 北京: 中国林业出版社, 1985. 99~112
- 16 戴芳澜. 中国真菌总汇. 北京: 科学出版社, 1979. 753~754
- 17 王云章, 臧穆, 马启明等. 西藏真菌. 北京: 科学出版社, 1983. 139
- 18 应建浙, 臧穆, 宗毓臣等. 西南地区大型经济真菌. 北京: 科学出版社, 1994. 217~223
- 19 臧穆, 李滨, 郝建勋. 横断山区真菌. 北京: 科学出版社, 1996. 397~403
- 20 刘培贵. 真菌多样性. 见: 郭辉军, 龙春林主编. 云南生物多样性. 昆明: 云南科技出版社, 1998. 14~25
- 21 周浙昆. 中国栎属的起源演化及扩散. 云南植物研究, 1992, 14(3): 227~236
- 22 周浙昆. 栎属的历史地理学研究. 云南植物研究, 1993, 15(1): 21~23
- 23 Masni K. A study of the ectotrophic mycorrhizas of woody plants. *Kyoto Imp. Univ. Coll. of Sci., Memoirs*(ser B), 1927, 3: 149~297
- 24 Yokoyama R, T Yamada. In vitro cultures of *Tricholoma matsutake* and *Pinus densiflora*. *Trans. Mycol. Soc. Jap.*, 1987, 28: 331~338
- 25 Ogawa M. Microbial ecology of "shiro" in *Tricholoma matsutake* and its allied species VI *T. fulvum*-tanen in *Quercus serrata*-*Q. acutissima* forest. *Trans. Mycol. Soc. Jap.*, 1977, 18: 286~297
- 26 Ogawa M, H Obara. Microbial ecology of "shiro" in *Tricholoma matsutake* and its allied species VIII

- Tricholoma bakamatsutake* in *Quercus mongolica* var. *grosseserrata* forest and *Quercus serrata* forest. *Trans. Mycol. Soc. Jap.*, 1978, 19: 391~405
- 27 Ogawa M. Microbial ecology of "shiro" in *Tricholoma matsutake* and its allied species X. *T. robustum* in *Pinus densiflora* and *P. pumila* forest and *T. zalleri* in *P. contorta* forest. *Trans. Mycol. Soc. Jap.*, 1981, 22: 234~45
- 28 Tominaga Y. Cytogenetic studies of the Hymenomycetous fungi I. On the spore germination and mycelium division of *Armillaria matsutake* Ito et Imai. Japanese pine mushroom. *Bull. Hiroshima Agric. Coll.*, 1958, 1: 1~5
- 29 Hiromoto K. Isolation and pure culture of the mycelia of *Armillaria matsutake* Ito et Imai, the most important edible mushroom in Japan. *Bot. Mag. Jap.*, 1960, 73: 326~333
- 30 Ohta A. Basidiospore germination of *Tricholoma matsutake* (I). Effects of organic acids on swelling and germination of basidiospores. *Trans. Mycol. Soc. Jap.*, 1986, 27: 1167~173
- 31 Ogawa M. Microbial ecology of "shiro" in *Tricholoma matsutake* and its allied species IX. *T. ponderosum* in *Pseudotsugas menziesii*—*Tsuga heterophylla* and *Pinus contorta* forest. *Trans. Mycol. Soc. Jap.*, 1979, 20: 370~382
- 32 Ohara H, M Ogawa. Microbial ecology of "shiro" in *Tricholoma matsutake* and its allied species XI. *T. caligatum* in *Cedrus libanotica* forest. *Trans. Mycol. Soc. Jap.*, 1982, 23: 365~377
- 33 Ohara H, M Hamada. Disappearance of bacteria from the zone of active mycorrhizas in *Tricholoma matsutake*. *Nature*, 1967, 213: 528~529
- 34 Ogawa M, T Ito, F Kobayashi, H Fujita. On the primary stage in "shiro" formation of *Tricholoma matsutake*. *Trans. Mycol. Soc. Jap.*, 1980, 21: 505~512
- 35 郭秀珍, 毕国昌. 林木菌根及应用技术. 北京: 中国林业出版社, 1989. 43~79
- 36 中国植被编辑委员会. 中国植被. 北京: 北京科学出版社, 1980. 217~358
- 37 Ohta A. Quantitative analysis of odorous compounds in the fruit bodies of *Tricholoma matsutake*. *Trans. Mycol. Soc. Jap.*, 1983, 24: 185~190
- 38 伊藤武, 小川真. アツタク菌の増殖法 (II) 林内植生の手入れとアツタクのシロの増加. 日林志, 1979, 61(5): 163~173
- 39 Ehrenfeld D. Why put a value on biodiversity? In: E D Wilsoo, E M Peter (Eds) Biodiversity. Washington D C. National Academy Press, 1988. 212~216

NOTES ON THE RESOURCES OF MATSUTAKE GROUP AND THEIR REASONABLE UTILIZATION AS WELL AS EFFECTIVE CONSERVATION IN CHINA

LIU Pei-gui¹ YUAN Ming-sheng² WANG Xiang-hua¹ SUN Pei-qiong² YANG Xue¹

(1. Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204, 2. Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610045)

Abstract Up to now 5 species and 1 variety of matsutake-group which occupy more than 1/3 of the total number of the 15 species available on the globe have been reported in China. They are *Tricholoma matsutake*, *T. matsutake* var. *formosa*, *T. bakama-tsutake*, *T. fulvocastaneum*, *T. robustum* and *T. quericola*. These species, except *T. robustum*, are all the East Asian endemic elements. The triangular area consisting of southeast Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau, west of Sichuan and northwest of Yunnan abounds with rich species and has high occurrence frequency, hence can be considered as an abundance as well as distribution center. *T. matsutake* and its variety can be always found in the pine (*Pinus yunnanensis*, *P. densiflora*, *P. densata*

etc.) forest. The great majority of the other three species usually occurs in the oak (*Quercus aquifolioides*, *Q. pannosa*, *Q. variabilis*, *Q. serrata*, *Q. rehderiana* etc.) forest besides *T. robustum* which can be usually found in the above-mentioned two kinds of forests or pine-oak mixed forest. They are important ectomycorrhizal fungi of pine and oak.

The paper mainly discusses the community natural succession of pine and oak and impacts of human activities upon matsutake group. It is demonstrated that although the former experiences species substitution based on natural successive law of pine and oak forests, no obvious effect occurs. However, the latter constitute a leading influential factor, summarized as follows: (a) The uncontrolled extensive tree felling resulted in a sudden deterioration of the eco-environment. As a consequence, the subterranean mycelia dropped obviously, even disappeared completely in some districts. (b) A predatory collection (namely the mycelia in ground are taken out together with fruit bodies and deserted over the ground or the remained mushroom's pits are open without soil cover after collecting. In the case subterranean mycelia are exposed in the air for long time, they would be endangered even died) is another factor which causes a decrease of the natural bio-resources.

These are the main reasons account for the endangerment of matsutake group and even disappearance in some regions.

In order to preserve endangered matsutake group, establish special nature reserves, isolate their genes, cells and tissue culture and keep them for future research and utilization in case they disappeared, and their tissue culture as well as artificial inoculation of the mycelia into the pine and oak forests in order to increase subterranean mycelia and sustain utilization, it is suggested that the proposals should be added to the *Red Book on the Wild Plants of China*.

Key words matsutake-group, reasonable utilization & effective preservation

第一作者简介

刘培贵,男,1953年10月生,1982年大学本科毕业,1989年获得理学硕士学位。1996年11月晋升为研究员。长期从事真菌分类学、区系地理学、菌根及资源学研究。主持完成了国家、中科院及省等各类基金项目6项;参加国家、院重点、重大项目2项。已发表研究论文30余篇,参加撰写并已出版专著4部。