

大型真菌的生态类型^{*}

林晓民^{1,2}, 李振岐¹, 侯 军², 王少先²

(1 西北农林科技大学 植保学院, 陕西 杨凌 712100;

2 河南科技大学 园林系, 河南 洛阳 471003)

[摘 要] 根据大量的调查研究, 首次将大型真菌划分为木腐真菌、落叶及腐草生真菌、土壤腐生菌、粪生真菌、植物寄生真菌、昆虫寄生真菌、真菌寄生菌、地衣型真菌、外生菌根菌、昆虫共生菌、天麻共生菌和真菌共生菌等12个生态类型。并结合一些典型照片对每一生态类型的特点和一些相关问题进行了阐述。此外, 还对大型真菌生态多样性的研究方法进行了讨论。

[关键词] 大型真菌; 生态类型; 生态多样性

[中图分类号] Q 949.32

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)02-0089-06

生态多样性是生物多样性的一个重要组成部分, 它是指生物在生态、生境上的多样化。任何物种都不能孤立地生存, 只能生长在与其他物种及其周围环境所构成的生态系统中, 从而组成了地球上极为复杂的生态多样性。研究生态多样性对于保护和科学地利用地球生物的多样性具有重要意义。大型真菌是一个具有重要经济和生态学意义的生物类群, 关于大型真菌的生态多样性尚缺乏专门、系统的研究和概括性的阐述。本研究在广泛调查的基础上, 对大型真菌生态类型进行了划分, 阐述了各生态类型的特点, 为从总体上认识大型真菌的生态多样性提供参考。

1 调查地点与方法

调查地点分为森林生境和田野生境(包括农田、空地、草地、路边、河畔、庭院等)两大类。其中森林生境包括8个主要调查地点: 河南省汝阳县付店乡付店村; 河南省新安县曹村乡岸上村; 河南省卢氏县狮子坪乡大块地林场; 河南省卢氏县瓦窑沟乡高河村; 陕西省周至县厚畛子镇厚畛子村; 云南省楚雄市紫溪山万松林; 云南省昆明市郊区老白龙; 云南省昆明市郊区黑龙潭。

上述调查地点都属于山区, 每一调查地点均是指以地点名称所指地方为中心的附近山林地带, 并无明显的界限, 每一调查地点的调查范围约5~10 km²。

于7~10月份采用踏查的方法进行调查, 其中, 调查地点均于2000~2003年4个年份进行了调查, 其他调查地点仅在1998~2003年期间的一个年份进行了调查。记录大型真菌子实体的发生情况、生态习性及其生境特点, 并拍摄照片和采集子实体做种类鉴定。对于菌根菌的确定, 首先根据子实体的生态习性做出初步判断, 对可能是菌根菌的再进行菌索追踪调查确认, 并采挖部分菌根带回实验室做显微观察。

田野生境的调查主要在陕西省杨凌区、河南省新安县和洛阳市郊区进行, 持续年份较长(1990~2003年), 主要是对平时见到的野生子实体做必要的调查、记录, 并于夏秋季雨后专门到野外调查。此外, 还在青海、甘肃、四川、山东、广东和内蒙古的部分地区进行了短期调查。也调查了一些食用菌栽培场所, 了解人工栽培食用菌的生态习性。

2 调查结果与分析

2.1 大型真菌生态类型的划分

调查中共采集大型真菌子实体标本1800余份, 经鉴定共有422种(名称略), 根据其获得营养的方式分为腐生真菌、寄生真菌和共生真菌3大类, 每一大类又根据其生长基质、寄主或共生生物分为不同的生态类型, 共12个生态类型, 详见表1。

^{*} [收稿日期] 2004-07-02

[基金项目] 国家自然科学基金项目(30270864)

[作者简介] 林晓民(1961-), 男, 河南新安人, 教授, 博士, 主要从事真菌学和植物病理学研究。

表1 大型真菌的生态类型

Table 1 The ecological types of macrofungi

生态类型 Ecological types	物种数 Numbers of spe- cies	所占 比率/% Rate
腐生真菌 Saprophytic fungi	312	73.9
1 木腐真菌 Saprophytic fungion wood	178	42.2
2 落叶及腐草生真菌 Saprophytic fungion straws and fallen leaves	24	5.7
3 土壤腐生菌 Saprophytic fungion soil	125	29.6
4 粪生真菌 Saprophytic fungion dung	13	3.1
寄生真菌 Parasitic fungi	17	4.0
5 植物寄生真菌 Phyto-parasitic fungi	10	2.4
6 昆虫寄生真菌 Entomo-parasitic fungi	5	1.2
7 真菌寄生菌 Mycoparasitic fungi	2	0.5
共生真菌 Symbiotic fungi	93	22.0
8 地衣型真菌 Lichen-forming fungi	1	0.2
9 外生菌根菌 Ectomycorrhizal fungi	81	19.2
10 天麻共生菌 Gastrodia-symbiotic fungi	1	0.2
11 真菌共生菌 Fungi-symbiotic fungi	4	0.9
12 昆虫共生菌 Insect-symbiotic fungi	6	1.4

注: 腐生真菌中的有些种类可归属于多个生态类型。

Note: Some species of Saprophytic fungi may belong to more than one ecological types

2.2 大型真菌各生态类型的特点及代表种类

2.2.1 腐生性大型真菌 (1) 木腐真菌。生长在木材上的腐生真菌被统称为木腐真菌。这一生态类型的确定在生产实践上具有很重要的意义, 人们在对野生食(药)用菌驯化栽培的实践发现, 木腐真菌是最容易驯化成功的。目前, 人们驯化栽培成功的食(药)用菌中, 有许多都属于木腐真菌, 如香菇、金针菇、猴头、茯苓、平菇类、木耳类、灵芝类等。

木腐真菌不仅可生长于各种腐木和枯枝上, 而且也常见于一些富含木质素的其他物质上, 例如, 生长在松果上的耳匙菌(*Auriscalpium vulgare* Gray.) 即是很常见的(图版 I), 在调查中还见到了生长于栎果壳中的一种小菇(*Mycena* sp.) (图版 II)。

(2) 落叶及腐草生真菌。以落叶或腐草为生长基质的腐生真菌被称为落叶及腐草生真菌。森林地面累积物中落叶要占半数, 腐生于落叶上的真菌在落叶的分解过程中起着十分重要的作用。有些腐生于

落叶上的真菌可在落叶上形成明显的菌丝束(图版 III), 有些小型伞菌可生于单独的一片落叶上(图版 IV), 还有些小型伞菌可生于单独的一根松针上(图版 V), 这些均是大型真菌生态多样性的典型代表。草原生境中腐生于枯草上的真菌在草原物质循环中起着很重要的作用。

(3) 粪生真菌。生长在动物粪便上的腐生真菌被称为粪生真菌。动物粪便中含有大量的纤维素、半纤维素和木质素, 由于肠道微生物的活动, 粪便中的有机氮含量一般都高于木材和秸秆, 动物粪便中还含有较多的维生素、矿物质和生长物质, 这些均是一些真菌适宜的营养源。此外, 动物粪便的pH 值也较适宜真菌生长, 因此, 动物粪便是不少真菌良好的生长基质。双孢蘑菇[*A. bisporus* (Lange) Sing.] 就是利用含有较多畜粪的培养料经发酵处理来栽培的。最初人们发现这种蘑菇出现于马厩中, 并由此受到启发而探索出了双孢蘑菇人工栽培技术。

(4) 土壤腐生菌。生于土壤上的腐生真菌被称为土壤腐生菌。生于土壤的大型真菌种类很多, 其中有些是腐生真菌, 另有一些则与土壤中的其他生物具有寄生或共生关系。目前被认为是土壤腐生菌的大型真菌, 其中有一些可能并非腐生菌, 只是它们与土壤中其他生物的关系尚未被人们认识。一般地, 生于土壤的食用菌要比木生、草生和粪生食用菌难驯化栽培, 其原因之一是土壤的成分比较复杂, 并且不同土壤的成分及其比例会有很大差异, 人们很难掌握生于土壤的某种食用菌适宜于生长的土壤环境, 或子实体产生的土壤成分及其比例; 另外, 有些生于土壤的大型真菌可能需要某一种或几种土壤微生物的伴生才能生长或产生子实体。

有一些土壤腐生菌的子实体可在地面上排列成很奇特的图形——蘑菇圈(图版 VI), 蘑菇圈的形成与菌落在地上的扩展有关。从蘑菇圈中部菌丝不能生长这一现象可以看出, 这类大型真菌对土壤养分的要求也是比较严格的。

2.2.2 寄生性大型真菌 本研究中发现的寄生性大型真菌有17种, 全都是死体寄生菌, 它们可在活的寄主生物上营寄生生活, 当寄主死亡后, 又可在其上营腐生生活。

(5) 植物寄生真菌。能在植物上营寄生生活的真菌被称为植物寄生真菌。许多被认为是木腐菌的大型真菌, 其实也具有一定的寄生性。例如, 裂褶菌是很常见的一种大型真菌, 其子实体广泛分布于各种腐木上。不少文献将其记述为木腐菌, 其实它也可在

活的树木上营寄生生活, 并且是导致树木局部或全部死亡的原因之一。在调查中曾在50多种树木上发现该菌的子实体。

(6) 昆虫寄生真菌。寄生于昆虫体上的真菌被称为昆虫寄生真菌。昆虫寄生真菌与虫体形成的复合体常被称为虫草。被寄生的虫体内部充满菌丝, 这种充满菌丝的虫体也叫假菌核, 所谓“草”其实是从假菌核(虫体)上长出的真菌子座(图版VII)。许多这类真菌与昆虫形成的复合体因具有药用价值而受到人们的重视, 其中最具经济价值的当属中华虫草菌 [*Cordyceps sinensis* (Berk.) Sacc.] 与蝙蝠蛾幼虫形成的复合体——冬虫夏草。

(7) 真菌寄生菌。寄生于其他真菌上的真菌被称为真菌寄生菌。寄生菇属 (*Asterophora*)、蕈寄生属 (*Nyctalis*) 和偏脚菇属 (*Claudopus*) 的一些物种可作为这方面的典型代表, 它们可寄生于其他大型真菌的子实体上, 并在被其寄生的大型真菌子实体上产生大型子实体(图版VIII)。

在以前的文献上, 总状炭角菌 (*Xylaria pedunculata* Fr.) 被记述为一种土壤腐生菌。本研究中所见的该菌全都生长在覆土方法栽培鸡腿菇 (*Coprinus comatus*) 的菌床上, 严重时菌床表面布满一层总状炭角菌子实体, 一旦发生这种情况, 菌床上基本不再产生鸡腿菇子实体。双孢蘑菇 [*Agaricus bisporus* (Lange) Sing.] 的覆土栽培方法与鸡腿菇相类似, 但在栽培双孢蘑菇的覆土菌床上从未见有总状炭角菌发生。根据这些情况, 本研究将总状炭角菌归为寄生于鸡腿菇的寄生菌, 但这2种菌间的相互关系尚需进一步研究。

2.2.3 共生性大型真菌 (8) 地衣型真菌。地衣是一些真菌与藻类共生形成的复合体。能形成地衣的真菌被称为地衣型真菌。大多数地衣型真菌都是小型真菌, 人们用肉眼看到的是地衣共生体, 而不能用肉眼从地衣共生体上区分出真菌和藻类, 这类真菌不属于大型真菌的范畴, 但也有些地衣型真菌能在地衣上形成大型的子实体, 本文所指的地衣型大型真菌即属这一类型。本研究中仅采集到了1种地衣型大型真菌——网肺衣 (*Lobaria retigera* Trevis) (图版IX)。

(9) 外生菌根菌。能与植物根共生形成外生菌根的真菌称为外生菌根菌。外生菌根菌基本上都是大型真菌。外生菌根具有庞大的菌丝系统, 这种菌丝系统的少部分深入到植物的根组织中, 而更多的菌丝在根围的基质中蔓延, 这些在基质中蔓延的庞大菌

丝系统是菌根的主要吸收器官(图版X)。菌根菌依靠其特殊的酶系, 还可将土壤或其他基质中的一些不溶状态的矿质营养转变为可溶状态, 有些菌根菌甚至可分解、吸收石头中的一些营养成分而供植物和菌根菌利用。因而, 具有菌根的植物有更强的抗旱、耐瘠薄能力。在自然界, 常可见到石头缝中生长着高大的树木即是这种原因。此外, 菌根还在促进植物生长发育、抗病, 以及保持水土、维护生态系统的良性循环方面具有重要作用。

(10) 真菌共生菌。与其他真菌营共生生活的真菌被称为真菌共生菌。银耳是真菌共生菌的代表之一, 自然条件下银耳必须与另一种小型真菌共生才能形成子实体, 与银耳共生的真菌曾被称为耳友菌, 因其菌落类似香灰, 故也叫香灰菌 (*Filobasidiella xianghuijun* Zang)。与银耳近缘的金耳 (*T. aurantialba* Bandoni et Zang) 是另一种很特殊的真菌共生菌, 其子实体由两个物种的菌丝组成。子实体表面为胶质化的金耳菌丝, 核心部分则是另一种真菌——粗毛革菌 [*Stereum hirsutum* (Willd.) Fr.] 的菌丝。金耳纯菌种有时能形成子实体, 但出耳率极低。另外, 银耳属还有一些种也能从其他真菌上获取营养, 如脑状银耳 (*T. encephala* Pers.) 能生长在血痕韧革菌 (*Stereum sanguinolentum* Alb. et Schw. Fr.) 上, 黄金银耳 (*T. mesenterica* Retz Fr.) 能生长在一种隔孢伏革菌 (*Peniophora* sp.) 上。关于这些真菌间的关系尚需进一步研究。

猪苓与蜜环菌间的关系可能也属共生关系。人工栽培猪苓时把猪苓菌种接入含有蜜环菌菌丝的基质中, 猪苓菌核依靠蜜环菌提供的营养而生长^[1], 但目前对猪苓与蜜环菌间的关系尚不十分清楚, 还有许多问题需进一步研究。

(11) 天麻共生菌。与天麻 (*Gastrodia elata* Bl.) 共生的真菌被称为天麻共生菌。天麻 (*G. elata* Bl.) 属于兰科植物, 无根系, 叶片退化, 没有叶绿素, 不能进行光合作用。日本学者草野俊助于1911年发表了“天麻与蜜环菌共生”一文, 之后世界植物界普遍认为, 天麻是靠蜜环菌 (*Armillariella* sp.) 获得营养的, 在天麻的整个生长周期, 包括种子萌发和块茎生长阶段都离不开蜜环菌。后据中国学者徐锦堂等^[2]研究发现, 蜜环菌能和天麻块茎建立良好的共生关系, 为天麻块茎生长提供营养, 但对天麻种子的萌发不仅没有促进作用, 反而有抑制作用。从天麻种子发芽的原球茎中已分离到多种使天麻种子萌发的真菌, 统称为萌发菌。目前已鉴定出的天麻种子萌发菌

均属于小菇属(*Mycena*), 主要包括紫萁小菇(*Mycena osmundicola* Lange)、兰小菇(*M. orchicola* Fan et Guo)、石斛小菇(*M. dendrobii* Fan et Guo)和开唇兰小菇(*M. anoetochila* Fan et Guo)等。根据目前的研究, 天麻是靠先后与两类真菌(小菇和蜜环菌)共生而完成从种子到种子生活史的。

蜜环菌属(*Armillaria*)和小菇属(*Mycena*)的一些种类是典型的天麻共生菌, 但本研究中未采集到小菇属(*Mycena*)的天麻共生菌。

(12) 昆虫共生菌。与昆虫营共生生活的真菌被称为昆虫共生菌。鸡枞菌和隔担耳属真菌是这类真菌的典型代表。

鸡枞菌是鸡枞属(也叫白蚁伞属)(*Termitomyces*)真菌的通称, 全世界已发现28种, 中国已发现10余种。鸡枞菌均生长在白蚁巢上, 与白蚁共生。白蚁为鸡枞提供生存基质, 而在白蚁窝内生长的鸡枞菌为白蚁提供丰富的营养——菌丝体, 白蚁和鸡枞菌间彼此依赖生存。如果白蚁放弃了长有鸡枞的巢穴, 则其上的鸡枞菌就不能继续存活下去。

隔担耳属真菌的子实体常呈膏药状或海绵状, 下部为菌丝层, 中有柱状、埂状或球状结构, 上部为子实层。该属真菌常与介壳虫营共生生活, 介壳虫生活于隔担耳属真菌子实体的菌丝层下面的树木枝干上, 菌丝侵入到介壳虫体腔内形成卷曲的或结节的吸器, 从介壳虫中吸收营养, 介壳虫则从树木枝干中吸收营养。在这种真菌与介壳虫的联合中, 介壳虫肯定也获得了益处, 因为生活在这种体系中的介壳虫群明显比其他介壳虫群寿命长。但它们间的共生关

系还需要进一步研究。

3 讨论

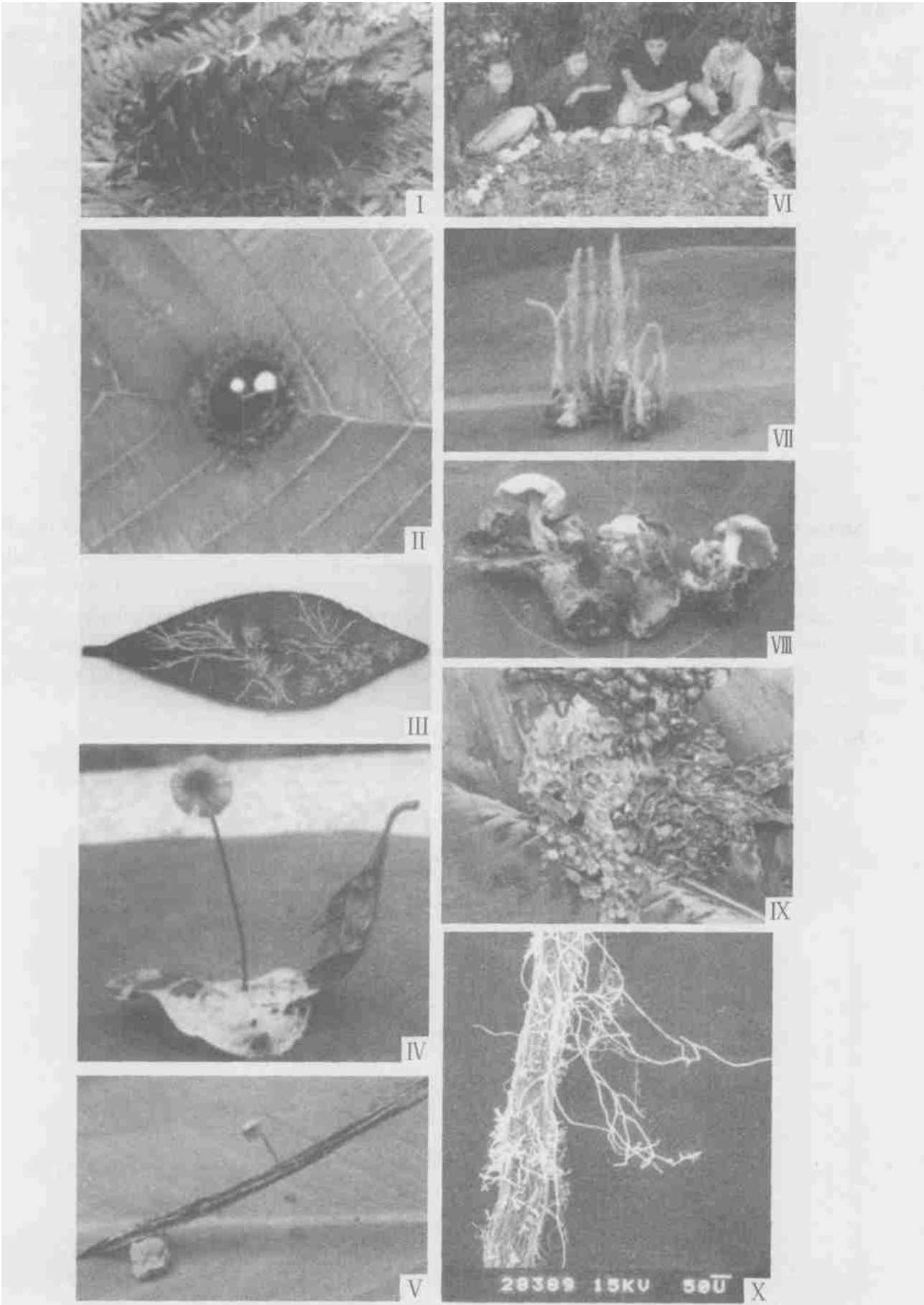
在过去的文献上, 关于具体某一种大型真菌生态习性的研究报道很多^[3~6], 这些都是大型真菌生态多样性的具体体现, 或者说是个别体现, 但从整体上看, 对大型真菌生态多样性的研究还是很不够的。

本文根据大量的调查研究, 首次将大型真菌划分为木腐真菌、落叶及腐草生真菌、土壤腐生真菌、粪生真菌、植物寄生真菌、昆虫寄生真菌、真菌寄生菌、地衣型真菌、外生菌根菌、昆虫共生菌、天麻共生菌和真菌共生菌等12个生态类型。虽然上述12个生态类型是根据对422种大型真菌生境、生态的调查结果提出的, 但经查阅有关文献^[7~9], 发现这12个生态类型可以包括目前中国已报道的所有大型真菌。

另外, 过去关于大型真菌生态习性的报道主要是一些文字上的描述, 对大型真菌生态多样性典型现象的图像记录(如照片、录像等)较少。本研究中, 对422种大型真菌的生境、生态进行了调查研究, 并拍摄了一些反映大型真菌生态多样性的典型照片, 从效果上看, 以图像记录配合文字叙述来反映大型真菌的生态多样性是一种很好的方式。但这也只是在这方面做了初步的尝试性探索, 涉及的大型真菌种类、地域范围和生态类型都较少, 也没有像动植物多样性研究^[10, 11]上针对一个地区或一些物种进行多年的连续调查。广泛深入地开展这方面的研究, 对于科学地利用和保护大型真菌的多样性都具有重要意义。

[参考文献]

- [1] 田茂林, 蒋金池. 猪苓栽培技术[J]. 中国食用菌, 1998, 17(1): 22
- [2] 徐锦堂, 郭顺星, 范黎, 等. 供给天麻种子萌发营养的真菌——紫萁小菇[J]. 真菌学报, 1989, 8(3): 221- 226
- [3] 冯全传, 邹芳伦. 贵州中部地区非褶菌物生态分布[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2000, 18(3): 38- 39
- [4] 田呈明, 王吉忍, 杨俊秀, 等. 太白山自然保护区大型真菌生态分布及资源评价[J]. 西北林学院学报, 2000, 15(3): 62- 67
- [5] 赵吉, 邵玉琴. 草原蒙古口蘑蘑菇圈的特殊生态现象观察[J]. 中国食用菌, 2002, 21(6): 25- 26
- [6] 朱炳根. 南京紫金山大型真菌资源生态环境及其分类鉴定[J]. 南京农专学报, 2003, 19(1): 6- 14
- [7] 黄年来. 中国大型真菌原色图鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998
- [8] 黄年来. 中国食用菌百科[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993
- [9] 卯晓岚, 文华安, 庄文颖, 等. 中国大型真菌[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2000
- [10] Barba L, Dutoit T, Cozic P. A six-year experimental restoration of biodiversity by shrub-clearing and grazing in calcareous grasslands of the French Prealps[J]. Biodiversity and Conservation, 2001, 10(1): 119- 135
- [11] Ramos M A, Lobo J M, Esteban M. Ten years inventorying the Iberian fauna: results and perspectives[J]. Biodiversity and Conservation, 2001, 10(1): 19- 28



图版说明

I. 生长在松果上的耳匙菌(*Auriscalpium vulgare* Gray.); II. 生长于栎果壳中的一种小菇(*Mycena* sp.); III 腐生真菌在落叶上形成的菌丝束; IV. 生长在单片树叶上的叶生皮伞(*Marasmius epiphyllus*); V. 生长在一根松针上的一种伞菌; VI 蘑菇圈; VII 蛹虫草(*Cordyceps militaris*); VIII 寄生于假大白菇(*Russula pseudodelica*)子实体上的星孢寄生菇(*Asterophora lycoperdoides*); IX 地衣型大型真菌——网肺衣(*Lobaria retigera* Trevis); X. 与栎树菌根相连的根外菌丝

Illustration

Plate I. *Auriscalpium vulgare* Gray. growing on a fruit of pine; Plate II. *Mycena* sp. growing in a chestnut shell; Plate III Mycelial strands of saprophytic fungus on a fallen leaf; Plate IV. *Marasmius epiphyllus* growing on a fallen leaf; Plate V. A garic growing on a pine needle; Plate VI. Fairy ring; Plate VII *Cordyceps militaris*; Plate VIII *Asterophora lycoperdoides* growing on the fruit body of *Russula pseudodelica*; Plate IX. a species of lichen-forming fungus- *Lobaria retigera* Trevis; Plate X. Hyphae of ectomycorrhizal fungus connecting with the root of oak

On the ecological types of macrofungi

LIN Xiao-m^{1,2}, LI Zhen-qi¹, HOU Jun², WANG Shao-xian²

(1 College of Plant Protection, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Department of Horticulture and Landscape Architecture, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003, China)

Abstract: The ecological characteristics of macrofungi were investigated. The results showed that the macrofungi could be divided into 12 ecological types, i.e. saprophytic fungi on wood, on straws and fallen leaves, on dung, on soil, phyto-, entomo-, myco-parasitic fungi, ectomycorrhizal fungi, lichen-forming fungi, insect-symbiotic fungi, *Gastrodia*-symbiotic fungi, and fungi-symbiotic fungi. All the macrofungi reported in China could be put into one of the 12 ecological types. Some photographs were also provided to show various ecological types of macrofungi. In addition, the study methods of ecological diversity of macrofungi were briefly discussed.

Key words: macrofungi; ecological types; ecological diversity