

长白山阔叶红松林大型真菌多样性

图力古尔^{1,*}, 陈今朝², 王 耀¹, 范宇光¹

(1. 吉林农业大学菌物研究所, 长春 130118; 2. 长江师范学院生命科学系, 涪陵 408100)

摘要: 采用取样调查方法获得长白山阔叶红松混交林蒙古栎+红松+云杉群落、红松+色木槭+蒙古栎群落、红松+假色槭+糠椴群落、红松+花楷槭+紫椴群落、长白松+红松+山槐群落中的大型真菌物种组成和群落结构的基本数据, 分析不同植物群落中大型真菌的丰富度指数 R_1 、 R_2 、多样性指数 N_1 、 N_2 和 H' 、均匀度指数 E 。大型真菌标本鉴定采用形态学分类方法, 凭证标本保存于吉林农业大学菌物标本馆(HMJAU)。多样性研究结果:(1) 共采集鉴定大型真菌 238 种, 隶属于 90 属 44 科, 其中外生菌根菌 100 种; 腐生菌 135 种; 其他 3 种。(2) 在不同的植物群落中大型真菌丰富度、多样性、均匀度指数有所差异, 其中蒙古栎+红松+云杉群落中的丰富度指数和多样性指数最高, 而红松+色木槭+蒙古栎群落中的均匀度最大;(3) 大型真菌子实体的发生在 1a 中出现 2 次高峰, 即 7 月中下旬和 9 月上旬, 第 1 次高峰期的优势类群为腐生菌, 外生菌根菌较少; 第 2 次高峰期优势类群则以外生菌根菌为主, 腐生菌相对较少。

关键词: 物种多样性; 群落多样性; 季节相关性

Macrofungal diversity in broad-leaved Korean pine forest in the Changbaishan National Nature Reserve

BAU Tolgor^{1,*}, CHEN Jinzhao², WANG Yao¹, FAN Yuguang¹

¹ Institute of Mycology of Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China

² Department of Life Science, Yangtze Normal University, Fuling 408100, China

Abstract: Macrofungal diversity in broad-leaved Korean pine forest was investigated in Changbaishan National Nature Reserve. Sampling survey method was adopted to obtain the basic data of species composition and community structure in different plant communities with *Pinus koraiensis*. The interval of two released collection surveys is about fifteen days. Five plant communities were divided according to references and the compositions of plant species. They are: Ass. *Quercus mongolicus* + *Pinus koraiensis* + *Picea jezoensis* var. *komarovii*, Ass. *Pinus koraiensis* + *Acer mono* + *Quercus mongolicus*, Ass. *Pinus koraiensis* + *Acer pseudo-sieboldianum* + *Tilia mandshurica*, Ass. *Pinus koraiensis* + *Acer ukurunduensis* + *Tilia amurensis* and Ass. *Pinus sylvestriiformis* + *Pinus koraiensis* + *Albizia kalkora*. The fungal specimens were identified with morphological taxonomic methods and deposited in the Herbarium of Mycology of Jilin Agricultural University (HMJAU). In order to assess the macrofungal diversities in the different communities and compare their differences, index of species richness (R_1 , R_2), species diversity (N_1 , N_2 , H') and species evenness (E) were used to analyze all the collected data. The results showed that: (1) 238 species of macrofungi belonging to 90 genera of 44 families were identified; among them, 100 species were ectomycorrhizal, 135 were saprophytic, and 3 belonged to other types. (2) The endemic species of each plant community occupied from 38.03% to 49.41% individually, and the common species occurring in all the plant communities shares 5.81%—7.04%; such a result indicates that the habitat heterogeneity existing in broad-leaved Korean pine forest of Changbaishan National Nature Reserve contributes a lot to the spatial distribution of macrofungi there. The species richness index (R_1 , R_2), species diversity index (N_1 , N_2 and H') and evenness index (E) are different from each other among the plant communities. The Ass. *Quercus mongolicus* + *Pinus koraiensis* + *Picea jezoensis* var. *komarovii* has the

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(No. 30670049)

收稿日期: 2009-10-25; **修订日期:** 2010-04-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: junwusuo@126.com

highest species richness index and species diversity index; while the Ass. *Pinus koraiensis* + *Acer mono* + *Quercus mongolicus* gained the highest evenness index. (3) There are two fruiting peak seasons for the macrofungi each year, the first fruiting peak occurs during the middle and late of July, species of *Mycena*, *Marasmius* and *Russula* were common in this period; the second fruiting peak occurs during the first ten days of September when *Mycena*, *Inocybe*, *Clitocybe* and *Hebeloma* were the dominant genera. The saprophytic species occupied 89.09% of all the species occurring in the 1st fruiting peak and the ectomycorrhizal species were more common in the 2nd fruiting peak. Such a result could give some predictive informations to the mushroom hunters. From the view of fungal conservation, the Ass. *Quercus mongolicus* + *Pinus koraiensis* + *Picea jezoensis* var. *komarovii* is the key and ideal zone for *in situ* conservation, which needs to pay more attention. The best way to preserve mycorrhizal species is to preserve the living trees they associated with, and the preservation of diverse woody debris may play an important role in conserving saprophytic species.

Key Words: species diversity; community diversity; season correlation

真菌的分布很大程度上是决定于环境条件,其中与植被和气候条件的关系较为密切。Wilkins 等^[1]研究了大型真菌区系与植物群落之间的联系,并发现在每个植物群落中都有 1/4 至 1/10 的特有成分,在他所发现的 630 个种中,只有 14 个种发生在所有的植物群落中。Richard^[2]发现大型真菌物种的丰富度与树林的密度相关,植被层数增加会降低物种的丰富度。认为森林结构和大面积的木质残骸对真菌的保育意义重大。Packham 等^[3]研究了成熟的和幼龄的林内大型真菌多样性及群落生态,结果表明两种类型的森林内有着截然不同的大型真菌区系且每个森林中大约有 40% 的特有种。Kanabitter^[4]的研究表明,许多成熟林中的外生菌根菌难以在空地 and 新生树根际生存,它们需要发育成熟的树林提供足够的根系密度和菌丝的接触来维持。但 Martina^[5]认为不同类群外生菌根菌的侵染策略的不同造成不同树龄的森林内外生菌根菌群落的差异。

Wilkins 等^[6]研究表明,子实体的发生相对最适宜的环境条件有一个滞后期且一般子实体越大滞后期越长。子实体发生高峰的出现往往是一小部分种的贡献。与对水分的要求相比,许多物种对温度要求不很敏感,但最低温度却直接影响子实体的发生。Straatsma 等^[7]在 21a 的研究中发现,子实体开始出现的时间在不同年份和不同物种之间有很大的差异。

国内大型真菌的多样性研究更多集中在大型真菌的种群分布特点及资源评价等方面如吴兴亮等^[8-11]、何宗智^[12]、陈忠东等^[13]、柯丽霞等^[14]、毕湘虹等^[15-16]、李建宗等^[17]对西南、东北地区主要保护区和林区的大型真菌的生态分布与资源研究。林晓民等^[18]、张春霞等^[19]对大型真菌的生态类型以及对特殊环境的适应性进行了阐述,而大型真菌的群落多样性以及与气候相关性研究方面报道较少,仅见于图力古尔等^[20,21]在内蒙古大青沟自然保护区所做的研究。

1 材料与方法

1.1 实验材料

研究用的大型真菌标本及相关的野外记录是在 2007 年 8—10 月和 2008 年 6—10 月(2007 年 8 月 16—21 日,2007 年 9 月 7—12 日,2007 年 10 月 5—6 日,2008 年 6 月 8—9 日,2008 年 6 月 27 日,2008 年 7 月 18—19 日,2008 年 8 月 2—3 日,2008 年 8 月 20—21 日,2008 年 9 月 4—5 日,2008 年 9 月 22—23 日,2008 年 10 月 10—11 日)期间在长白山阔叶红松林中获得。

1.2 实验方法

1.2.1 研究地概况

大型真菌生态多样性观测点设在吉林省安图县二道白河镇长白山国家级自然保护区内的阔叶红松混交林中。此林带分布于海拔 700—1100m 之间的玄武岩台地上,在长白山的下部,坡面较缓,气候特点是冬长寒,夏温暖。年平均气温在 3℃ 左右,最冷月(1 月份)平均气温为 -15—-17℃,最热月(7 月份)平均气温是 17—19℃,无霜期为 100—120d,太阳辐射为 553kJ/(cm²·a),年降水量 700—800mm,年平均相对湿度 72%,

气候温和,坡度平缓,土壤为暗棕色森林土,发育与火山灰砂砾土,排水良好^[22]。

1.2.2 样地设置

参考前人对长白山阔叶红松林植被群落的划分标准^[23],结合调查地的实际情况选取 5 个典型的植被群落,并设置固定样地,每样方面积为 10m × 10m。测定大型真菌的物种组成和子实体数量、生物量和密度、多度(分为极多、很多、多、少、稀有 5 个等级)等基本数据。

1.2.3 大型真菌鉴定

采用形态学分类方法鉴定标本,显微特征观察以 5% 的氢氧化钾(KOH)溶液为浮载剂,必要时用 1% 的刚果红试剂染色。

1.2.4 多样性测度方法

多样性测度方法采用统计生态学中常用的几种计算方法^[20,24-25]。计算样方内组成物种的重要值(或综合指标)。选用 Margalef 的丰富度指数(R_1)、Menhinick 的丰富度指数(R_2)、Shannon-Weaver 的多样性指数(H')、Hill 的多样性指数(N_1 和 N_2)和 Pielou 的均匀度指数(E),计算公式:

$$\text{Margalef 的丰富度指数}(R_1) \quad R_1 = \frac{s-1}{\ln(n)}$$

$$\text{Menhinick 的丰富度指数}(R_2) \quad R_2 = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$\text{Shannon-Weaver 的多样性指数}(H') \quad H' = - \sum_{i=1}^s (\ln P_i)$$

$$\text{Simpson 多样性指数}(\lambda) \quad \lambda = 1 - \sum_{i=1}^s (P_i)^2$$

$$\text{Hill 的多样性指数}(N_1, N_2) \quad N_1 = e^{H'}, N_2 = \frac{1}{\lambda}$$

$$\text{Pielou 的均匀度指数}(E) \quad E = \frac{H'}{\ln S}$$

式中, s 为种 i 所在样方的物种总数; n 为种 i 所在样方的各个种的综合指标之和; P_i 为种 i 的综合指标,本文采用综合指标作为多样性指数计算的依据; λ 为 Simpson 指数。

2 结果与分析

2.1 长白山阔叶红松林大型真菌物种多样性

在所设样地内共采集、鉴定出大型真菌 44 科 90 属 238 种,凭证标本存放于吉林农业大学菌物标本馆(HMJAU)。按照生态类型划分外生菌根菌 100 种,腐生菌 135 种,其他 3 种,腐生型略占优势。

2.2 大型真菌多样性与植物群落的相关性

2.2.1 植物群落的基本特征

将选取 5 个典型植被群落类型作为调查对象,设固定样地调查大型真菌物种组成和子实体数量变化来比较不同植物群落中大型真菌发生和分布(表 1)。植被群落组成和特征如下:

①蒙古栎 *Quercus mongolicus* Fisch. ex Turcz. + 红松 *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. + 红皮云杉 *Picea koraiensis* Nakai 群落:除建群种外还有紫椴 *Tilia amurensis* Rupr.、沙冷杉 *Abies holophylla* Maxim.、色木槭 *Acer mono* Maxim.、假色槭 *Acer pseudo-sieboldianum* (Pax) Kom.、山槐 *Albizia kalkora* (Roxb.) Prain、溲疏 *Deutzia* sp.、黄花忍冬 *Lonicera chrysantha* Turcz.、毛榛子 *Corylus mandshurica* Maxim. et Rupr.、五味子 *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill.、狗枣猕猴桃 *Actinidia kolomikta* (Maxim. & Rupr.) Maxim.、羊胡子苔草 *Carex callitrichos* V. Krecz、舞鹤草 *Maianthemum bifolium* (Linn.) F. W. Schmidt、透骨草 *Speranskia tuberculata* (Bunge) Baill. 等植物组成,此群落中红松组成比例占 50%,蒙古栎组成比例占 20% 以上,土壤肥沃、群落总盖度约为 85%—95%。

②红松 *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. + 色木槭 *Acer mono* Maxim. + 蒙古栎 *Quercus mongolicus* Fisch. ex Turcz. 群落:除建群种外还有红皮云杉 *Picea koraiensis* Nakai、假色槭 *Acer pseudo-sieboldianum* (Pax) Kom.、青楷槭 *Acer tegmentosum* Maxim.、花楷槭 *Acer ukurunduensis* Trautv. et Mey.、瘤枝卫矛 *Euonymus pauciflorus* Maxim.、裂叶榆 *Ulmus laciniata* (Trautv.) Mayr.、溲疏 *Deutzia* sp.、毛榛子 *Corylus mandshurica* Maxim. et Rupr.、东北山梅花 *Philadelphus schrenkii* Rupr.、五味子 *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill.、刺五加 *Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms.、山葡萄 *Vitis amurensis* Rupr.、山茄子 *Brachybotrys paridiformis* Maxim. ex Oliv.、猴腿蹄盖蕨 *Athyrium multidendatum* (Doll.) Ching、木贼 *Equisetum hiemale* L.、宽叶苔草 *Carex siderosticta* Hance、羊胡子苔草 *Carex callitrichos* V. Krecz 等植物,此群落中红松比例占 40%、色木槭占 30%,土壤较肥沃,常有动物活动痕迹,群落总盖度约 80%—90%。

③红松 *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. + 假色槭 *Acer pseudo-sieboldianum* (Pax) Kom. + 糠椴 *Tilia mandshurica* Rupr. et Maxim. 群落:除建群种外还有色木槭 *Acer mono* Maxim.、花楷槭 *Acer ukurunduensis* Trautv. et Mey.、毛榛子 *Corylus mandshurica* Maxim. et Rupr.、瘤枝卫矛 *Euonymus pauciflorus* Maxim.、莢迷 *Viburnum* sp.、黄花忍冬 *Lonicera chrysantha* Turcz.、茶藨 *Ribes* sp.、五味子 *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill.、山葡萄 *Vitis amurensis* Rupr.、刺五加 *Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms.、木贼 *Equisetum hiemale* L.、宽叶苔草 *Carex siderosticta* Hance、狗枣猕猴桃 *Actinidia kolomikta* (Maxim. & Rupr.) Maxim.、山茄子 *Brachybotrys paridiformis* Maxim. ex Oliv.、猴腿蹄盖蕨 *Athyrium multidendatum* (Doll.) Ching、龙常草 *Digitaria ischaemum* (Schreb.) Schreb. ex Muhl.、茜草 *Galium* sp. 等植物组成,此群落中倒木较多,木贼盖度达 80%,群落总盖度约 90%—95%。

④红松 *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. + 花楷槭 *Acer ukurunduensis* Trautv. et Mey. + 紫椴 *Tilia amurensis* Rupr. 群落:除建群种外还有假色槭 *Acer pseudo-sieboldianum* (Pax) Kom.、拧筋槭 *Acer triflorum* Kom.、青楷槭 *Acer tegmentosum* Maxim.、色木槭 *Acer mono* Maxim.、蒙古栎 *Quercus mongolicus* Fisch. ex Turcz.、黄蘗 *Phellodendron amurense* Rupr.、桃叶卫矛 *Euonymus bungeanus* Maxim.、瘤枝卫矛 *Euonymus pauciflorus* Maxim.、榛子 *Corylus heterophylla* Fisch. et Trautv.、东北山梅花 *Philadelphus schrenkii* Rupr.、溲疏 *Deutzia* sp.、刺五加 *Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms.、山葡萄 *Vitis amurensis* Rupr.、五味子 *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill.、柴胡 *Bupleurum scorzonerifolium* Willd.、木贼 *Equisetum hiemale* L.、羊胡子苔草 *Carex callitrichos* V. Krecz、猴腿蹄盖蕨 *Athyrium multidendatum* (Doll.) Ching、龙常草 *Digitaria ischaemum* (Schreb.) Schreb. ex Muhl.、茜草 *Galium* sp. 等植物组成,此群落乔木层高可达 20—25m,灌木层较发达,落群落总盖度约 60%—70%。

⑤长白松 *Pinus sylvestris* (Takenouchi) W. C. Cheng et C. D. Chu + 红松 *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. + 山槐 *Albizia kalkora* (Roxb.) Praina 群落:除建群种外还有山杨 *Populus davidiana* Dode、色木槭 *Acer mono* Maxim.、假色槭 *Acer pseudo-sieboldianum* (Pax) Kom.、茶藨 *Ribes* sp.、狗枣猕猴桃 *Actinidia kolomikta* (Maxim. & Rupr.) Maxim.、黄花忍冬 *Lonicera chrysantha* Turcz.、羊胡子苔草 *Carex callitrichos* V. Krecz、柴胡 *Bupleurum scorzonerifolium* Willd. 组成,群落总盖度约为 95%—100%。此群落以散生有长白松为主要特点,灌木和地表草本不发达,常处于缓坡地。

2.2.2 不同植物群落中的大型真菌物种组成和群落结构

由于不同植物群落类型中的生态因子、乔木、林下灌木和草本植物组成上的差异,导致不同类型植物群落中的大型真菌在群落组成以及多样性特点也随之发生变化,即大型真菌群落多样性与植物群落多样性之间存在一定的相关性。

结合表 1 和图 1 可以看出 5 种植物群落中的大型真菌物种数量差异表现在:(1)共有种占植物群落类型①、②、③、④和⑤中大型真菌总数的比例分别为 5.81%、6.17%、5.88%、5.68% 和 7.04%,说明 5 种植物群落中的大型真菌多样性组成上存在一定差异,这主要与 5 种植物群落中的植被组成的差异有关;(2)植物群

表 1 阔叶红松混交林带植物群落与大型真菌群落的组成

Table 1 Compositions of plant communities and macrofungi community in broad-leaved Korean pine forest

植物群落类型 Types of plant communities	样方中出现的大型真菌代表种类 Representative species of macrofungi in different plots
类型①	<i>Agrocybe praecox</i> (Pers.) Fayod; <i>Armillaria ectypa</i> (Fr.) Lamoure; <i>Bjerkandera adusta</i> (Willd.) P. Karst.; <i>Boletinus spectabilis</i> (Peck) Murrill; <i>Artomyces pyxidatus</i> (Pers.) Jülich; <i>Ampulloclitocybe clavipes</i> (Pers.) Redhead; <i>Clitocybe infundibuliformis</i> (Schaeff.) Quél.; <i>Clitocybe odora</i> (Bull.) P. Kumm.; <i>Lepista flaccida</i> (Sowerby) Pat.; <i>Gymnopus acervatus</i> (Fr.) Murrill; <i>Gymnopus alkalivirens</i> (Singer) Halling; <i>Rhodocollybia butyracea</i> (Bull.) Lennox; <i>Collybia iocophala</i> (Berk. & M. A. Curtis) Singer; <i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd; <i>Cortinarius annulatus</i> Peck; <i>Cortinarius pholideus</i> (Fr.) Fr.; <i>Cystoderma cinnabarina</i> (Alb. & Schwein.) Harmaja; <i>Daldinia concentrica</i> (Bolton) Ces. & De Not.; <i>Favolus arcularius</i> (Batsch) Fr.; <i>Galerina marginata</i> (Batsch) Kühner; <i>Gymnopus dryophilus</i> (Bull.) Murrill; <i>Pseudocaterellus undulatus</i> (Pers.) Rauschert; <i>Humaria hemisphaerica</i> (F. H. Wigg.) Fuckel; <i>Hygrocybe conica</i> (Schaeff.) P. Kumm.; <i>Hygrophorus hypothejus</i> (Fr.) Fr.; <i>Hygrophorus lucorum</i> Kalchbr.; <i>Inocybe avellanea</i> Kobayasi; <i>Inocybe calamistrata</i> (Fr.) Gillet; <i>Inocybe maculata</i> Boud.; <i>Laccaria proxima</i> (Boud.) Pat., et al. <i>Amanita hemibapha</i> (Berk. & Broome) Sacc.; <i>Amanita pantherina</i> Gonn. & Rabenh.; <i>Amanita verna</i> (Bull.) Lam.; <i>Amanita virosa</i> (Fr.) Bertill. <i>Suillus pictus</i> (Peck) A. H. Sm. & Thiers; <i>Boletus chrysenteron</i> Bull.; <i>Calocybe constricta</i> (Fr.) Kühner ex Singer; <i>Hygrocybe virginea</i> var. <i>virginea</i> (Wulfen) P. D. Orton & Watling; <i>Clavaria miyabeana</i> S. Ito; <i>Artomyces pyxidatus</i> (Pers.) Jülich; <i>Pseudoclitocybe expallens</i> (Pers.) M. M. Moser; <i>Clitocybe houghtonii</i> (W. Phillips) Dennis; <i>Clitocybe odora</i> (Bull.) P. Kumm.; <i>Clitocybe phyllophila</i> (Pers.) P. Kumm.; <i>Gymnopus fuscopurpureus</i> (Pers.) Antonín, Halling & Noordel.; <i>Cortinarius nitidus</i> (Schaeff.) Fr.; <i>Cortinarius turmalis</i> (Fr.) Fr.; <i>Galerina heterocystis</i> (G. F. Atk.) A. H. Sm. & Singer; <i>Ganoderma applanatum</i> (Pers.) Pat.; <i>Gastrum saccatum</i> Fr.; <i>Hebeloma sacchariolum</i> Quél.; <i>Hebeloma sinapizans</i> (Fr.) Sacc.; <i>Hygrophorus hypothejus</i> (Fr.) Fr.; <i>Hygrophorus lucorum</i> Kalchbr.; <i>Inocybe auricoma</i> (Batsch) J. E. Lange; <i>Inocybe calospora</i> Quél.; <i>Inocybe cincinnata</i> (Fr.) Quél.; <i>Inocybe geophylla</i> (Fr.) P. Kumm.; <i>Laccaria laccata</i> (Scop.) Cooke; <i>Laccaria tortilis</i> (Bolton) Cooke, et al. <i>Clitocybe candicans</i> (Pers.) P. Kumm.; <i>Gymnopus confluens</i> (Pers.) Antonín, Halling & Noordel.; <i>Coltricia montagnei</i> (Fr.) Murrill; <i>Cordyceps nutans</i> Pat.; <i>Cortinarius alboviolaceus</i> (Pers.) Fr.; <i>Galerina pumila</i> (Pers.) M. Lange; <i>Gastrum triplex</i> Jungh.; <i>Hebeloma sacchariolum</i> Quél.; <i>Panellus serotinus</i> (Pers.) Kühner; <i>Hygrocybe chlorophana</i> (Fr.) Wünsche; <i>Inocybe asterospora</i> Quél.; <i>Tremella mesenterica</i> Retz.; <i>Kuehneromyces mutabilis</i> (Schaeff.) Singer & A. H. Sm.; <i>Lycoperdon perlatum</i> Pers.; <i>Marasmius cohaerens</i> (Alb. & Schwein.) Cooke & Quél.; <i>Merulius tremellosus</i> Schrad.; <i>Mycena epipterygia</i> (Scop.) Gray; <i>Hypholoma fasciculare</i> (Huds.) P. Kumm.; <i>Peziza vesiculosa</i> Bull.; <i>Pholiota spumosa</i> (Fr.) Singer; <i>Physalacia lateriparies</i> X. He & F. Z. Xue; <i>Pleurotus pulmonarius</i> (Fr.) Quél.; <i>Polyporellus burmalis</i> (Fr.) Karst.; <i>Polyporus varius</i> (Pers.) Fr.; <i>Pseudoclitocybe cyathiformis</i> (Bull.) Singer; <i>Russula cyanoxantha</i> (Schaeff.) Fr.; <i>Cotylidia komabensis</i> (Henn.) D. A. Reid; <i>Suillus bovinus</i> (Pers.) Roussel; <i>Trichaptum abietinum</i> (Dicks.) Ryvarden; <i>Xylaria hypoxylon</i> (L.) Grev., et al. <i>Amanita subjunquillea</i> S. Imai; <i>Armillaria mellea</i> (Vahl) P. Kumm.; <i>Clavulinopsis corniculata</i> (Schaeff.) Corner; <i>Clitocybe phyllophila</i> (Pers.) P. Kumm.; <i>Collybia cookei</i> (Bres.) J. D. Arnold; <i>Cystoderma amianthinum</i> (Scop.) Fayod; <i>Cystoderma granulosa</i> (Batsch) Harmaja; <i>Entoloma clypeatum</i> f. <i>clypeatum</i> (L.) P. Kumm.; <i>Exidia glandulosa</i> (Bull.) Fr.; <i>Gymnopilus penetrans</i> (Fr.) Murrill; <i>Humaria hemisphaerica</i> (F. H. Wigg.) Fuckel; <i>Hydnum repandum</i> L.; <i>Hygrophorus eburneus</i> (Bull.) Fr.; <i>Inocybe geophylla</i> (Fr.) P. Kumm.; <i>Irpece lacteus</i> (Fr.) Fr.; <i>Lenzites betulina</i> (L.) Fr.; <i>Leptia cristata</i> (Bolton) P. Kumm.; <i>Marasmius maximus</i> Hongo; <i>Mycena pura</i> (Pers.) P. Kumm.; <i>Hypholoma fasciculare</i> (Huds.) P. Kumm.; <i>Arrhenia epichysium</i> (Pers.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys; <i>Oudemansiella mucida</i> (Schrad.) Höhn.; <i>Panellus stipticus</i> (Bull.) P. Karst.; <i>Pholiota terrestris</i> Overh.; <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm.; <i>Poyoporus badius</i> (Pers.) A. B. De; <i>Psathyrella gracilis</i> (Fr.) Quél.; <i>Russula foetens</i> (Pers.) Pers.; <i>Russula sanguinea</i> (Bull.) Fr.; <i>Suillus subaureus</i> (Peck) Snell, et al.
类型②	
类型③	
类型④	
类型⑤	<i>Armillaria mellea</i> (Vahl) P. Kumm.; <i>Ampulloclitocybe clavipes</i> (Pers.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys; <i>Gymnopus dryophilus</i> (Bull.) Murrill; <i>Cystoderma cinnabarina</i> (Alb. & Schwein.) Harmaja; <i>Daldinia concentrica</i> (Bolton) Ces. & De Not.; <i>Entoloma rhodopolium</i> (Fr.) P. Kumm.; <i>Phaeolepiota aurea</i> (Matt.) Maire; <i>Hebeloma vinosophyllum</i> Hongo; <i>Hericium erinaceus</i> (Bull.) Pers.; <i>Hygrocybe flavescens</i> (Kauffman) Singer; <i>Hygrophorus lucorum</i> Kalchbr.; <i>Inocybe praetervisa</i> Quél.; <i>Irpece lacteus</i> (Fr.) Fr.; <i>Laccaria proxima</i> (Boud.) Pat.; <i>Lactarius subvellerus</i> Peck; <i>Lactarius uvidus</i> (Fr.) Fr.; <i>Omphalotus japonicus</i> (Kawam.) Kirchn. & O. K. Mill.; <i>Lepista personata</i> (Fr.) Cooke; <i>Lycoperdon perlatum</i> Pers.; <i>Mycena epipterygia</i> (Scop.) Gray; <i>Mycena pura</i> (Pers.) P. Kumm.; <i>Phaeolus schweinitzii</i> (Fr.) Pat.; <i>Pholiota spumosa</i> (Fr.) Singer; <i>Podostroma alutaceum</i> (Pers.) G. F. Atk.; <i>Pterula subulata</i> Fr.; <i>Russula nigricans</i> (Bull.) Fr.; <i>Russula rosacea</i> (Pers.) Gray; <i>Schizophyllum commune</i> Fr.; <i>Spathularia flavida</i> Pers.; <i>Suillus brevipes</i> (Peck) Kuntze, et al.

落类型①、②、③、④和⑤中特有种所占样方总种数的比例分别为 39.53%、34.57%、49.41%、43.18% 和 38.03%,说明不同的植物群落中大型真菌的分布受植被的影响且保持各自的特点。(3)植物群落类型③中,大型真菌特有种比例最高,通过实地调查了解到该群落郁闭度较大,总盖度为 90%—95%,以红松、假色槭、糠椴为主,地面腐木多,土壤含水量及其湿度较大,地表大部分被木贼覆盖,生境较为特殊。(4)植物群落类型②中,大型真菌特有种比例最低,表明此群落代表的生境与其他群落的生境同质性较高而异质性偏低。

2.2.3 大型真菌多样性与植物群落相关性

为进一步比较不同植物群落中大型真菌的多样性, 分别在上述 5 种植物群落中, 进行取样调查, 依据群落组成、密度、多度和生物量计算出其综合指标、获得不同植物群落中大型真菌群落的物种丰富度指数(R_1 、 R_2)、物种多样性指数(H')和物种均匀度指数(E), 见表 3。

(1) 大型真菌丰富度与植物群落类型的关系

在阔叶红松混交林带中 5 种不同植物群落中, 大型真菌的物种丰富度指数 R_1 和 R_2 的变化均为: ① > ④ > ② > ③ > ⑤, 见图 2。

表 3 不同植物群落中的大型真菌多样性指数

Table 3 Index of species diversity of macrofungi in different plant communities

植物群落类型 Types of plant community	丰富度指数 Richness index		多样性指数 Diversity index			均匀度指数 Evenness index
	R_1	R_2	H'	$N1 \times 100$	N_2	
①蒙古栎+红松+云杉群落 <i>Quercus mongolicus</i> + <i>Pinus koraiensis</i> + <i>Picea asperata</i> community	17.3584	7.3945	6.1684	4.7742	1.0472	0.9896
②红松+色木槭+蒙古栎群落 <i>Pinus koraiensis</i> + <i>Acer mono</i> + <i>Quercus mongolicus</i> community	16.8349	7.1803	6.0806	4.3729	1.0456	0.9899
③红松+假色槭+糠椴群落 <i>Pinus koraiensis</i> + <i>Acer pseudo-sieboldianum</i> + <i>Tilia mandshurica</i> community	16.1873	6.8440	5.9498	3.8368	1.0655	0.9844
④红松+花楷槭+紫椴群落 <i>Pinus koraiensis</i> + <i>Acer ukurunduensis</i> + <i>Tilia amurensis</i> community	16.9272	7.2365	6.1008	4.4622	1.0449	0.9897
⑤长白松+红松+山槐群落 <i>Pinus sylvestrisformis</i> + <i>Pinus koraiensis</i> + <i>Albizia kalkora</i> community	15.0042	6.4975	5.84	3.4377	1.0633	0.9845

在群落①, 即蒙古栎+红松+云杉群落中丰富度指数达到最大值, 分别为 17.3584 和 7.3965 说明该植物群落内比较适合真菌的生长。在实际调查中了解到该群落郁闭度大, 群落总盖度约为 85%—95%, 以各种乔木为主, 层次发达, 土壤含水量和湿度适中, 地面枯枝落叶层厚, 土质肥沃, 为真菌的生长提供良好的生态环境条件。

在群落⑤, 即长白松+红松+山槐群落中丰富度指数最小, 分别为 15.0042 和 6.4975。说明该植物群落内适合真菌生长的条件比较差, 该群落内受人为干扰较严重, 地表常常裸露, 群落郁闭度低, 地面蒸发量大, 土壤较干燥, 腐殖质含量低, 而影响大型真菌的生长。

(2) 大型真菌多样性与植物群落类型的关系

从图 3、图 4 中可以看出均匀度指数(E)与丰富度指数(R_1 、 R_2)不同, 它在不同植物群落类型中的变化趋势是: ② > ④ > ① > ⑤ > ③。即红松+色木槭+蒙古栎群落、红松+花楷槭+紫椴群落和蒙古栎+红松+云杉群落中均匀度指数较高。这是因为在红松+色木槭+蒙古栎群落中虽然湿度大, 出现的大型真菌种类少, 但由于环境的异质性较差, 以小型子实体的种类(为小菇科 *Mycenaceae* 为主)在样方中出现的频度较高, 从而提

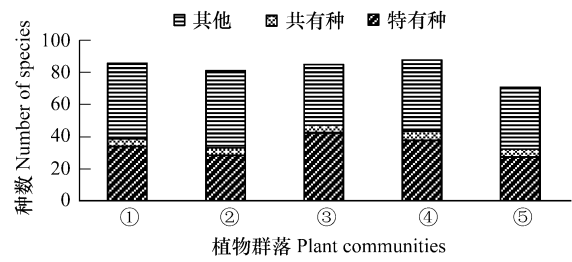


图 1 针阔混交林带不同植被类型大型真菌种类的组成

Fig. 1 Species composition of macrofungi in different plant communities

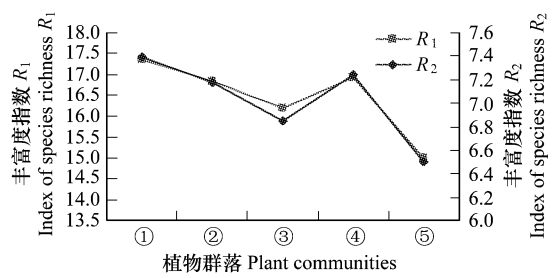


图 2 不同植物群落中大型真菌丰富度指数

Fig. 2 Index of species richness of macrofungi in different plant communities

①蒙古栎+红松+云杉群落 *Quercus mongolicus* + *Pinus koraiensis* + *Picea asperata* community; ②红松+色木槭+蒙古栎群落 *Pinus koraiensis* + *Acer mono* + *Quercus mongolicus* community; ③红松+假色槭+糠椴群落 *Pinus koraiensis* + *Acer pseudo-sieboldianum* + *Tilia mandshurica* community; ④红松+花楷槭+紫椴群落 *Pinus koraiensis* + *Acer ukurunduensis* + *Tilia amurensis* community; ⑤长白松+红松+山槐群落 *Pinus sylvestrisformis* + *Pinus koraiensis* + *Albizia kalkora* community

高了均匀度指数;而红松+花楷槭+紫椴群落内出现的 88 种大型真菌中除了栎金钱菌 *Gymnopus dryophilus* (Bull.) Murrill、琥珀小皮伞 *Marasmius siccus* (Schwein.) Fr.、黄柄小菇 *Mycena epipterygia* (Scop.) Gray、腓骨小菇 *Rickenella fibula* (Bull.) Raithelh.、铅灰色小菇 *Mycena leptcephala* (Pers.) Gillet 等 5 种外,其余的有 38 种在其它植物群落中均未出现,因此导致指数较高;同样,在蒙古栎+红松+云杉群落内出现的 86 种大型真菌中除了上述 5 个共有种外,其余的有 34 个种在其它植物群落中也未出现而导致指数水平较高。而群落类型③,即红松+假色槭+糠椴群落中均匀度指数最低,因为在该群落中虽然湿度大,但地表被木贼覆盖度大,影响大型真菌的生长,因此导致大型真菌种类偏少,指数偏低。

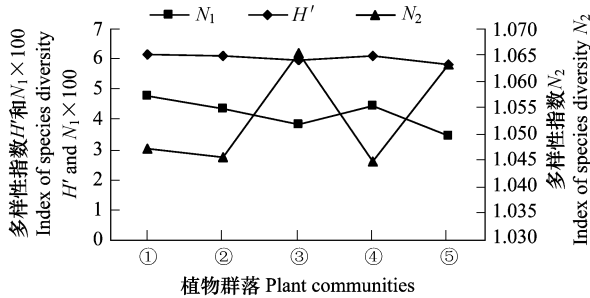


图3 不同植物群落中大型真菌多样性指数

Fig. 3 Index of species diversity of macrofungi in different plant communities

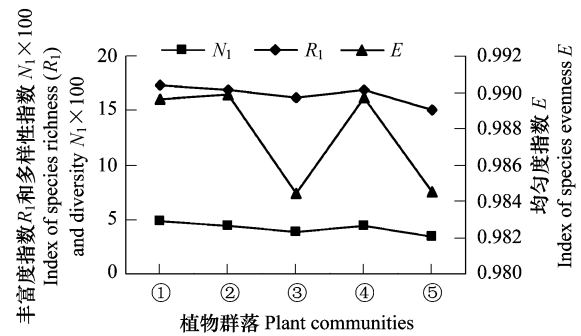


图4 大型真菌物种丰富度、均匀度与多样性之间的相关性

Fig. 4 Relationships among species abundance, species evenness and species diversity of macrofungi

丰富度、均匀度与多样性之间的关系见图4。多样性指数 N_1 的变化趋势为:①>④>②>③>⑤。除了群落①具有较高的多样性指数外,群落④和②的值也显示较高水平,是因为群落④和②的均匀度指数 (E) 偏高所致。同理,由于丰富度指数和均匀度指数均低,因此群落③和⑤的多样性指数也低。多样性指数 N_2 也有类似的趋势:③>⑤>①>②>④。

2.3 大型真菌多样性与季节的相关性

四季更替对野生大型真菌的生长发育和分布有着很大的影响,尤其在北方四季分明的气候下更是如此。因此在本文调查中对大型真菌的季节性变化也进行了初步分析。

从图5可以看出,在长白山阔叶红松混交林带中的不同类型群落中大型真菌的分布规律为:1a 中出现 2 次高峰,即第 3 次(7 月 18 日—19 日)和第 6 次(9 月 4 日—5 日)调查当中。第 1 个高峰期主要以小菇属 *Mycena*、小皮伞属 *Marasmius* 和红菇属 *Russula* 的种类数量占优势,分别占总数的 30%、11.3% 和 10%,其余的属均低于 7%。这是以 7 月份气温逐渐回升,降水量比较集中,大型真菌种类增多为主要原因。其中按生态类型划分主要以腐生真菌为主,在被调查的种类中 49 种为腐生型,占总种数的 89.09%,其余为外生菌根菌,仅为 6 种,占总种数的 10.91%,其中红菇属为主要的 外生菌根菌。第 2 个高峰期则主要以小菇属、丝盖伞属 *Inocybe*、杯伞属 *Clitocybe*、红菇属和粘滑菇属 *Hebeloma* 为优势属,分别占总数的 11%、8.2%、5.5%、5.5% 和 5.5%,其余属均低于 5%。这是由于 9 月份气温下降,对低温型真菌比较适宜,而且外生菌根真菌大量发生,如鹅膏菌属 *Amanita*、红菇属、蜡蘑属 *Laccaria* 和乳菇属 *Lactarius* 等,种类较多,这也是出现第 2 个高峰的主要原因。

3 讨论

对长白山自然保护区阔叶红松林不同群落类型大型真菌物种多样性调查结果表明,样方中共出现大型真菌 238 种,隶属于 90 属 44 科,其中外生菌根菌 100 种,腐生菌 135 种,其他 3 种,显示出长白山自然保护区丰富的真菌物种多样性和生态类型的多样化。从大型真菌生态类型上看,外生菌根菌占据着相当大的比例。同时在不同植物群落中真菌种类和特有种数量的差异表明,大型真菌特别是外生菌根菌的生态分布不仅

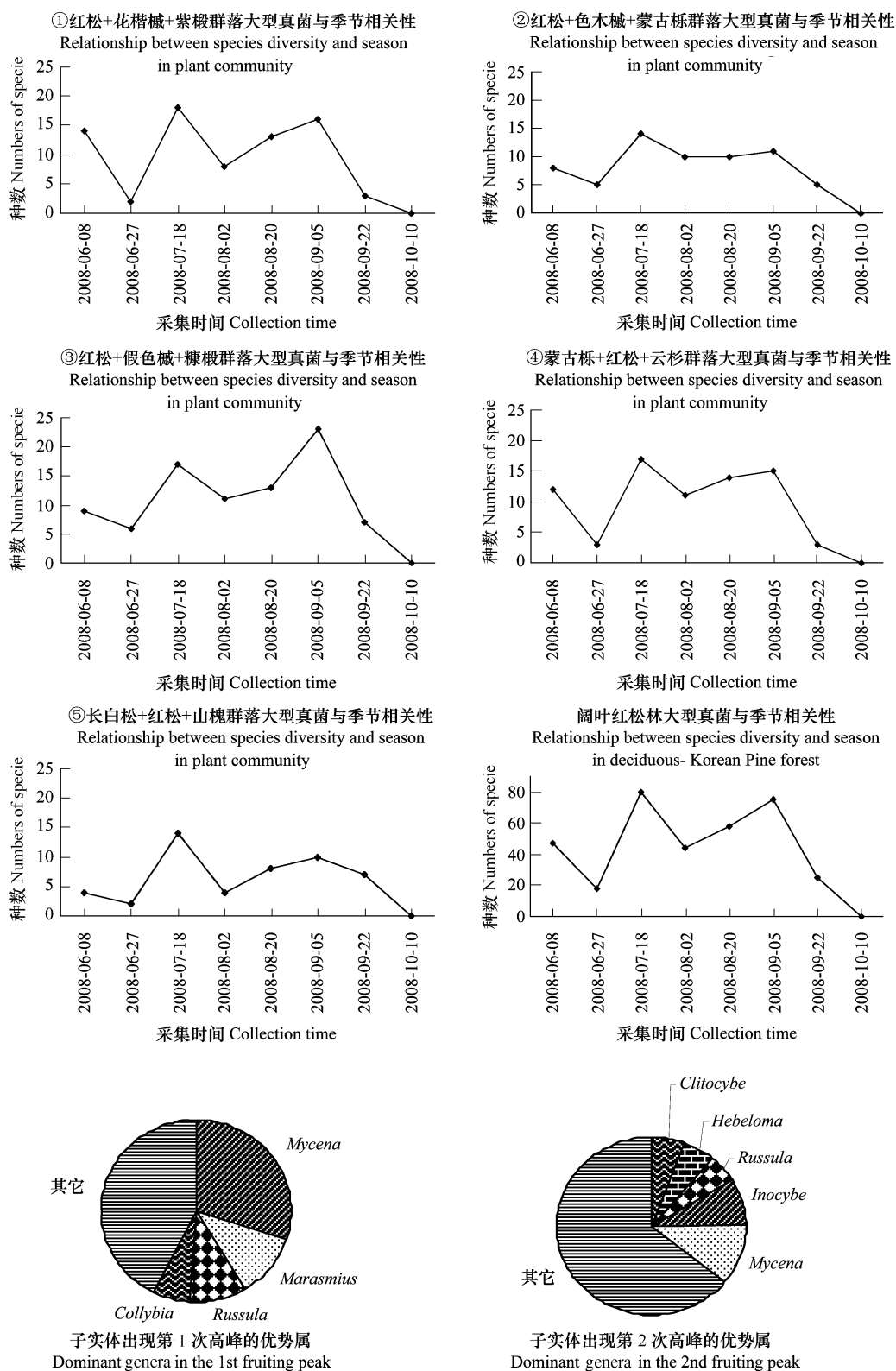


图5 红松针阔混交林带大型真菌与季节相关性

Fig. 5 Relationships between species diversity of macrofungi and seasons

取决于其共生树种,还与树龄、土壤等其他生态因子关系密切。大型真菌子实体发生随季节演替呈明显的“双峰”规律,腐生菌和外生菌根菌分别在子实体发生两次高峰中成为优势类群揭示了它们在维持森林生态系统功能方面的不可替代的作用。此外,本结论可以为大型真菌采集者提供预测性信息。

阔叶红松林是长白山自然保护区内面积最大、物种数量最为丰富的区域,很多重要的食用菌、药用菌分布于该区域内。从真菌多样性的保育意义上看,根据本研究认为蒙古栎+红松+云杉群落中真菌多样性丰富,为真菌多样性就地保育的重要区域,应加以重点保护。从季节性发生规律上看,9月份出现的外生菌根菌的保育更显重要,因为多数外生菌根菌是本植被带的特有种,同时它们的存在对森林植被的更新和发育起着特殊的作用。

References:

- [1] Wilkins W H, Ellis E M. The ecology of larger fungi. Constancy and frequency of fungal species in relation to certain vegetation communities particularly oak and beech. *Annals of Applied Biology*, 1937, 24: 703-732.
- [2] Richard F, Moreau P A. Diversity and fruiting patterns of ectomycorrhizal and saprobic fungi in an old-growth Mediterranean forest dominated by *Quercus ilex* L. *Canadian Journal of Botany*, 2004, 82(12): 1711-1730.
- [3] Packham J M, May T W. Macrofungal diversity and community ecology in mature and regrowth wet eucalypt forest in Tasmania: A multivariate study. *Austral Ecology*, 2002, 27(2): 149-161.
- [4] Kranabetter J M, Friesen J. Ectomycorrhizal community structure on western hemlock (*Tsuga heterophylla*) seedlings transplanted from forests into openings. *Canadian Journal of Botany*, 2002, 80(8): 861-868.
- [5] Martina P, Francosi A. Above-and below-ground community structure of ectomycorrhizal fungi in three Norway spruce (*Picea abies*) stands in Switzerland. *Canadian Journal of Botany*, 2001, 79(10): 1134-1151.
- [6] Wilkins W H, Harris G C. The ecology of larger fungi V. A investigation into the influence of rainfall and temperature on the seasonal production of fungi in a beechwood and pinewood. *Annals of Applied Biology*, 1946, 33: 179-188.
- [7] Straatsma G, Francois A, Simon E. Species richness, abundance, an phenology of fungal fruit bodies over 21 years in a Swiss forest plot. *Mycological. Research*, 2001, 105(5): 515-523.
- [8] Wu X L, Zhou F L, Lian B, Zhong J X. The ecological features of the macrofungi in Kuan Kuo Shui Natural Reserve, Guizhou Province. *Acta ecological Sinica*, 1998, 18(6): 609-614.
- [9] Wu X L, Zhu G S, Li T H, Song B. Species and ecological distritutions of macrofungi in Longtan Nature Reserve in Guangxi, China. *Guizhou Science*, 2004, 22(1): 54-61.
- [10] Wu X L, Zhu G S, Li T H, Song B. Species and ecological distritutions of macrofungi in Qin Wang Lao Shan Nature Reserve in Guang Xi, China. *Guizhou Science*, 2004, 22(1): 18-26.
- [11] Wu X L, Lian B, Zhou F L, Zhong J X. The ecological of the macrofungi in MT. Dashahe of Guizhou, China. *Guizhou Science*, 2005, 23(1): 1-12.
- [12] He Z Z. The resources and ecological distribution of larger fungi in Jiangxi. *Journal of Nanchang University(Natural Science)*, 1991, 15(3): 5-13.
- [13] Chen Z D, Jia Y, Zhang L P, Jiao X M, Li Q, Zhang H T. Investigation and analysis of macrofungi resources in Benxi district. *Chinese Journal of Ecology*, 1999, 18(1): 30-33.
- [14] Ke L X, Yang C. Ecological distribution of macrofungi in Qingliang Mountain Nature Reserve, Anhui Province. *Chinese Journal of Ecology*, 2003, 14(10): 1739-1742.
- [15] Bi X H, Wei X, Deng X. The Ecological distribution of macrofungi in natural Korean pine forest in Heilongjiang Province. *Forestry Science & Technology*, 2006, 31(5): 26-30.
- [16] Bi X H, Wei X, Deng X. The Biodiversity of macrofungi and variability of main pathology in nature and man-made Korean pine forest. *Forestry Science & Technology*, 2006, 31(6): 18-21.
- [17] Li J Z, Yu X L, Zhou J L, Tang M, Wang X, Chen Q, Deng D Q. The macrofungus resources investigation and the ecologic distribution and economy meaning of the Nan-yue mountain natural protection region. *Life Science Research*, 2007, 11(3): 218-226.
- [18] Lin X M, Li Z Q, Hou J, Wang S X. On the ecological types of macrofungi. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry*, 2005, 33(2): 89-94.
- [19] Zhang C X, Cao Z M, Gao Z H. Distributional features of macrofungi in Huodi tang forest farm. *Journal of Northwest Forestry University*, 2005, 20

(1): 127-131.

- [20] Tolgor, Li Y. Fungal community diversity in Daqinggou Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(6): 986-991.
- [21] Tolgor, Chao K T, Bao H Y, Li Y. Adaptation to desert environment of macrofungi and relativity with climate conditions in Daqinggou Nature Reserve. *Arid Zone Research*, 2001, 18(2): 25-29.
- [22] Wang S X. Bioresources of Changbaishan Nature Reserve and exploitation area. Shenyang: Liaoning Science and Technology Press, 2007: 19-21.
- [23] Li J D, Wu B H, Sheng L X. Jilin vegetation. Changchun: Jilin Science and Technology Press, 2001: 98-115.
- [24] Ma K P, Liu Y M. Measurement of biotic community diversity I. Methods for measuring the diversity (2end part). *Chinese Biodiversity*, 1994, 2(4): 232-239.
- [25] Ludwig J A, Reynolds J F. *Statistic Ecology, Primer on methods and computing*// Li Y Z, Wang W, Pei H, translate. Hohhot: Inner Mongolia University Press, 1990: 54-66.

参考文献:

- [8] 吴兴亮, 邹芳伦, 连宾, 钟金霞. 宽阔水自然保护区大型真菌分布特征. *生态学报*, 1998, 18(6): 609-614.
- [9] 吴兴亮, 朱国胜, 李泰辉, 宋斌. 广西龙滩自然保护区大型真菌种类及其生态分布. *贵州科学*, 2004, 22(1): 54-61.
- [10] 吴兴亮, 朱国胜, 李泰辉, 宋斌. 广西岑王老山自然保护区大型真菌种类及其生态分布. *贵州科学*, 2004, 22(1): 18-26.
- [11] 吴兴亮, 连宾, 邹芳伦, 钟金霞. 贵州大河沙自然保护区大型真菌生态特征. *贵州科学*, 2005, 23(1): 1-12.
- [12] 何宗智. 江西大型真菌资源及其生态分布. *南昌大学学报(理科版)*, 1991, 15(3): 5-13.
- [13] 陈忠东, 贾云, 张利萍, 焦晓明, 李庆, 张海涛. 本溪地区大型真菌资源的调查与分析. *生态学杂志*, 1999, 18(1): 30-33.
- [14] 柯丽霞, 杨超. 安徽清凉峰自然保护区大型真菌的生态分布. *应用生态学报*, 2003, 14(10): 1739-1742.
- [15] 毕湘虹, 魏霞, 邓勋. 黑龙江省天然红松林大型真菌的生态分布与资源评价. *林业科技*, 2006, 31(5): 26-30.
- [16] 毕湘虹, 魏霞, 邓勋. 天然红松林与人工红松林大型真菌生物多样性及主要病害变化规律. *林业科技*, 2006, 31(6): 18-21.
- [17] 李建宗, 喻勋林, 周建良, 唐明, 王祥, 陈强, 邓定权. 南岳山自然保护区大型真菌资源考察及其生态分布和经济意义分析. *生命科学研究*, 2007, 11(3): 218-226.
- [18] 林晓民, 李振岐, 侯军, 王少先. 大型真菌的生态类型. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2005, 33(2): 89-94.
- [19] 张春霞, 曹支敏, 高智辉. 火地塘林区大型真菌生态分布及资源评价. *西北林学院学报*, 2005, 20(1): 127-131.
- [20] 图力古尔, 李玉. 大青沟自然保护区大型真菌群落多样性的研究. *生态学报*, 2000, 20(6): 986-991.
- [21] 图力古尔, 朝克图, 包海鹰, 李玉. 大青沟自然保护区大型真菌对沙地环境的适应与气候条件的相关性. *干旱区研究*, 2001, 18(2): 25-29.
- [22] 王绍先. 长白山保护开发区生物资源. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2007: 19-21.
- [23] 李建东, 吴榜华, 盛连喜. 吉林植被. 长春: 吉林省科学技术出版社, 2001: 98-115.
- [24] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法// I. α 多样性的测度方法(下). *生物多样性*, 1994, 2(4): 232-239.
- [25] 拉德维格, 蓝诺兹. *统计生态学——方法和计算入门*. 李育中, 王炜, 裴浩, 译. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1990: 54-66.