

西北农林科技大学校园大型真菌资源与分布

豆 青,褚洪龙,王海华,楚文卉,王春燕*

(西北农林科技大学 林学院,陕西 杨陵 712100)

摘 要:研究西北农林科技大学校园内大型真菌资源与分布,为教学和科研提供数据。通过形态学与分子生物学相结合的方法,从采集到的 143 株大型真菌标本中共鉴定出 73 种真菌,隶属于真菌界担子菌门花耳纲和伞菌纲 10 目 24 科 44 属。其中,伞菌目 57 种,占总数的 78%;蘑菇科、小脆柄菇科和口蘑科真菌 37 种,占总数的 50%;蘑菇属、白环菇属和小脆柄菇属为优势种群。其中,食用菌 33 种、药用菌 24 种、外生菌根真菌 17 种、木腐菌 6 种和有毒真菌 13 种。

关键词:大型真菌;西北农林科技大学;资源;分布

中图分类号:S718.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2015)06-0174-08

Resource and Distribution of Macrofungi in the Campus of Northwest A&F University

DOU Qing, CHU Hong-long, WANG Hai-hua, CHU Wen-hui, WANG Chun-yan*

(College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: This paper was designed to study the macrofungal resource and distribution in the campus of Northwest A&F University in order to provide information for teaching and research. Totally, 143 specimens were collected. Based on the morphological and molecular characteristics, they were finally identified as 73 species in Dacrymycetes and Agaricomycetes of Basidiomycotina, belonging to 10 orders, 24 families and 44 genus. Among them, the dominant groups were Agaricaceae, Psathyrellaceae and Tricholomataceae in Agaricales, including 37 species. There were 33 edible fungi, 24 medicinal fungi, 17 ectomycorrhizal fungi, 6 wood-rot fungi and 13 poisonous mushrooms.

Key words: macrofungi; Northwest A&F University; resource; distribution

大型真菌是能形成大型子实体的一类真菌,绝大多数属于担子菌,少数属于子囊菌^[1]。作为自然界不可缺少的一部分,大型真菌是具有重要经济和生态学意义的生物类群,包含很多具有营养、医疗和保健功能的食用菌和药用菌^[2-3],可作为生物源农药用于病虫害生物防治的毒菌^[4],可用于漆酶工业化生产的具有较高产漆酶能力的白腐菌^[5],可与植物根互惠共生形成外生菌根从而促进植物生长、提高植物抗病性和抗逆性(干旱、盐碱、极端温度、有害金属元素)的外生菌根真菌(ectomycorrhizal fungi, ECMF)^[6],以及一些危害林木、导致腐朽的有害大

型真菌^[7]。

我国大型真菌资源相当丰富,据估计约 10 000~20 000 种,已被描述的约 8 000 种^[8]。陕西省位于秦岭中段,秦岭丰富的动植物资源及气候特点为大型真菌提供了良好的生态环境。目前,陕西大型真菌种质资源的多样性调查仅限于太白山^[9]和牛背梁自然保护区^[10]、火地塘^[11],以及柞水、周至县和眉县等局部地区^[12],而关于关中平原腹地的杨凌农业高新技术产业示范区的大型真菌种质资源调查,目前尚未见报道。位于杨凌示范区的西北农林科技大学校园内生态环境良好,动植物种类繁多,成为天然

收稿日期:2015-06-08 修回日期:2015-07-16

基金项目:国家自然科学基金(K305021307);西北农林科技大学基本科研创新一般项目(Z109021308);西北农林科技大学引进人才科研启动费和陕西省专项配套经费(Z111021204)。

作者简介:豆 青,女,在读硕士,研究方向:森林微生物学。E-mail:284387965@qq.com

*通信作者:王春燕,女,副教授,硕士生导师,研究方向:森林微生物学。E-mail:chunyan@nwsuaf.edu.cn

的大型真菌活体标本园,为教学和科研工作提供了丰富的试验材料。了解校园内大型真菌的种类和分布,可丰富陕西省大型真菌资源的研究,同时为大型真菌资源的开发、保护和利用提供科学依据与理论指导。因此,本研究对该校园内的大型真菌资源和分布进行调查,以更好地服务于教学和科研工作。

1 材料与方法

1.1 样地概况

西北农林科技大学位于杨凌示范区中部,地处 107°59′—108°09′E、34°14′—34°24′N,海拔 418~540 m。属于暖温带半干旱、半湿润气候带,四季分明,具有春干暖多风、夏炎热多雨、秋凉爽多雨、冬寒冷干燥等明显的大陆性季风型气候特点,年均温 12.9℃,年均降水量 637 mm,年均无霜期 221 d,年日照时数 2 164 h。土壤为壤土,腐殖质含量低,有机质、氮素和有效磷的含量一般只有 0.06%~0.10%,富含钾,pH 值在 7.8~8.5 之间^[13-14]。校园占地面积约 330 hm²,分南北 2 个主校区,南低北高。校园绿化面积 68.5%,生态环境良好,植被种类丰富,以人工绿化植物为主,除乡土树种外,还有许多异地引种的植物,其中乔木、灌木、草坪数量比为 3:6:1。2014 年 9 月,天气凉爽,阴雨连绵,适宜的温度和充沛的雨量为多种大型真菌的生长繁殖提供了良好的条件,校园内生长出大量的真菌子实体。

1.2 大型真菌资源调查和子实体标本采集

采用全方位踏查方式,于 2014 年 9 月 13—16 日采用实地调查、标本采集和室内鉴定的方法对西北农林科技大学南(包括博览园)北(包括水土保持所和食品学院)2 个主校区内的大型真菌资源及分布进行了调查研究。发现子实体后首先进行实地拍照,并观察和记录子实体的发现地点、生境特点、生态习性、新鲜子实体的外观形态特征等。最后,采集不同种类大型真菌的新鲜子实体标本,尽量保持其完整性,包括菌盖表面的附属物、菌环、菌托及地下部分等,编号后装入采样袋带回实验室,以便进行下一步的种类鉴定。

1.3 大型真菌的鉴定

大型真菌的鉴定采用形态分类学方法与 ITS 序列分析(主要针对仅依据形态特征无法鉴定的大型真菌)相结合的方式,采用《Dictionary of the Fungi》第十版^[1]的分类体系并参照 CABI Index Fungorum 在线数据(<http://www.indexfungorum.org/>)进行物种信息校正,对鉴定后的种类进

行准确命名和统计分析。

1.3.1 形态鉴定 结合拍摄的典型照片,根据野外观察和记录的子实体的生境、生态习性,采集标本的宏观形态特征(菌盖、菌褶、菌柄大小、形态和色泽,有无菌环、菌托、菌盖附属物及着生方式等),主要参照《中国大型真菌》等参考资料^[7-8,15-18]对采集到的子实体进行物种鉴定。

1.3.2 分子鉴定 带回实验室的新鲜子实体标本在超净工作台中用 0.5%的次氯酸钠进行表面消毒后,去除表层,然后切下一小块内部组织保存于一 20℃冰箱,用于大型真菌的分子鉴定。

采用改良 CTAB(cetyl trimethyl ammonium bromide)法^[19]提取子实体基因组 DNA,ITS 序列扩增选用真菌通用引物 ITS4(5′-TCCTCCGCT-TATTGATATGC-3′)和 ITS5(5′-GGAAGTA-AAAGTCGTAACAAGG-3′)^[20],由上海桑尼生物科技有限公司合成。PCR 反应体系(30 μL):13 μL 无菌双蒸水,1 μL 模板 DNA,引物 ITS4 和 ITS5(10 μM)各 0.5 μL,15 μLMixture(南京金斯瑞生物科技有限公司)。PCR 反应条件:94℃预变性 3 min,然后 94℃变性 1 min,55℃退火 30 s,72℃延伸 3 min,扩增 32 个循环,最后 72℃延伸 10 min。PCR 扩增产物用 1%琼脂糖凝胶电泳进行检测和多功能胶回收试剂盒(百泰克公司,北京)纯化后,送交上海桑尼生物科技有限公司进行测序。测序结果用 BioEdit 软件处理后,在 GenBank(NCBI, <http://www.ncbi.nlm.gov>)中进行 BLAST 分析,并从 GenBank 中下载高同源性序列及其相关信息,用 ClustX1.83 软件进行多序列比对分析,最后以子囊菌门简青霉(*Penicillium simplicissimum*)作为外群,用 Mega5.05 软件中邻接法(neighbor-joining, NJ)构建聚类分析树,分析所测大型真菌与其他真菌的亲缘关系,确定其分类地位。

2 结果与分析

2.1 大型真菌鉴定

共采集子实体标本 143 个,根据形态特征将其中 87 个标本鉴定为 56 种真菌,其他的仅根据子实体形态特征无法准确地鉴定到种属,采取分子生物学手段进一步鉴定。对 56 个标本的测序结果(约 630~750 bp)进行剪切和比对,合并相似度≥97%的序列后共获得了 17 个不同的 ITS 序列。从聚类分析图(图 1)上可以看出,担子菌门伞菌亚纲和鬼笔亚纲的大型真菌分别被聚在 A 和 B 两个不同的进化枝上,而子囊菌门的简青霉单独被聚为一枝

(C)。D135、D116、D11、D38、D49、D36、D125、D133 和 D13 与聚在同一进化枝上相应菌物的 ITS 序列相似度均 $\geq 99\%$ ，自展支持率也达到了 100% ，因此它们的分类地位相同；D92 和 D89 与聚在一起的相应菌物的 ITS 序列相似度虽然较低，但仍然 $\geq 97\%$ ，故也认为它们的分类地位相同；D118、D87、D114、D103、D16 和 D104 与聚在一起的菌物的 ITS 序列相似度均 $< 97\%$ ($90\% \sim 95\%$)，只能初步确定为相应属的相近种。根据聚类分析的结果，这 17 种大型真菌与相对应种属的形态特征重新进行了对比，进一步验证了分子生物学的鉴定结果。因此，结合形态特征和分子生物学分析，采集到的 143 个大型真菌标本最终被鉴定为 73 种，11 个分类地位确定的真菌的 ITS 序列已提交至 GenBank 核酸数据库，登录号 (Accession number) 分别为 KT002150~KT002160 (图 1)。

2.2 大型真菌种质资源和优势目科属分析

73 种大型真菌隶属于真菌界担子菌门花耳纲和伞菌纲 10 目 24 科 44 属 (表 1)。其中，花耳纲仅 1 种，而伞菌纲 72 种，占绝对优势。伞菌纲中伞菌目包含 12 科 31 属 57 种，占总种数的 78% ，也是科、属最多的一个目；多孔菌目、牛肝菌目、鬼笔目各 3 种，各占总数的 4.1% ；钉菇目 1 科 1 属 2 种，鸡油菌目、红菇目、褐褶菌目、地星目和花耳目均为单种，共占总数的 9.6% 。因此，伞菌目是校内大型真菌的优势目。伞菌目中种类最多的是伞菌科，8 属 22

种，占总数的 30.14% ，也是在属水平上多样性最大的一个科，其中蘑菇属 8 种 (11%)、白环菇属 6 种 (8.2%)；其次是小脆柄菇科，4 属 9 种，占总数的 12.33% ，其中小脆柄菇属 5 种 (6.85%)；口蘑科有 4 属 6 种，占总数的 8.22% ，菌物分布比较均匀 (表 2)。这 3 个科共包含大型真菌 37 种，占总数的 50% ，为优势科，而其他 21 个科所包含的大型真菌种类很少 (≤ 4 种)。因此，蘑菇属、白环菇属和小脆柄菇属为校园内大型真菌的优势种群。

2.3 大型真菌资源分布

73 种大型真菌中分布最为广泛、数量最多的是种类众多的伞菌科，其次为小脆柄菇科和口蘑科，分别在 34、18 和 11 种不同的植物下出现过 (表 1)。其中，蘑菇属 8 种真菌分布在 20 种植物下，小脆柄菇属 5 种真菌分布于 17 种植物下，而白环菇属 6 种真菌仅出现在 7 种植物下；香菇属的 2 种真菌出现在 7 种植物下，而同样包含 2 种真菌的环柄菇属在 18 种植物下均有分布；虽然大环柄菇属和鬼伞属仅 1 种真菌，却分别广布于 12 和 10 种植物下。由此可见，最为常见的蘑菇属、小脆柄菇属、环柄菇属、大环柄菇属和鬼伞属分布较广，表明它们的适生范围较大，植物类型对其影响较低，可能与其腐生的生活习性相关。在种水平上，蘑菇科的裂皮大环柄菇、肉褐磷环柄菇、冠状环柄菇、灰白褐蘑菇和毛头鬼伞，以及小脆柄菇科的喜湿小脆柄菇分布最为广泛；分布范围最小的如暗灰枝瑚菌、变绿枝瑚菌仅在南校

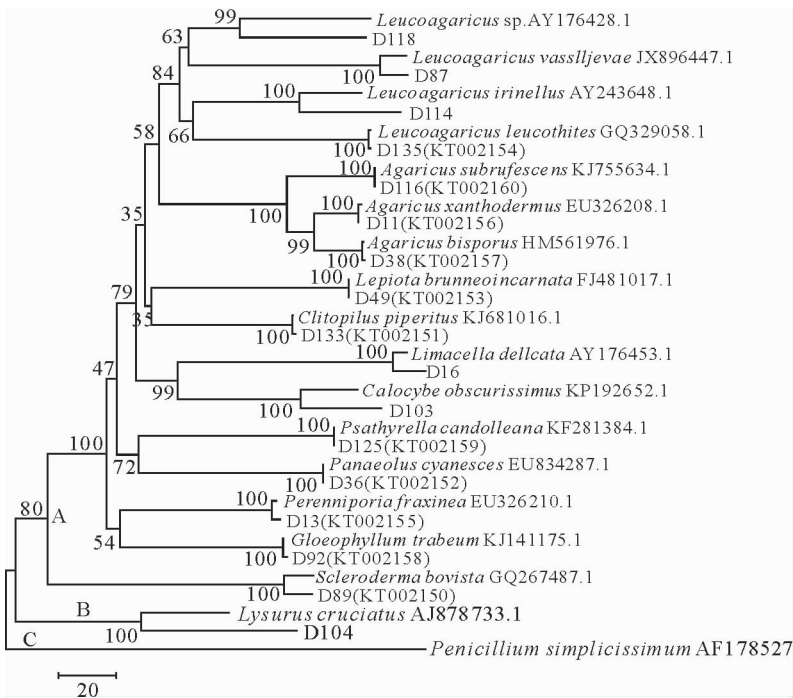


图 1 17 个大型真菌 ITS 序列的 NJ 系统发育树

Fig. 1 The NJ phylogenetic tree of 17 marofungal ITS sequences

表 1 西北农林科技大学大型真菌调查统计

Table 1 Resource and distribution of the macrofungi in the campus of Northwest A&F University

科	名称	功用	生境
丝盖伞科 (Inocybaceae)	污白丝盖伞 <i>Inocybe geophylla</i> (Bull.) P. Kumm.	ECMF,有毒	油松、华山松下
	甜苦丝盖伞 <i>Inocybe dulcamara</i> (Pers.) P. Kumm.		草地
丝膜菌科 (Cortinariaceae)	黄滑锈伞 <i>Hebeloma versipelle</i> (Fr.) Gillet	药用	华山松下
	大丝膜菌 <i>Cortinarius largus</i> Fr.	食用,ECMF	草地
滑瑚菌科 (Aphelariaceae)	树状滑瑚菌 <i>Aphelaria dendroides</i> (Jungh.) Corner		华山松、雪松、白皮松下
耳匙菌科 (Auriscalpiaceae)	杯珊瑚菌 <i>Arctomyces pyxidatus</i> (Pers.) Jülich	药食用	雪松、白皮松下
球盖菇科 (Strophariaceae)	毒光盖伞 <i>Psilocybe venenata</i> (S. Imai) Imazeki & Hongo	有毒	雪松、七叶树下
	毛柄库恩菇 <i>Kuehneromyces mutabilis</i> (Schaeff.) Singer & A. H. Sm.	食用,木腐菌	雪松、红叶李下,草地
牛肝菌科 (Boletaceae)	红绒盖牛肝菌 <i>Xerocomus chrysenteron</i> (Bull.) Šutara	ECMF,有毒,食用	雪松、油松和华山松下
乳牛肝菌科 (Suillaceae)	粘盖乳牛肝菌 <i>Suillus bovinus</i> (L.) Roussel	药食用,ECMF	华山松、油松下
硬皮马勃科 (Sclerodermataceae)	大孢硬皮马勃 D89 <i>Scleroderma bovista</i> Fr.	药食用,ECMF	苦楝、杨树、麻叶球、雪松下,草地
鬼笔科 (Phallaceae)	五棱散尾鬼笔 <i>Lysurus mokusin</i> (L.) Fr.	药用,有毒	杨树下,竹林,草地
	散尾鬼笔 D104 <i>Lysurus</i> sp.		竹林,草地
	围篱状散尾鬼笔 <i>Lysurus periphragmoides</i> (Klotzsch) Dring		杨树下
蜡伞科 (Hygrophoraceae)	浅黄褐湿伞 <i>Hygrocybe flavescens</i> (Kauffman) Singer		华山松、油松下
	林生蜡伞 <i>Hygrophorus arbustivus</i> Fr.	食用	白皮松、雪松、国槐下,草地
多孔菌科 (Polyporaceae)	大白栓菌 <i>Trametes lactinea</i> (Berk.) Sacc.	木腐菌	刺槐树上
	白蜡多年卧孔菌 D13 <i>Perenniporia fraxinea</i> (Bull.) Ryvarden	药用,木腐菌	树桩
褐褶菌科 (Gloeophyllaceae)	密粘褶菌 D92 <i>Gloeophyllum trabeum</i> (Pers.) Murrill	木腐菌	柿子、悬铃木下
花耳科 (Dacrymycetaceae)	桂花耳 <i>Dacryopinax spathularia</i> (Schwein.) G. W. Martin	药食用	油松树桩
粪伞科 (Bolbitiaceae)	粪锈伞 <i>Bolbitius vitellinus</i> (Pers.) Fr.	有毒	国槐、柿子、悬铃木、石榴树下
粉褶菌科 (Entolomataceae)	褐盖粉褶菌 <i>Entoloma rhodopolium</i> (Fr.) P. Kumm.	有毒,ECMF	三角枫、雪松下
	锥盖粉褶菌 <i>Entocybe turbida</i> (Fr.) T. J. Baroni, V. Hofst. & Largent	食用	三角枫、雪松下
	辣斜盖伞 D133 <i>Clitopilus piperitus</i> (G. Stev.) Noordel. & Co-David		草地
鹅膏菌科 (Amanitaceae)	隐花鹅膏菌 <i>Amanita manginiana</i> sensu W. F. Chiu	药食用,ECMF	雪松、油松、七叶树下
	角磷柄鹅膏菌 <i>Amanita solitaria</i> (Bull.) Fr.	ECMF,有毒	草地
	豹斑毒鹅膏菌 <i>Amanita pantherina</i> (DC.) Krombh.	有毒,药用,ECMF	海棠、梨树下
地星科 (Geastraceae)	粘伞属 D16 <i>Limacella</i> sp.		油松下
	尖顶地星 <i>Geastrum triplex</i> Jungh.	药用,ECMF	油松、雪松、杨树下
小菇科 (Mycenaceae)	褐黄干脐菇 <i>Xeromphalina caudicinalis</i> (Fr.) Kühner & Maire	药用,ECMF	雪松、榆叶梅、梅花树下
离褶伞科 (Lyophyllaceae)	银白离褶伞 <i>Lyophyllum connatum</i> (Schumach.) Singer	药食用	华山松、广玉兰、雪松下
	紫皮丽蘑 <i>Calocybe ionides</i> (Bull.) Donk	食用,ECMF	白皮松下,草地
	丽蘑 D103 <i>Calocybe</i> sp.		草地
口蘑科 (Tricholomataceae)	条缘灰杯伞 <i>Pseudoclitocybe expallens</i> (Pers.) M. M. Moser	食用	雪松、桃树、石榴树下
	浅黄绿杯伞 <i>Clitocybe odora</i> (Bull.) P. Kumm.	食用	雪松、华山松下,草地
	花脸香蘑 <i>Lepista sordida</i> (Schumach.) Singer	药食用	栎树、白皮松、雪松、华山松,竹林
	紫丁香蘑 <i>Lepista nuda</i> (Bull.) Cooke	药食用,ECMF	黄杨、银杏、华山松、白皮松下
	短柄钰囊蘑 <i>Melanoleuca brevipes</i> (Bull.) Pat.	食用	栎树下
小脆柄菇科 (Psathyrellaceae)	假小鬼伞 <i>Coprinellus disseminatus</i> (Pers.) J. E. Lange	食用	柳树、悬铃木下
	晶粒小鬼伞 <i>Coprinellus micaceus</i> (Bull.) Vilgalys, Hopple & Jacq. Johnson	药食用,ECMF	悬铃木、杨树下,草地
	雪白鬼伞 <i>Coprinopsis nivea</i> (Pers.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo		草地
	乳褐小脆柄菇 <i>Psathyrella lactobrunnescens</i> A. H. Sm.		雪松、银杏树下,竹林,草地
	鳞小脆柄菇 <i>Psathyrella squamosa</i> (P. Karst.) A. H. Sm.	食用	悬铃木、杨树下,草地
	喜湿小脆柄菇 <i>Psathyrella piluliformis</i> (Bull.) P. D. Orton	食用	木槿、油松、银杏、刺槐、桃树、梨树、石榴、红叶李、七叶树下,草地
	白黄小脆柄菇 D125 <i>Psathyrella candolleana</i> (Fr.) Maire	食用,木腐菌	梓树、青桐、雪松下,竹林,草地
	亚美尼亚小脆柄菇 <i>Psathyrella armeniaca</i> Pegler		杨树、杏树、银杏、七叶树下,草地
	暗蓝斑褶菇 D36 <i>Panaeolus cyanescens</i> (Berk. & Broome) Sacc.	有毒	雪松、悬铃木下,草地

续表 1

科	名称	功用	生境
伞菌科 (Agaricaceae)	白磷马勃 <i>Lycoperdon mammi forme</i> Pers.	药用,ECMF	雪松下
	小马勃 <i>Lycoperdon pusillum</i> Fr.	药用	草地、雪松、杨树下
	毛头鬼伞 <i>Coprinus comatus</i> (O. F. Müll.) Pers.	药食用	油松、广玉兰、桃树、梅花、丁香、红 麸杨、石榴、苦楝、榛树下,草地
	紫红蘑菇 <i>Agaricus subrutilescens</i> (Kauffman) Hotson & D. E. Stuntz	药食用	黄杨、白皮松、银杏、油松、华山松 下,草地
	双胞蘑菇 <i>Agaricus bisporus</i> (J. E. Lange) Imbach	药食用	油松、三角枫、侧柏、雪松、银杏下, 草地
	假根蘑菇 <i>Agaricus bresadolanus</i> Bohus		石楠、三角枫、银杏、红叶李,草地
	灰白褐蘑菇 <i>Agaricus pilatianus</i> (Bohus) Bohus	药食用	国槐、栎树、白玉兰、雪松、丁香、三 角枫、油松、紫荆下,草地
	白磷蘑菇 <i>Agaricus bernardii</i> Quél.	食用	雪松、广玉兰下
	紫色蘑菇 <i>Agaricus purpurellus</i> F. H. Möller	食用	银杏、雪松、石榴、梨树下,草地,竹 林
	姬松茸 D116 <i>Agaricus subrufescens</i> Peck	药食用	草地
	黄斑蘑菇 D11 <i>Agaricus xanthodermus</i> Genev.	有毒	草地
	肉褐磷环柄菇 D49 <i>Lepiota brunneoincarnata</i> Chodat & C. Martin	极毒	油松、海棠、竹林、苦楝、黄杨、三角 枫、雪松、华山松、栎树、七叶树下, 美人蕉、草地
	冠状环柄菇 <i>Lepiota cristata</i> (Bolton) P. Kumm.	有毒	雪松、白皮松、油松、红叶李、杉树、 国槐、梨树下,竹林、鸢尾、草地
	粗柄白鬼伞 <i>Leucocoprinus cepistipes</i> (Sowerby) Pat.	有毒	油松下,草地
	裂皮大环柄菇 <i>Macrolepiota excoriata</i> (Schaeff.) Wasser	食用	华山松、雪松、杉树、栎树、国槐、红 叶李、广玉兰、悬铃木、毛榉、樱花、 桃树下,草地
	美洲白环菇 <i>Leucoagaricus americanus</i> (Peck) Vellinga		油松、华山松、雪松、红叶李、白玉 兰下
	粉褶白环菇 D135 <i>Leucoagaricus leucothites</i> (Vittad.) Wasser	食用	草地
	红盖白环菇 <i>Leucoagaricus rubrotinctus</i> (Peck) Singer		雪松下、草地
	白环菇 D118 <i>Leucoagaricus</i> sp.		竹林,草地
	白环菇 D87 <i>Leucoagaricus</i> sp.		草地
	白环菇 D114 <i>Leucoagaricus</i> sp.		草地
	柄灰锤 <i>Tulostoma brumale</i> Pers.	药用	油松下
钉菇科 (Gomphaceae)	暗灰枝瑚菌 <i>Ramaria fumigata</i> (Peck) Corner	ECMF	白皮松下
	变绿枝瑚菌 <i>Ramaria abietina</i> (Pers.) Quél.	食用,ECMF	白皮松下
灵芝科 (Ganodermataceae)	树舌灵芝 <i>Ganoderma applanatum</i> (Pers.) Pat.	药用,木腐菌	木桩

表 2 西北农林科技大学大型真菌优势科属

Table 2 The dominant families and genera of macrofungi resources

科	种属数量	比例 / %	科	种属数量	比例 / %
丝盖伞科	1 属 2 种	2. 74	花耳科	1 属 1 种	1. 37
丝膜菌科	2 属 2 种	2. 74	粪伞科	1 属 1 种	1. 37
滑瑚菌科	1 属 1 种	1. 37	粉褶菌科	2 属 3 种	4. 11
耳匙菌科	1 属 1 种	1. 37	鹅膏菌科	2 属 4 种	5. 48
球盖菇科	2 属 2 种	2. 74	地星科	1 属 1 种	1. 37
牛肝菌科	1 属 1 种	1. 37	小菇科	1 属 1 种	1. 37
乳牛肝菌科	1 属 1 种	1. 37	离褶伞科	2 属 3 种	4. 11
硬皮马勃科	1 属 1 种	1. 37	口蘑科	4 属 6 种	8. 22
鬼笔科	1 属 3 种	4. 11	小脆柄菇科	4 属 9 种	12. 33
蜡伞科	2 属 2 种	2. 74	伞菌科	8 属 22 种	30. 14
多孔菌科	2 属 2 种	2. 74	钉菇科	1 属 2 种	2. 74
褐褶菌科	1 属 1 种	1. 37	灵芝科	1 属 1 种	1. 37

区博士后楼旁边的白皮松(*Pinus bungeana*)下发现过,红绒盖牛肝菌、粘盖乳牛肝菌、杯珊瑚菌、树状滑瑚菌、尖顶地星等仅分布于杨树(*Populus*)或松科(Pinaceae)植物下,表明它们受植物类型的影响较

大,可能是由于其宿主专一性比较强,只能与个别植物共生形成外生菌根;最为罕见是角鳞白鹅膏菌、白磷马勃和围篱状散尾鬼笔,仅在一处发现 1~3 个子实体(表 1)。

校园内植被类型不同,大型真菌的种类、数量亦不同(表 1,表 3)。从草地上共发现 12 科 21 属 38 种真菌,占总数的 52%,其中最多的是伞菌科(7 属 18 种)和小脆柄菇科(4 属 8 种);从针叶树(油松(*Pinus tabulaeformis*)、雪松(*Cedrus deodara*)、华山松(*Pinus armandi*)和白皮松)下共发现 18 科 32 属 44 种菌,占总数的 60.3%,分布最多的依次是伞菌科(8 属 15 种)、口蘑科(3 属 4 种)和小脆柄菇科(2 属 4 种),仅在雪松下就分布有 14 科 22 属 30 种大型真菌,占总数的 41%;阔叶树下大型真菌较少,仅从 30 多种植物下发现 16 科 25 属 40 种菌,其中伞菌科 6 属 12 种、小脆柄菇科 3 属 8 种、口蘑科 3

属 4 种;竹林(*Bambusoideae*)中发现 4 科 7 属 10 种真菌,而灌木丛下极少出现大型真菌(表 3)。鸢尾(*Iris tectorum*)、美人蕉(*Canna indica*)、牡丹(*Paeonia suffruticosa*)、芍药(*Paeonia lactiflora*)、紫叶小檗(*Berberis thunbergii* var. *atropurpurea*)等人工管理(翻种、除草)过于频繁的园区,菌物也极少,甚至无;栎树(*Koelreuteria paniculata*)、白玉兰(*Magnolia denudata*)、银杏(*Ginkgo biloba*)、悬铃木(*Platanus*)、紫荆(*Cercis chinensis*)、樱花(*Prunus serruata*)等行道树下的大型真菌无论是种类还是数量都较少。

表 3 大型真菌分布与植被类型的关系

Table 3 The relationship between macrofungi and plant species

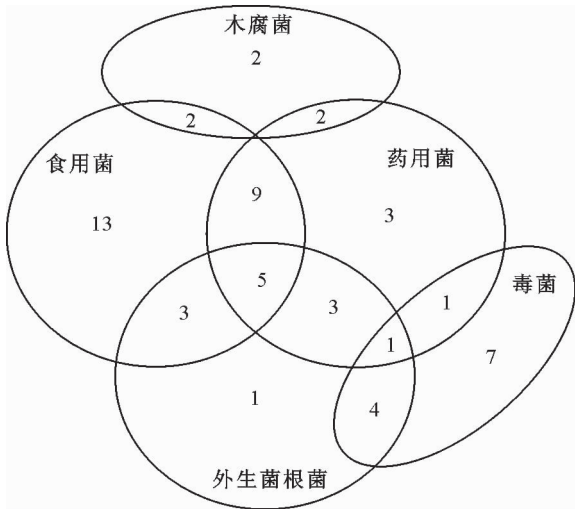
植被类型	大型真菌种类	种类数量
草地	白环菇 D87、白环菇 D114、白环菇 D118、红盖白环菇、粉褶白环菇、粗柄白鬼伞、裂皮大环柄菇、黄斑蘑菇、姬松茸、肉褐磷环柄菇、冠状环柄菇、紫色蘑菇、灰白褐蘑菇、假根蘑菇、双胞蘑菇、紫红蘑菇、毛头鬼伞、小马勃、暗蓝斑褶菇、亚美尼亚小脆柄菇、白黄小脆柄菇、喜湿小脆柄菇、鳞小脆柄菇、乳褐小脆柄菇、雪白鬼伞、晶粒小鬼伞、浅黄绿杯伞、紫皮丽蘑、丽蘑 D103、角磷柄鹅膏菌、辣斜盖伞、林生蜡伞、五棱散尾鬼笔、散尾鬼笔 D104、大孢硬皮马勃、毛柄库恩菇、甜苦丝盖伞、大丝膜菌	12 科 21 属 38 种
竹林	白环菇 D118、冠状环柄菇、肉褐磷环柄菇、紫色蘑菇、白黄小脆柄菇、乳褐小脆柄菇、亚高山钎囊蘑、花脸香蘑、五棱散尾鬼笔、散尾鬼笔 D104	4 科 7 属 10 种
雪松 (<i>Cedrus deodara</i>)	红盖白环菇、美洲白环菇、裂皮大环柄菇、冠状环柄菇、肉褐磷环柄菇、紫色蘑菇、白磷蘑菇、灰白褐蘑菇、双胞蘑菇、小马勃、白磷马勃、暗蓝斑褶菇、白黄小脆柄菇、乳褐小脆柄菇、花脸香蘑、浅黄绿杯伞、条缘灰杯伞、银白离褶伞、褐黄干脐菇、尖顶地星、隐花鹅膏菌、褐盖粉褶菌、锥盖粉褶菌、林生蜡伞、大孢硬皮马勃、红绒盖牛肝菌、毛柄库恩菇、毒光盖伞、杯珊瑚菌、树状滑瑚菌	14 科 22 属 30 种
油松 (<i>Pinus tabulaeformis</i>)	柄灰锤、粗柄白鬼伞、美洲白环菇、冠状环柄菇、肉褐磷环柄菇、灰白褐蘑菇、双胞蘑菇、紫红蘑菇、毛头鬼伞、喜湿小脆柄菇、尖顶地星、粘伞属 D16、隐花鹅膏菌、浅黄褐湿伞、红绒盖牛肝菌、粘盖乳牛肝菌、污白丝盖伞	8 科 14 属 17 种
华山松 (<i>Pinus armandii</i>)	美洲白环菇、裂皮大环柄菇、肉褐磷环柄菇、紫红蘑菇、紫丁香蘑、花脸香蘑、浅黄绿杯伞、银白离褶伞、浅黄褐湿伞、红绒盖牛肝菌、粘盖乳牛肝菌、树状滑瑚菌、黄滑锈伞、污白丝盖伞	9 科 13 属 14 种
白皮松 (<i>Pinus bungeana</i>)	暗灰枝瑚菌、变绿枝瑚菌、冠状环柄菇、紫红蘑菇、紫丁香蘑、花脸香蘑、紫皮丽蘑、林生蜡伞、杯珊瑚菌、树状滑瑚菌	7 科 8 属 10 种
银杏 (<i>Ginkgo biloba</i>)	紫色蘑菇、假根蘑菇、双胞蘑菇、紫红蘑菇、亚美尼亚小脆柄菇、喜湿小脆柄菇、乳褐小脆柄菇、紫丁香蘑	3 科 3 属 8 种
杨树 (<i>Populus</i> spp.)	小马勃、亚美尼亚小脆柄菇、鳞小脆柄菇、晶粒小鬼伞、尖顶地星、围篱状散尾鬼笔、五棱散尾鬼笔、大孢硬皮马勃	5 科 6 属 8 种
悬铃木 (<i>Platanus acerifolia</i>)	裂皮大环柄菇、暗蓝斑褶菇、鳞小脆柄菇、晶粒小鬼伞、假小鬼伞、密粘褶菌、粪锈伞	4 科 6 属 7 种
红叶李 (<i>Prunus cerasifera</i>)	美洲白环菇、裂皮大环柄菇、冠状环柄菇、假根蘑菇、喜湿小脆柄菇、毛柄库恩菇	3 科 6 属 6 种
三角枫 (<i>Acer buergerianum</i>)	肉褐磷环柄菇、灰白褐蘑菇、假根蘑菇、双胞蘑菇、褐盖粉褶菌、锥盖粉褶菌	2 科 3 属 6 种
国槐 (<i>Sophora japonica</i>)	裂皮大环柄菇、冠状环柄菇、灰白褐蘑菇、粪锈伞、林生蜡伞	3 科 5 属 5 种
七叶树 (<i>Aesculus chinensis</i>)	肉褐磷环柄菇、亚美尼亚小脆柄菇、喜湿小脆柄菇、隐花鹅膏菌、毒光盖伞	4 科 4 属 5 种
广玉兰 (<i>Magnolia grandiflora</i>)	裂皮大环柄菇、白磷蘑菇、毛头鬼伞、银白离褶伞	2 科 4 属 4 种

2.4 大型真菌资源的经济价值

校园内大型真菌种质资源丰富(表 1),除功用不明的 17 种真菌外,有食用价值的大型真菌 33 种,分属于 15 科 23 属,其中伞菌科 4 属 9 种、口蘑科 4 属 6 种和小脆柄菇科 2 属 6 种;具有药用或抗癌作用的大型真菌 24 种,隶属于 15 科 18 属,其中伞菌科 4 属 8 种;ECMF 17 种,分属于 14 科 14 属,主要

为鹅膏菌、马勃、枝瑚菌、地星和牛肝菌,主要菌根树种是油松、华山松、雪松、白皮松、杨树等;木腐菌 5 科 6 属 6 种,主要分布于多孔菌目;有毒真菌 10 科 12 属 13 种,分布较散,如肉褐磷环柄菇毒性极强,可用于病虫害的生物防治。很多大型真菌都具有双重、甚至三重功用(表 1,图 2),如树舌灵芝不仅是木腐菌,还具有抗癌功效;大孢硬皮马勃和粘盖牛肝菌

等既是大型食用和药用菌,又是松树和杨树的 ECMF,具有很高的经济价值和开发利用前景。其中,药、食两用菌 9 科 10 属 14 种,主要为伞菌科的蘑菇属;ECMF 中具有毒性、食用或药用价值的各 3 种,5 种可药食两用,有毒且能食用或药用的各 1 种;可以食用和药用的木腐菌各为 2 种;非 ECMF 的 8 种毒菌中仅五棱散尾鬼笔可以药用(图 2)。



注:其中 1 种有毒的外生菌根真菌同时也是食用菌

图 2 56 个大型真菌的功用

Fig. 2 The function of 56 marofungi

3 结论与讨论

西北农林科技大学校园内植被覆盖面积高,品种多样,大型真菌资源也十分丰富。共发现担子菌门花耳纲和伞菌纲大型真菌 10 目 24 科 44 属 73 种,其中伞菌目的伞菌科、小脆柄菇科和口蘑科分布最为广泛,数量最多,共包含大型真菌 37 种,为优势种群。贺冰和贺运春^[7]曾对山西农业大学校园内的大型真菌种类进行调查,仅发现担子菌门 5 目 13 属 15 种真菌,其中伞菌目和多孔菌目为优势种群。柴兆元等^[21]从江西梅岭高校园区发现担子菌亚门大型真菌 5 目 22 科 44 属 77 种,优势类群为白蘑科和多孔菌科。邓春英和吴兴亮^[22]以海南大学为例,对南方校园大型真菌的多样性进行调查,共鉴定出子囊菌和担子菌 23 科 60 属 88 种,优势种群也是伞菌目和多孔菌目。可见,南方校园内的大型真菌资源略高于北方,这可能是南方丰富的植被类型,以及高温、高湿的气候为大型真菌提供了较为优越的生长条件。此外,除从海南大学发现少量子囊菌外,包括西北农林科技大学在内的其他 3 所高校校区内均未发现子囊菌。

大型真菌资源的分布受到植被类型和生境条件的影响,植被类型不同,大型真菌的物种多样性亦不

同,这与以前的报道相一致^[21-22]。本次调查发现只有极少数大型真菌分布在灌木丛中,与李付杰^[23]等的研究报道一致。柴兆元^[21]等报道江西梅岭高校园区常绿阔叶林中大型真菌的物种多样性较高,李付杰^[23]等也发现四川海螺沟风景区阔叶林中大型真菌分布最为广泛,明显高于针叶林。然而,本次调查却发现大型真菌大部分分布于针叶树下,明显高于阔叶树,这一特点与张春霞^[11]等报道的秦岭火地塘林区针叶林中大型真菌比阔叶林中种类丰富相同。这种不同的结论可能与南北不同地区的植被资源、气候类型相关^[21]。本研究中针叶树下大型真菌分布明显高于阔叶树的原因可能首先是由于所调查的 4 种针叶树皆属于专性外生菌根树种,可为 ECMF 提供宿主和生长条件^[6],而阔叶树中只有杨树等个别树种为外生菌根树种;其次,枝丫较为低矮的针叶树下湿度较大,光照散而不强,为大型真菌的生长创造了有利条件,尤其是雪松主干下部的大枝自近地面处平展,长年不枯,树冠繁茂雄伟,树下荫蔽潮湿,即使是位于路边,受外界的人为干扰也较小,形成了一个相对封闭的、非常适合大型真菌生长和繁殖的微环境,故大型真菌种类和数量十分丰富,占总数的 41%,明显高于其他 3 种针叶树和阔叶树;其三,校园内多以高大的阔叶乔木作为行道树,人为扰动较强,树下相对湿度较低、光照较强,不利于大型真菌的生长和子实体的形成。相对于刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、梨树(*Pyrus sorotina*)等非外生菌根树种而言,能与大型真菌共生形成外生菌根的阔叶树下(如杨树)大型真菌物种较为丰富。此外,树下的光照强度和相对湿度等条件也影响大型真菌的数量和分布,如行道树中冠幅较大的低矮阔叶树(如悬铃木)下大型真菌多于紫荆、白玉兰等冠幅较小的树种,树下配置草地的栽种模式利于大型真菌的生长和繁殖,树龄较小、植株低矮的油松下大型真菌的种类和数量较高。

人为因素对大型真菌资源的分布具有显著影响。柴兆元^[21]等发现人类走动会破坏大型真菌的生长环境,减少其数量。与远离道路、人流量小的人工林区相比,树种相同的行道树下大型真菌的种类和数量都明显较低;在植物种类繁多、覆盖率大的南校区内,大型真菌资源明显高于人口密度大、绿化面积较小的北校区;人迹罕少的南校区竹林中以及南边的假山松林中分布有大量的大型真菌,种类丰富、分布广泛,而美人蕉、牡丹、芍药等人工管理过于频繁的园区中菌物极少,甚至无;南校区博览园中尽管环境优美,植物种类繁多,但是人工管理和扰动过多,因此大型真菌的种类和数量远远低于预期水平。

由此可见,人类走动和人为干扰极大程度地破坏了大型真菌的生长环境,使其数量锐减。大型真菌是生态系统的重要组成部分,其资源分布能从一定程度上反映生态环境的优劣,以及人类对环境的干扰和破坏,可以作为生态评价的指标。

西北农林科技大学校园内大型真菌种质资源十分丰富,是天然的大型真菌活体标本园,可在今后的教学中作为教学材料加以利用。本次调查也发现了很多具有开发和利用价值的大型真菌种质资源,如药食兼用的毛头鬼伞、花脸香蘑等;除了引起误食中毒外,鹅膏菌产生的鹅膏菌毒素具有抗癌、抗菌、抗病毒等价值;肉褐鳞环柄菇产生的次生代谢产物具有杀虫活性,可作为新型生物农药用于病虫害的生物防治^[4];能与杨树和针叶树形成外生菌根的马勃、枝瑚菌、地星和牛肝菌等 ECMF,可扩大植物的根吸收面积,促进水分和营养的吸收,刺激植物的生长,提高植物的成活率、抗病性和抗逆性,对生态环境的恢复和可持续发展具有重要意义^[6];白黄小脆柄菇等木腐菌的产漆酶能力较强,可用于木质素的降解和漆酶的工业化生产^[24]。

参考文献:

[1] KIRK P M,CANNON P F,MINTER D W,*et al.* Dictionary of the Fungi[M],10th ed. . Oxon:CAB International,2008.

[2] 戴玉成,杨祝良. 中国药用真菌名录及部分名称的修订[J]. 菌物学报,2008,27(6):801-824.

DAI Y C,YANG Z L. A revised checklist of medicinal fungi in China[J]. Mycosystema,2008,27(6):801-824. (in Chinese)

[3] 李传华,曲明清,曹晖,等. 中国食用菌普通名名录[J]. 食用菌学报,2013,20(3):50-72.

LI C H,QU M Q,CAO H,*et al.* Checklist of common names of mushrooms in China[J]. Acta Edulis Fungi,2013,20(3):50-72. (in Chinese)

[4] 张黎光,李峻志,祁鹏,等. 毒蕈毒素药用价值及生物防治应用研究进展[J]. 药物生物技术,2015,22(1):82-86.

[5] 柴新义,安双登,盛硕,等. 产漆酶真菌筛选及其产酶条件的优化[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2015,43(3):205-210.

CHAI X Y,AN S D,SHENG S,*et al.* Screening of laccase-producing wild macrofungi and optimization of production conditions[J]. Journal of Northwest A&F University:Natural Science Edition,2015,43(3):205-210. (in Chinese)

[6] SMITH S E,READ D J. Mycorrhizal Symbiosis[M],3rd Ed. . London:Academic Press,2008.

[7] 贺冰,贺运春. 山西农业大学校园大型真菌种类研究[J]. 山西农业学报,2011,31(6):529-531.

HE B,HE Y C. Studied on species of macro-fungi in the campus of Shanxi Agricultural University[J]. Journal of Shanxi Agriculture University,2011,31(6):529-531. (in Chinese)

[8] 陈康林,卯晓岚,黄明达. 中国抗肿瘤大型药用真菌图鉴[M]. 北京:科学出版社,2013.

[9] 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.

TIAN C M,WANG J R,YANG J X,*et al.* The distributional features of macro-fungi in the Taibaishan Mts[J]. Journal of Northwest Forestry University,2000,15(3):62-67. (in Chinese)

[10] 王晓亮,赵德怀,麻应太. 陕西牛背梁国家级自然保护区大型真菌区系特征研究[J]. 陕西林业科技,2012,19(5):7-14.

[11] 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[J]. 西北林学院学报,2005,20(1):127-131.

ZHANG C X,CAO Z M,GAO Z H. Distributional features of macro-fungi in Huoditang Forest Farm[J]. Journal of Northwest Forestry University,2005,20(1):127-131. (in Chinese)

[12] 祁鹏,李峻志,李安利,等. 秦岭中段地区大型真菌种质资源调查初报[J]. 中国食用菌,2013,32(1):8-13.

QI P,LI J Z,LI A L,*et al.* Preliminary survey report of macro-fungi germplasm resources in the middle area of Qinling Mountains[J]. Edible Fungi of China,2013,32(1):8-13. (in Chinese)

[13] 吉文丽,李卫忠. 陕西杨凌示范区草坪草引种栽培试验研究[J]. 草业科学,1999,16(3):22-25.

[14] 寇世强,姚正阳,赵小妮,等. 西北农林科技大学校园鸟类多样性及栖息地特征[J]. 西北农业学报,2010,19(8):27-31.

KOU S Q,YAO Z Y,ZHAO X N,*et al.* Bird diversity and habitat characteristics in campus of Northwest A&F University[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica,2010,19(8):27-31. (in Chinese)

[15] 黄年来. 中国大型真菌原色图鉴[M]. 北京:中国农业出版社,1998.

[16] 卯晓岚. 中国大型真菌[M]. 郑州:河南科技出版社,2000.

[17] 戴玉成,图力古尔. 中国东北野生食药真菌图志[M]. 北京:科学出版社,2007.

[18] 白淑兰. 菌根研究及内蒙古大青山外生菌根资源[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,2011.

[19] TAO Y X,XIE B G,YANG Z Y,*et al.* Identification and expression analysis of a new glycoside hydrolase family 55 exo- β -1,3-glucanase-encoding gene in *Volvariella volvacea* suggests a role in fruiting body development[J]. Gene,2013,527(1):154-160.

[20] WHITE T J,BRUNS T D,LEE S,*et al.* Amplification and direct sequencing of fungal genes for phylogenetic[M]//INNIS M A,GELFAND D H,SNINSKY J J, *et al.* PCR protocols:a guide to methods and applications[M]. San Diego:Academic Press,1990:315-322.

[21] 柴兆元,罗桂祥,霍光华,等. 江西梅岭高校园区大型真菌多样性研究[J]. 生物灾害科学,2014,37(1):41-49.

[22] 邓春英,吴兴亮. 南方校园大型真菌多样-以海南大学为例[J]. 贵州科学,2014,32(6):11-15.

[23] 李付杰,张丹,沈飞,等. 四川海螺沟风景区大型真菌资源调查及评价[J]. 应用与环境生物学报,2014,20(2):249-253.

LI F J,ZHANG D,SHEN F,*et al.* Investigation and evaluation of macro-fungi resources in the Hailuoguo Scenic Area[J]. China Journal of Application Environment Biology,2014,20(2):249-253. (in Chinese)

[24] 傅恺,付时雨,张丽,等. 亚热带木腐真菌产漆酶及其酶学性质[J]. 华南理工大学学报,2011,39(9):27-29.

FU K,FU S Y,ZHANG L,*et al.* Production and enzymatic properties of laccase from a subtropical wood-rot fungus[J]. Journal of South China University of Technology,2011,39(9):27-29. (in Chinese)