

DOI: 10.5846/stxb201304080634

王建瑞, 刘宇, 图力古尔. 山东省大型真菌物种濒危程度与优先保育评价. 生态学报, 2015, 35(3): 837-848.

Wang J R, Liu Y, Bau Tolgor. Evaluation of endangered status and conservation priority of macrofungi in Shandong Province, China. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(3): 837-848.

山东省大型真菌物种濒危程度与优先保育评价

王建瑞^{1,2}, 刘宇², 图力古尔^{1,2,*}

1 吉林农业大学菌物研究所, 长春 130118

2 鲁东大学, 烟台 264025

摘要:近年来我国开展了大型真菌多样性及保育的研究报道。山东省为经济真菌资源大省,但是对于大型真菌濒危物种评价与保育研究的研究未见报道。通过野外调查、市场调查、民间调查及查阅相关文献,山东省共发现大型真菌 64 科 166 属 435 种(包括种下等级),其中野生食药真菌 182 种,隶属于 39 科,80 属,其中食用菌 123 种,占总种数的 28.28%,药用菌 90 种,占总种数的 20.69%,其中野生贸易真菌有 60 种,占总种数的 13.79%,占食用菌总数的 48.78%,如:白林地蘑菇 *Agaricus silvicola*、林地蘑菇 *Agaricus silvaticus*、灵芝 *Ganoderma lingzhi*、灰树花 *Grifola frondosa*、松乳菇 *Lactarius deliciosus*、亚绒白乳菇 *Lactarius subvellereus*、多脂鳞伞 *Pholiota adiposa*、白蜡多年卧孔菌 *Perenniporia fraxinea*、裂褶菌 *Schizophyllum commune*、黏盖乳牛肝菌 *Suillus bovinus*、点柄乳牛肝菌 *Suillus granulatus*、红绒盖牛肝菌 *Xerocomellus chrysenteron*、长根干蘑 *Xerula radicata* 等。在查阅文献的基础上,同时结合大型真菌的生物学、生态学特性,建立了山东省大型真菌物种濒危评价和优先保育评估体系,采用层次分析法(AHP)和专家咨询相结合的方法确定个评价层次的目标权重。对分布在该地区的 175 种物种的濒危程度和优先保育物种进行了评价,最终获得了山东省大型真菌珍稀物种的濒危等级($V_1 \geq 0.650$, 濒危种; $0.650 \geq V_1 \geq 0.550$, 为脆危种; $0.550 \geq V_1 \geq 0.440$, 敏感种; $0.440 \geq V_1$, 安全种)和优先保护级别评价标准($V_1 \geq 1.900$, 一级保护; $1.900 \geq V_1 \geq 1.700$, 二级保护; $1.700 \geq V_1 \geq 1.600$, 三级保护; $1.600 \geq V_1$ 暂缓保护),结果发现该地有濒危种 4 种,占该区大型真菌总种数的 0.92%,灵芝 *Ganoderma lingzhi*、松乳菇 *Lactarius deliciosus*、橙黄红菇 *Russula aurea*、羊肚菌 *Morchella esculenta*;脆危种 34 种,占该区大型真菌总种数的 7.82%;敏感种 74 种,占该区大型真菌总数的 17.01%;安全种 63 种,占该区大型真菌总数的 14.48%。一级保护物种有 7 种,占该区总种数的 1.61%,其中灵芝 *Ganoderma lingzhi*、松乳菇 *Lactarius deliciosus*、羊肚菌 *Morchella esculenta*、橙黄红菇 *Russula aurea* 等 4 个种是人们十分喜爱的食药真菌,其中松乳菇 *Lactarius deliciosus*、橙黄红菇 *Russula aurea*、是外生菌根菌,尚不能够人工栽培;淡玫瑰红鹅膏 *Amanita pallidrosea*、淡紫鸡油菌 *Cantharellus amethysteu*、中国十字孢 *Crucispora sinensis*、山东粉褶菌 *Entoloma shandongense* 是中国特有种和该地区特有种;二级保护物种有 25 种,占该区大型真菌总种数的 5.75%;三级保护物种有 33 种,占该区大型真菌物种总种数的 7.59%;暂缓保护物种有 110 种,占该区大型真菌总种数的 25.29%。通过此项研究了解了该地区大型真菌物种的生存状态,对大型真菌资源的有效保护提供了科学依据。

关键词:大型真菌;濒危等级;优先保护;评价体系

Evaluation of endangered status and conservation priority of macrofungi in Shandong Province, China

WANG Jianrui^{1,2}, LIU Yu², BAU Tolgor^{1,2,*}

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

2 Ludong University, Yantai 264025, China

Abstract: In recent years, various research studies have reported on the diversity of macrofungi and endangered species conservation for fungi for various regions of China. Shandong Province is a leading province for economically valuable fungal resources, but little published research is available related to the evaluation and conservation to endangered species and

基金项目:“泰山学者”建设工程专项;山东省高等学校科技计划项目(J10LC04);山东省科技发展计划项目(2011GSF12012)

收稿日期:2013-04-08; **网络出版日期:**2014-04-03

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

other rare species of macrofungi. Field surveys, commercial field surveys, government investigations and a thorough review of the literature revealed a total of 182 taxa of wild edible and medicinal fungi are known to occur or have historically occurred in Shandong Province belonging to 39 families and 80 genera. Among these, 123 species are edible fungi and 90 species can be used medicinally, including 28.28% and 20.69% of the total number of species, respectively; only 60 species, or 13.79%, have been documented to have been used commercially. The edible fungi include species such as *Agaricus silvaticus*, *Agaricus silvicola*, *Ganoderma lingzhi*, *Grifola frondosa*, *Lactarius deliciosus*, *Lactarius subvellereus*, *Perenniporia fraxinea*, *Pholiota adiposa*, *Schizophyllum commune*, *Suillus bovinus*, *Suillus granulatus*, *Xerocomellus chrysenteron* and *Xerula radicata*. An evaluation system for endangered species status and conservation priority of the 182 macrofungi taxa was established based on their biological and ecological characteristics and by consulting related literature. The goal weights of each layer were determined through the Analytic Hierarchy Process (AHP) and expert consultation. Using this system, the status and the conservation priority of 175 species was evaluated; then the endangered species status and conservation priority standards were determined based on the following system: $V_1 \geq 0.650$, endangered species; $0.650 \geq V_1 \geq 0.550$, vulnerable species; $0.550 \geq V_1 \geq 0.440$, lower risk species; $0.440 \geq V_1$, safety species; $V_1 \geq 1.900$, the first class conservation species; $1.900 \geq V_1 \geq 1.700$, the second class conservation species; $1.700 \geq V_1 \geq 1.600$, the third class conservation species; and, last, $1.600 \geq V_1$, the delayed class conservation species. Four (0.92% of all species) of the analyzed species were classified as endangered species, *Ganoderma lingzhi*, *Lactarius deliciosus*, *Morchella esculenta* and *Russula aurea*; 34, (7.82%), 74 (17.01%), 63 (14.48%), and seven (1.61%) species were vulnerable, lower risk, secure, and first class conservation species, respectively. Four of the 175 species, *Ganoderma lingzhi*, *Lactarius deliciosus*, *Morchella esculenta* and *Russula aurea*, are the favorite edible-medicinal fungi of local people and can frequently be seen in the marketplace. *Lactarius deliciosus* and *Russula aurea* are ectotrophic mycorrhiza and researchers have not yet been able to bring them into cultivation. *Amanita pallidorosea*, *Cantharellus amethysteus*, *Crucispora sinensis* and *Entoloma shandongense* are endemic to China and also to this region. In addition, 25 (5.75%), 33 (7.59%), and 110 (25.29%) of the 175 species were second class conservation, third class conservation, and delayed conservation, respectively. This study provides a scientific basis for efficient conservation of macrofungi in Shandong Province.

Key Words: macrofungi; endangered grade; conservation priority; evaluation system

真菌学家在对大型真菌物种多样性研究过程中,发现大型真菌的数量在发生变化,Arnolds 和 Fellner 中报道了在某个国家、某些类群大型真菌数量在明显减少^[1-2]。Cherfas 经过 20a 的定位研究,发现荷兰森林食用菌数量下降,其他真菌也减少了^[3]。通过研究发现人类活动导致的环境污染、特别是酸雨和过量的氮沉降以及栖息地的退化和丧失被认为是导致整个欧洲大型真菌多样性和子实体发生频率下降的主要原因^[4-6]。Arnolds 和 de Vries 在研究中发现已经记录的大型真菌物种中至少有半数以上的被列入了其中一个国家的红色目录中^[7]。Guevara R. 通过研究发现欧洲及北美地区 ECM 物种数量和子实体产量的明显下降,是由于人类活动导致的环境污染,特别是过量氮沉降是导致因^[8]。Anders 在欧洲分布的大型真菌中,20% 的生存正受威胁^[9]。图力古尔等年以保护栖息环境为主的就地保育和以菌种保藏、人工驯化为主的异地保育方法对长白山食药木腐大型真菌研究中,驯化的物种大约 20—30 种,而被以菌种的形式保菌的约有 80 种^[10]。Mueller 提出了一套真菌多样性的研究方法,其中包括真菌的物种多样性程度研究以及保育方法^[11]。范宇光等采用专家咨询(Delphi)和层次分析(AHP)对长白山自然保护区大型真菌物种优先保护进行了量化评价,科学、客观地划分受威胁大型真菌物种的濒危等级及优先保护级别,并对真菌的生存状况评估和濒危种类的保护问题进行了探讨^[12]。图力古尔等通过对斑玉蕈的生物学特性研究发现斑玉蕈孢子的大量弹射所需环境条件范围较窄、对基物选择范围较小,可能是其野生种群稀少的内在原因^[13]。魏玉莲研究发现森林中倒木和朽木的基质的减少,是影响多孔菌物种多样性主要因素^[14]。我国对大型真菌中的多孔菌的濒危物种研究较多,其中长白山发现有 27 种为濒危种^[15],全国有 48 种濒危的多孔菌^[16]。近年来我国开展了大型真菌多样性及生态学的研究报道^[17-19],对大型真菌的保育具有促进作用。

1 研究材料与方法

1.1 研究材料

在对山东省大型真菌物种多样性研究过程中,共发现大型真菌 64 科 166 属 435 种(包括种下等级)。由于有些种类的数据不全或者其经济价值没有被发现,所以本次研究主要以经济价值明确的 175 种进行了评价。

1.2 评估方法

通过系统的生态调查结合市场和民间调查以及资料查阅获得山东省大型真菌受威胁情况的基本数据。通过建立大型真菌物种优先保护评价体系对山东省大型真菌的濒危情况及优先保护序列做出科学、客观的判断。

2 调查方法

2.1 野外调查

根据 2009 年至 2012 年的调查结果分析,结合戴玉成和杨祝良和戴玉成等发表的中国食用菌名录、药用菌名录^[20-21],初步拟定了山东省野生食药菌的保护种类,并根据山东省的植被分布特点和 2009 年至 2010 年调查的大型真菌分布情况,将山东省划分为 4 个不同的植被区作为调查样地。于 2011 年 6—10 月和 2012 年 5—10 月对 4 个植被区 37 个调查点进行调查,对不同植被区内的出现的物种种类、数量特征、生境质量、生活习性和人为干扰等情况进行详细的野记录。

2.2 市场调查

对采集地周边的农贸市场和周围群众进行走访调查,对市场上出现的野生食用菌的种类、当地群众的认知情况、需求情况进行调查。

3 物种濒危等级及优先保育评价指标体系的构建

物种的濒危程度的数量化评价体系的构建是在参照了其他地区及其他生物类群的物种濒危评价体系研究方法^[12,22-23]并结合大型真菌的生物学特性,构建了山东大型真菌优先保育评价体系。评价指标体系要求既要反映个评价物种的潜在生存能力,又要反映出自然环境、社会经济、人类活动干扰和生态环境对其的影响等评价指标,还要符合物种优先保护的内涵,所以评价指标体系的选择遵循以下几条原则:1)在众多评价指标中选择与大型真菌特性紧密相关,并能全面反映物种综合评价的整体效应的指标。2)在不同指标体系能够在统一基础上,比较系统的反映出自身的不同。3)指评价方法具有可操作性,评价标准符合客观实际,选取的指标可以量化,资料获取方便等。4)野生大型真菌物种处于野外,受社会经济、人类活动、自然环境等因素的影响,其系统结构、功能都会随着不同的时间和空间尺度的变化而变化,所以在选择评价指标的时候必须考虑到系统演化规律和演变趋势。5)所选取的评价指标相互之间是独立的,能从不同角度反映物种的生存状况,避免各指标之间的交叉重复。

评价体系的关键是确定评价系统层和评价指标层,根据上述建立山东省大型真菌优先保育指标体系的基本原则,将评价体系划分为 3 个层次,第一层目标层,即物种优先保育评价;第二层评价体系的中间层,即物种濒危评价、物种遗传价值评价和物种价值评价;第三层为评价指标层,即潜在的人为破坏、地区分布频度、子实体发生频率、区系特性、保护难易情况、子实体持续时间、受保护情况、子实体发生形式、生境情况、特有种情况、种型情况、经济价值及生态价值等 10 个评价指标。层次模型见图 1。

4 评价指标权重的确定

4.1 层次分析法

层次分析法(AHP)是美国运筹学家 T. L. Saaty 教授于 20 世纪 70 年代提出的一种多准则、多目标、定量

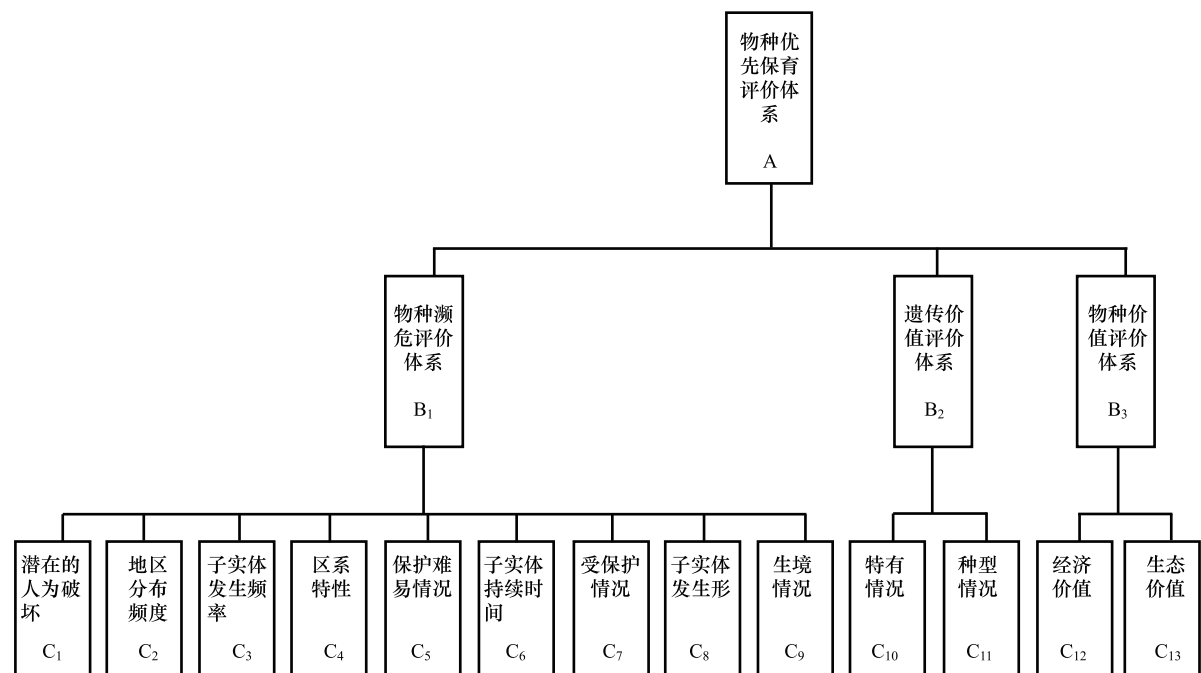


图1 山东省大型真菌濒危物种优先保护评价体系

Fig.1 Evaluation system for the conservation priority of endangered macrofungi in Shandong province

与定性相结合,同时简便、灵活而又实用的分析方法。其基本原理是将评价体系的各要素分解成若干层次,并以同一层次的各种要素按照上一层要素为准则,进行比较并计算出各要素的权重,按权重最大的原则确定最优方案^[12,18]。

4.2 构建层次分析模型

根据优先保育评价体系指标,构建层次分析模型(图1),层次模型的层次结构分为最高层综合评价体系(A层)、中间层(B层)和最底层(C层)。

4.3 构建各层判断矩阵、权重 W_i 的确定与各层一致性检验

通过咨询专家的方法确定大型真菌综合评价体系各影响因素之间相对权重。根据层次分析法(AHP)的形式设计调查问卷。这种方法是在同一个层次对影响因素重要性给予两两比较。衡量尺度划分为个等级,分别是绝对重要、十分重要、比较重要、稍微重要、同样重要,分别对应9,7,5,3,1的数值(表1)。

表1 平均随机一致性指标对应值

Table 1 Corresponding value of the mean random consistency index

阶数(n) Order	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
平均随机一致性指标(RI) The mean random consistency index	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59

4.3.1 B层相对目标层A的权重及一致性检验

采用yaahp层次分析法软件对中间层 B_i 相对于A层的相对重要性判断矩阵(表2)进行加权计算,计算结果如下:

目标一致性检验: $\lambda_{\max}=3.08$; $CI=0.04$; $RI=0.52$; $CR=CI/RI=0.076$; $CR<0.1$; 故层次单排序的结果具有满意的一致性。

$$B=(B_{ij})_{3\times 3}=\begin{bmatrix} 1 & 1/7 & 3 \\ 7 & 1 & 9 \\ 1/3 & 1/9 & 1 \end{bmatrix}$$

(1)

表 2 A-B_i判断矩阵元素表

Table 2 The elements of A-B judgment matrix

物种优先保育评价体系(A) Evaluate system for prior conservation(A)	遗传价值系数(B ₂) Genetic value coefficient(B ₂)	物种濒危系数(B ₁) Threatened coefficient(B ₁)	物种价值系数(B ₃) Species value coefficient(B ₃)	权重(W _i) Weight
遗传价值系数 Genetic value coefficient (B ₂)	1	1/7	3	0.149
物种濒危系数 Threatened coefficient (B ₁)	7	1	9	0.785
物种价值系数 Species value coefficient (B ₃)	1/3	1/9	1	0.066

$$W_i = \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.79 \\ 0.07 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$(BW)_i = B_i \times W_i = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{7} & 3 \\ 7 & 1 & 9 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{9} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.79 \\ 0.07 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.46 \\ 2.42 \\ 0.20 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^3 \frac{(BW)_i}{3 \times W_i} = 3.08 \quad (4)$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{3.08 - 3}{3 - 1} = 0.04 \quad (5)$$

查找相应的平均随机一致性指标 RI 。对 $n=1, \dots, 15$, Saaty 给出了 RI 的值(表 1)。

$$CR = \frac{CI}{RI} = 0.076 \quad (6)$$

4.3.2 C 层相对 B 层的权重及一致性检验

建立起 C 层相对于 B 层的判断矩阵(表 3—表 5), 用上述同样的计算方法可得出最低层 C 层相对于 B 层的权重 W_i 及一致性指标 CR 。

表 3 B₁-C 判断矩阵元素表Table 3 The elements of B₁-C judgment matrix

物种濒危系数(B ₁) Threatened coefficient	潜在的人为破坏(C ₁) Potential man-made destruction	地区分布频度(C ₂) Frequentness of regional distribution	子实体发生频率(C ₃) Frequency of occurrence for fruiting bodies	区系特性(C ₄) Flora characteristics	保护难易情况(C ₅) Difficulty for Protection	子实体持续时间(C ₆) Fruiting duration	受保护情况(C ₇) Protection	子实体发生形式(C ₈) Fruiting form	生境情况(C ₉) Habitat	权重(W _i) Weight
潜在的人为破坏(C ₁) Potential man-made destruction	1.00	0.33	1.00	0.50	0.33	0.33	0.25	2.00	0.33	0.046
地区分布频度(C ₂) Frequentness of regional distribution	3.00	1.00	3.00	0.33	0.33	0.33	0.25	3.00	0.20	0.062
子实体发生频率(C ₃) Frequency of occurrence for fruiting bodies	1.00	0.33	1.00	0.20	0.33	0.50	0.33	0.33	0.25	0.036
区系特性(C ₄) Flora characteristics	2.00	3.00	5.00	1.00	1.00	3.00	0.33	3.00	0.25	0.123
保护难易情况(C ₅) Difficulty for Protection	3.00	3.00	3.00	1.00	1.00	2.00	1.00	7.00	0.25	0.144

续表

物种濒危系数(B ₁) Threatened coefficient	潜在的人为破坏(C ₁) Potential man-made destruction	地区分布频度(C ₂) Frequentness of regional distribution	子实体发生频率(C ₃) Frequency of occurrence for fruiting bodies	区系特性(C ₄) Flora characteristics	保护难易情况(C ₅) Difficulty for Protection	子实体持续时间(C ₆) Fruiting duration	受保护情况(C ₇) Protection	子实体发生形式(C ₈) Fruiting form	生境情况(C ₉) Habitat	权重(W _i) Weight
子实体持续时间(C ₆) Fruiting duration	3.00	3.00	2.00	0.33	0.50	1.00	0.33	3.00	0.33	0.087
受保护情况(C ₇) Protection	4.00	4.00	3.00	3.00	1.00	3.00	1.00	2.00	0.25	0.158
子实体发生形式(C ₈) Fruiting form	0.50	0.33	3.00	0.33	0.14	0.33	0.50	1.00	0.14	0.038
生境情况(C ₉) Habitat	3.00	5.00	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00	7.00	1.00	0.306

目标一致性检验: $\lambda_{\max}=10.10$; $CI=0.14$; $RI=1.46$; $CR=CI/RI=0.094$; $CR<0.1$; 故层次单排序的结果具有满意的一致性。

表 4 B₂-C 判断矩阵元素表
Table 4 The elements of B₂-C judgment matrix

遗传价值系数(B ₂) Genetic value coefficient(B ₂)	特有情况(C ₁₀) Special(C ₁₀)	种型情况(C ₁₁) Specific type(C ₁₁)	权重(W _i) Weight
特有情况(C ₁₀) Special(C ₁₀)	1	7	0.875
种型情况(C ₁₁) Specific type(C ₁₁)	0.1429	1	0.125

目标一致性检验: $\lambda_{\max}=2$; $CI=0$; $CR=CI/RI=0$; $CR<0.1$; 故层次单排序的结果具有满意的一致性。

表 5 B₃-C 判断矩阵元素表
Table 5 The elements of B₃-C judgment matrix

物种价值系数(B ₃) Species value coefficient(B ₃)	经济价值(C ₁₂) Economic value(C ₁₂)	生态价值(C ₁₃) Ecological value(C ₁₃)	权重(W _i) Weight
经济价值 Economic value(C ₁₂)	1	0.1429	0.125
生态价值 Ecological value(C ₁₃)	7	1	0.875

目标一致性检验: $\lambda_{\max}=2$; $CI=0$; $CR=CI/RI=0$; $CR<0.1$; 故层次单排序的结果具有满意的一致性。

4.3.3 最底层 C_i 层相对最高层 A 层的权重 W_i 的确定

0.046

0

0

0.062

0

0

0.036

0

0

0.123

0

0

0.144

0

0

0.087

0

0

0.158

0

0

0.038

0

0

0.306

0

0

0

0.125

0

0

0.875

0

0

0

0.875

0

0

0.125

W_i

=

0.149

0.785

0.066

×

=

0.007

0.009

0.005

0.18

0.021

0.013

0.024

0.006

0.046

0.687

0.098

0.008

0.058

(7)

4.3.4 层次总排序的一致性检验

虽然在最底层 C 对中间层 B 以及相对最高层 A 的但排序的一致性良好,但是在综合评价时,C 层相对于 B 层但排序的非一致性依然可能积累起来,引起综合分析结果较为严重的非一致性,因此要对 C 层相对于 B 层进行总排序的一致性检验。

A 层共包含 B 层 3 个因素,B 层相对于 A 层的层次总排序的权重为 $W_i = (0.149, 0.785, 0.066)$,C 层中相对于 B_i 的相关的因素的判断矩阵在单排序种经过一致性检验,求得的单排序一致性指数 CI_j , ($j=1,2,3$),相应的平均随机一致性指标为 RI_j 。C 层相对于 B 层的总排序随机一致性比例为:

$$CR = \frac{\sum_{i=1}^m CI_j W_i}{\sum_{j=RI_j W_i}^m} = 0.095 \quad (8)$$

层次模型的层次总排序的一致性 $CR=0.095<0.1$,说明层次总排序具有很高的 consistency,并表明该分析结果是正确的。

4.4 优先保育体系确定

大型真菌综合评价体系是一项复杂的系统工程,涉及的因素多,由于生态系统的不同,受时间和空间差异性对评价体系具有较大的影响,本文构建的三个层次物种综合评价指标体系能够清晰、科学全面地反映出生态环境、人类活动、社会经济及物种自身因素对物种生存的影响。

通过对物种物种濒危评价体系、遗传价值评价体系和物种价值评价体系进行综合分析,构建影响因素的判断矩阵,运用专家咨询法和层次分析法确定了各层次的相对权重,对判断矩阵进行了一致性检验,得到比较满意的权重分配结果如图 2 所示。相对物种综合评价体系的总体目标,层次中的物种物种的濒危评价体系相对权重最高为 0.785,是影响物种优先保护评价的重要指标,从图 2 中可以看出物种濒危评价体系中 9 个评价指标包含了大型真菌的物种的生物学特性、生态地理学特性、物种受威胁程度、自然干扰和人为干扰等特征,大型真菌的自身的生存信息表达了受威胁程度,其中受保护的难易程度、受保护情况及区系特性是造成物种濒危的主要因素。物种遗传价值评价体系权重为 0.149,说明在物种优先保育体系也起着重要的作用。物种价值评价体系的权重为 0.066,其中物种的价值评价指数最小,对总体评价结果影响较小,说明其在物种优先保育评价体系中起到的最用较小。

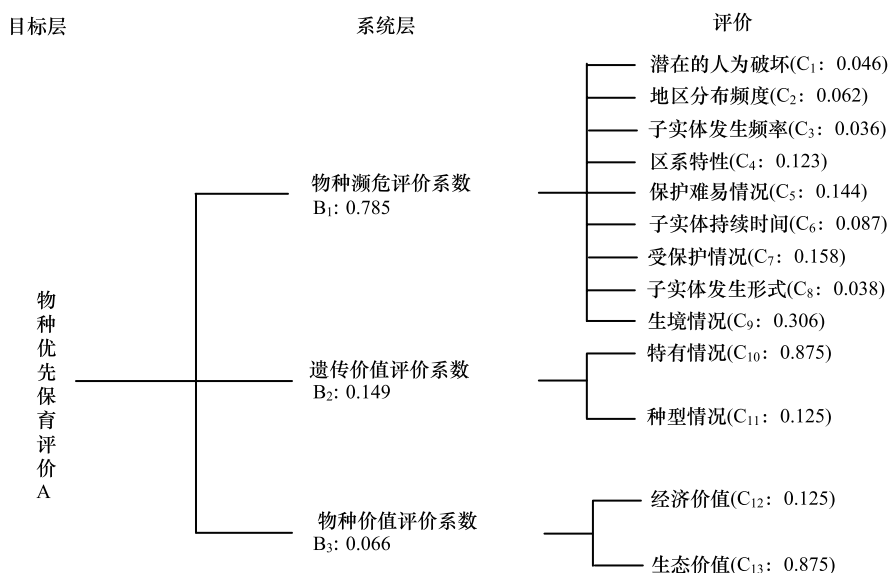


图 2 物种优先保育评价指标体系

Fig.2 Evaluations of species conservation priorities

4.5 评价指标赋值

对 3 个不同的系统层 13 个具体指标体系,按照不停的原则进行赋值评分,为了突出不同级别的差异,赋值分差为 5 分,最高分为 20 分,从高到低共分 4 个等级。

4.6 综合评价方法

在评价标准中,以物种濒危系数(V_1)表示山东省大型真菌的受威胁程度,以物种优先保护系数(V_s)表示山东省大型真菌的优先保护序列。

物种濒危系数(V_1):

$$V_1 = \sum_{i=1}^9 W_i \frac{x_i}{\max_i} \tag{9}$$

遗传价值系数(V_2):

$$V_2 = \sum_{i=10}^{11} W_i \frac{x_i}{\max_i} \tag{10}$$

物种价值系数(V_3):

$$V_3 = \sum_{i=12}^{13} W_i \frac{x_i}{\max_i} \tag{11}$$

物种优先保护系数(V_s):

$$V_s = V_1 + V_2 + V_3 \tag{12}$$

式中, x_i 为各项评价指标实际得分, $\max_i$ 为各项评价指标的最高分, W_i 为指标体系的权重。

4.7 濒危程度和保护级别评价标准的确定

根据野外调查记录、文献资料及不同植被区的生存状况按照评价指标对所评价的种类进行了赋值,根据综合评价模型,求出每个评价物种的濒危系数(V_1)和物种优先保护系数(V_s)。并参照《国际濒危物种等级新标准》制定了山东省大型真菌濒危等级和优先保护序列的区域性标准(表 6)。

表 6 濒危等级与优先保护级别划分标准
Table 6 Standards of endangering grade and conservation priority for threatened species

濒危系数 V_1 取值范围 Scale of endangered coefficient	濒危等级 Endangered grading	优先保护系数(V) 取值范围 Scale of conservation priorities coeff icient	保护级别 Classification of species
$V_1 \geq 0.650$	濒危种	$V_1 \geq 1.900$	一级保护
$0.650 \geq V_1 \geq 0.550$	脆弱种	$1.900 \geq V_1 \geq 1.700$	二级保护
$0.550 \geq V_1 \geq 0.440$	敏感种	$1.700 \geq V_1 \geq 1.600$	三级保护
$0.440 \geq V_1$	安全种	$1.600 \geq V_1$	暂缓保护

5 结果与分析

5.1 山东省野生贸易真菌类群

通过调查发现(表 7)山东省共有大型真菌共计有 64 科 166 属 435 种(包括种下等级)。通过查阅文献和市场调查该区共有野生食药用地菌 182 种,隶属于 39 科,80 属,其中食用菌 123 种,占总种数的 28.28%,药用菌 90 种,占总种数的 20.69%,其中野生贸易真菌有 60 种,占总种数的 13.79%,占药食用菌总数的 32.97%。调查中发现,山东省野生食药用地菌虽然种类丰富,但多数类群零星分布,产量较低,仅有 14 余种具有较高的自然蕴藏量,为山东省野生食药用地菌中的优势类群。如:白林地蘑菇 *Agaricus silvicola*、林地蘑菇 *A. silvaticus*、灵芝 *Ganoderma lingzhi*、灰树花 *Grifola frondosa*、亚绒白乳菇 *Lactarius subvellereus*、长根干蘑 *Xerula radicata*、红绒盖牛肝菌 *Xerocomellus chrysenteron*、青黄红菇 *Russula olivacea*、蓝黄红菇 *R. cyanoxantha*、松乳菇 *Lactarius deliciosus*、多脂鳞伞 *Pholiota adiposa*、白蜡多年卧孔菌 *Perenniporia fraxinea*、裂褶菌 *Schizophyllum commune*、黏盖

乳牛肝菌 *Suillus bovinus*、点柄乳牛肝菌 *S. granulatus* 等,这些类群是农贸市场最为常见的野生贸易类群,其中,灵芝做为珍稀药用菌,被当地群众广泛认识,采挖较为严重。在食用菌中松乳菇、黏盖乳牛肝菌、点柄乳牛肝菌深受山东省各地区的人们喜爱,在餐馆中均可见到。

表 7 山东省野生食用菌的科、属、种数目及其占总数的比例

Table 7 Numbers of species, genera and families of edible and medicinal fungi in Shandong province and their percentage

科名 Family	属数(比例/%) No. of genera (Rate)	种数(比例/%) No. of species (Rate)	科名 Family	属数(比例/%) No. of genera (Rate)	种数(比例/%) No. of species (Rate)
侧耳科 Pleurotaceae	2(1.2)	2(0.5)	虫草科 Cordycipitaceae	2(1.2)	4(0.9)
地星科 Geastraceae	1(0.6)	1(0.2)	铆钉菇科 Gomphidiaceae	2(1.2)	3(0.7)
多孔菌科 Polyporaceae	6(3.6)	12(2.8)	复囊菌科 Diplocystidiaceae	1(0.6)	1(0.2)
光柄菇科 Pluteaceae	2(1.2)	3(0.7)	鬼笔科 Phallaceae	1(0.6)	1(0.2)
小脆柄菇科 Psathyrellaceae	3(1.8)	6(1.4)	褐褶菌科 Gloeophyllaceae	1(0.6)	1(0.2)
红菇科 Russulaceae	2(1.2)	28(6.4)	鸡油菌科 Cantharellaceae	2(1.2)	4(0.9)
口蘑科 Tricholomataceae	4(2.4)	8(1.8)	离褶伞科 Lyophyllaceae	1(0.6)	1(0.2)
裂褶菌科 Schizophyllaceae	1(0.6)	1(0.2)	灵芝科 Ganodermataceae	1(0.6)	5(1.1)
马鞍菌科 Helvellaceae	1(0.6)	3(0.7)	木耳科 Auriculariaceae	1(0.6)	2(0.5)
拟层孔菌科 Fomitopsidaceae	1(0.6)	3(0.7)	牛肝菌科 Boletaceae	2(1.2)	6(1.4)
泡头菌科 Physalacriaceae	3(1.8)	5(1.1)	球盖菇科 Strophariaceae	4(2.4)	6(1.4)
韧革菌科 Stereaceae	1(0.6)	2(0.5)	乳牛肝菌科 Suillaceae	1(0.6)	5(1.1)
伞菌科 Agaricaceae	9(5.4)	31(7.2)	珊瑚菌科 Clavariaceae	2(1.2)	4(0.9)
丝膜菌科 Cortinariaceae	1(0.6)	2(0.5)	网褶菌科 Paxillaceae	2(1.2)	2(0.5)
小菇科 Mycenaceae	2(1.2)	3(0.7)	小皮伞科 Marasmiaceae	4(2.4)	9(2.1)
锈革孔菌科 Hymenochaetaceae	2(1.2)	2(0.5)	烟白齿菌科 Bankeraceae	1(0.6)	1(0.2)
羊肚菌科 Morchellaceae	1(0.6)	1(0.2)	银耳科 Tremellaceae	1(0.6)	1(0.2)
硬皮马勃菌科 Sclerodermataceae	1(0.6)	3(0.7)	原毛平革菌科 Phanerochaetaceae	1(0.6)	1(0.2)
圆孢牛肝菌科 Gyroporaceae	1(0.6)	1(0.2)	轴腹菌科 Hydangiaceae	1(0.6)	3(0.7)
皱孔菌科 Meripilaceae	5(3)	5(1.1)			

5.2 物种受威胁程度

依据上述濒危程度和优先保护序列的评价方法,结合评价标准和参照《国际濒危物种等级新标准》,对山东省大型大型真菌受威胁程度和优先保护序列进行了定量评价(表 8,表 9)。从表 8 中可以看出,山东省大型大型真菌有濒危种 4 种,占该区大型真菌总种数的 0.92%;脆危种 34 种,占该区大型真菌总种数的 7.82%;敏感种 74 种,种该区大型真菌总数的 17.01%;安全种 63 种,占该区大型真菌总数的 14.48%,目前,虽然濒危种和脆危种占该区大型真菌总种数很小的比例,但也不能忽视敏感种和安全种的生存状况,因为该区地处华北植被区与华东地区的结合部,在内陆气候与海洋性气候的双重影响下,该区产生了具有许多地方特有物种、区域特有种和中国特有种(如淡玫瑰红鹅膏 *Amanita pallidorosea*、柳生田头菇 *Agrocybe salicicicola*、中国十字孢菌 *Crucispora sinensis*、山东粉褶菌 *Entoloma shandongense*、湿柄伞 *Hydropus floccipes*、叶生小菇 *Mycena metata*、胶囊波斯特孔菌 *Postia gloeocystidiata* 等),保护好这些特有种对于研究大型真菌区系起源演化、种的形成、演化、传播及传播方向和传播途径等问题具有重要意义。而即使现在处于安全的物种,如果不管护,随着时间的推移,它们也许会转换成脆弱种和濒危种。对于目前处于濒危和脆弱状态的物种,需要根据其不同的生物学特性采取就地保育或者进行异地保育的措施,恢复其种群数量,改善种群结构。另外,改善和保护物种的生存环境和生态系统的功能,也是保护好受威胁物种的重要途径。

表 8 物种濒危状况评价

Table 8 Evaluation of endangering status of species

濒危等级 Endangered grading	物种数量 Number of species	种 Species
濒危种 Endangered species	4	<i>Ganoderma lingzhi</i> , <i>Lactarius deliciosus</i> , <i>Morchella esculenta</i> , <i>Russula aurea</i> , 共计 4 种
脆弱种 Vulnerable species	34	<i>Agaricus dulcidulus</i> , <i>Agrocybe farinacea</i> , <i>A. salicicola</i> , <i>Amanita esculenta</i> , <i>A. fritillaria</i> , <i>Armillaria mellea</i> , <i>A. tabescens</i> , <i>Cantharellus amethysteus</i> , <i>C. cibarius</i> , <i>Chroogomphus rutilus</i> , <i>Clavulina cinerea</i> , <i>C. rugosa</i> , <i>Crucispora sinensis</i> , <i>Entoloma coelestinus</i> , <i>E. shandongense</i> , <i>Lactarius camphoratus</i> , <i>L. chrysorrheus</i> , <i>Lepiota castanea</i> , <i>L. erminea</i> , <i>Leucoagaricus americanus</i> , <i>L. exoriatu</i> , <i>Melanoleuca melaleuca</i> , <i>Ramaria stricta</i> , <i>Russula delic</i> , <i>R. flavida</i> , <i>R. integra</i> , <i>R. rosacea</i> , <i>Stropharia rugosoannulata</i> f. <i>lutea</i> , <i>Suillus bovinus</i> , <i>S. granulatus</i> , <i>S. luteus</i> , <i>S. viscidus</i> , <i>Volvariella murinella</i> , <i>Xerocomellus chrysenteron</i> , 共计 34 种
敏感种 Lower risk species	74	<i>Agaricus comtulus</i> , <i>A. subrutilescens</i> , <i>Agrocybe praecox</i> , <i>Amanita castanopsidis</i> , <i>A. hemibapha</i> , <i>A. pallidrosea</i> , <i>Antrodia hingganensis</i> , <i>Artomyces pyxidatus</i> , <i>Boletus fraternus</i> , <i>B. ornatis</i> , <i>B. subtomentosus</i> , <i>Bovistella sinensis</i> , <i>Cantharellus lateritius</i> , <i>Chroogomphus roseolus</i> , <i>Clavulina coralloides</i> , <i>Cortinarius purpurascens</i> , <i>C. sanguineus</i> , <i>Craterellus cornucopioides</i> , <i>Entoloma cuspidiferum</i> , <i>E. rusticoides</i> , <i>Gerronema albidum</i> , <i>Grifola frondosa</i> , <i>Gyrodont lividus</i> , <i>Helvella atra</i> , <i>H. macropus</i> , <i>Hydropus floccipes</i> , <i>Irpex lacteus</i> , <i>Laccaria amethystea</i> , <i>L. laccata</i> , <i>L. tortilis</i> , <i>L. flavidulus</i> , <i>L. fuliginosus</i> , <i>L. gerardii</i> , <i>L. hatsudake</i> , <i>L. hygrophoroides</i> , <i>L. piperatus</i> , <i>L. subzonarius</i> , <i>L. uvidus</i> , <i>L. vellereus</i> , <i>L. volemus</i> , <i>Laetiporus sulphureus</i> , <i>Lepiota brunneoincarnata</i> , <i>L. kuehneriana</i> , <i>L. squamulosa</i> , <i>Leucoagaricus leucothites</i> , <i>Loreleia marchantiae</i> , <i>Lycoperdon asperum</i> , <i>L. perlatum</i> , <i>Macrolepiota procera</i> , <i>Mycena metata</i> , <i>Naematoloma fasciculare</i> , <i>Perenniporia fraxinea</i> , <i>Pholiota adiposa</i> , <i>Pluteus leoninus</i> , <i>P. nanus</i> , <i>Postia gloeocystidiata</i> , <i>Rhodocybe popinalis</i> , <i>Russula amoena</i> , <i>R. cyanoxantha</i> , <i>R. delic</i> , <i>R. densifolia</i> , <i>R. integra</i> , <i>R. mariae</i> , <i>R. nigricans</i> , <i>R. olivacea</i> , <i>R. rosacea</i> , <i>R. sanguinea</i> , <i>Strobilomyces confusus</i> , <i>S. strobilaceus</i> , <i>Stropharia aeruginosa</i> , <i>Suillus placidus</i> , <i>Tricholomopsis rutilans</i> , <i>Typhula subsclerotoides</i> , <i>Volvariella gloiocephala</i> , 共有 74 种
安全种 Safety species	63	<i>Agaricus abruptibulbus</i> , <i>A. arvensis</i> , <i>A. augustus</i> , <i>A. campestris</i> , <i>A. silvaticus</i> , <i>A. silvicola</i> , <i>A. subrufescens</i> , <i>Amanita vaginata</i> , <i>Asterophora lycoperdoides</i> , <i>Auricularia auricular-judae</i> , <i>Auricularia polytricha</i> , <i>Bankera fuligineoalba</i> , <i>Calvatia craniiformis</i> , <i>Cantharellus minor</i> , <i>Ceriporia lacerata</i> , <i>Clavulinopsis fusiformis</i> , <i>Conocybe filaris</i> , <i>Coprinellus micaceus</i> , <i>C. radians</i> , <i>Coprinopsis cinerea</i> , <i>C. friesii</i> , <i>Coprinus comatus</i> , <i>Cordyceps militaris</i> , <i>Cordyceps pruinosa</i> , <i>Crepidotus mollis</i> , <i>C. sulphurinus</i> , <i>Entoloma rhodopolium</i> , <i>Flammulina velutipes</i> , <i>Ganoderma applanatum</i> , <i>Gymnopus androsaceus</i> , <i>G. confluens</i> , <i>G. dryophilus</i> , <i>G. erythropus</i> , <i>G. peronatus</i> , <i>G. castaneus</i> , <i>Hohenbuehelia reniformis</i> , <i>Isaria farinosa</i> , <i>I. japonica</i> , <i>I. sinclairii</i> , <i>Lepista nuda</i> , <i>L. sordida</i> , <i>Lyophyllum semitale</i> , <i>Marasmiellus ramealis</i> , <i>Megacollybia platyphylla</i> , <i>Melanoleuca cognata</i> , <i>M. grammopodia</i> , <i>M. stridula</i> , <i>Mycena alcalina</i> , <i>M. corynephora</i> , <i>M. pura</i> , <i>Panellus stipticus</i> , <i>Phellinus gilvus</i> , <i>Physisporinus xylostromatoides</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Pycnoporus sanguineus</i> , <i>Rhodocollybia butyracea</i> , <i>Russula senecis</i> , <i>R. violeipes</i> , <i>R. virescens</i> , <i>Schizophyllum commune</i> , <i>Trametes versicolor</i> , <i>Tremella fuciformis</i> , <i>Xerula radicata</i> , 共计 63 种

5.3 物种优先保护评价的确定

大型真菌物种优先保护级别,从表 9 可以看出该区大型真菌一级保护物种有 7 种,占该区总种数的 1.61%,其中灵芝 *Ganoderma lingzhi*、松乳菇 *Lactarius deliciosus*、羊肚菌 *Morchella esculenta*、橙黄红菇 *Russula aurea* 等 4 个种是人们十分喜爱的食药菌,在市场和餐馆都可以看到,其中松乳菇 *L. deliciosus*、橙黄红菇 *R. aurea* 是外生菌根菌,尚不能够人工栽培;玫瑰红鹅膏 *Amanita pallidrosea*、淡紫鸡油菌 *Cantharellus amethysteus*、中国十字孢 *Crucispora sinensis*、山东粉褶菌 *Entoloma shandongense* 是中国特有种和该地区特有种;二级保护物种有 25 种,占该区大型真菌总种数的 5.75%,蜜环菌 *Armillaria mellea*、假蜜环菌 *A. tabescens*、玫瑰色铆钉菇 *Chroogomphus roseolus*、黏盖乳牛肝菌 *Suillus bovinus*、点柄乳牛肝菌 *S. granulatus*。三级保护物种有 33 种,占该区大型真菌物种总种数的 7.59%,暂缓保护物种有 110 种,占该区大型真菌总种数的 25.29%,大部分是该区常见种,数量较多,受自然环境和人为干扰较弱的种类。优先保护的种类主要是以物种的保护价值和实用性为主,是在濒危等级的基础上相对于人类活动干扰和自然环境的影响作出的一种补偿性保护,受濒危等级的影响,但并不完全呈正相关。

表 9 物种优先保护评价

Table 9 Evaluation of conservation priorities for threatened species

保护级别 Classification of species	物种数量 Number of species	种 Species
一级保护 The first class conservation	7	<i>Ganoderma lingzhi</i> , <i>Cantharellus amethysteus</i> , <i>C. cibarius</i> , <i>Crucispora sinensis</i> , <i>Entoloma shandongense</i> , <i>Lactarius deliciosus</i> , <i>Russula aurea</i> , 共计 7 种
二级保护 The second class conservation	25	<i>Amanita pallidorosea</i> , <i>Armillaria mellea</i> , <i>Armillaria tabescens</i> , <i>B. fraternus</i> , <i>B. ornatipes</i> , <i>Cantharellus minor</i> , <i>Chroogomphus roseolus</i> , <i>C. rutilus</i> , <i>Lactarius chrysorrheus</i> , <i>Lepiota kuehneriana</i> , <i>Morchella esculenta</i> , <i>Ramaria stricta</i> , <i>Russula cyanoxantha</i> , <i>R. delica</i> , <i>R. flavida</i> , <i>R. integra</i> , <i>R. rosacea</i> , <i>Stropharia rugosoannulata</i> f. <i>lutea</i> , <i>Suillus bovinus</i> , <i>Suillus granulatus</i> , <i>S. luteus</i> , <i>S. placidus</i> , <i>S. viscidus</i> , <i>Typhula subsclerotoides</i> , <i>Xerocomellus chrysenteron</i> , 共计 25 种
三级保护 The third class conservation	33	<i>Amanita castanopsidis</i> , <i>A. hemibapha</i> , <i>A. vaginata</i> , <i>Asterophora lycoperdoides</i> , <i>Boletus subtomentosus</i> , <i>Cantharellus lateritius</i> , <i>Craterellus cornucopioides</i> , <i>Entoloma cuspidiferum</i> , <i>Gyrodon lividus</i> , <i>Laccaria amethystea</i> , <i>L. laccata</i> , <i>L. tortilis</i> , <i>Lactarius flavidulus</i> , <i>L. fuliginosus</i> , <i>L. gerardii</i> , <i>L. hatsudake</i> , <i>L. hygrophoroides</i> , <i>L. piperatus</i> , <i>L. subzonarius</i> , <i>L. uvidus</i> , <i>L. vellereus</i> , <i>L. volemus</i> , <i>Lepiota squamulosa</i> , <i>Loreleia marchantiae</i> , <i>Russula densifolia</i> , <i>R. integra</i> , <i>R. mariae</i> , <i>R. nigricans</i> , <i>R. olivacea</i> , <i>R. rosacea</i> , <i>R. sanguinea</i> , <i>Strobilomyces confusus</i> , <i>S. strobilaceus</i> , 共计 33 种
暂缓保护 The delayed conservation	110	<i>Agaricus abruptibulbus</i> , <i>A. arvensis</i> , <i>A. augustus</i> , <i>A. campestris</i> , <i>A. comtulus</i> , <i>A. dulcidulus</i> , <i>A. silvaticus</i> , <i>A. silvicola</i> , <i>A. subrufescens</i> , <i>A. subrutilescens</i> , <i>Agrocybe farinacea</i> , <i>A. praecox</i> , <i>A. salicicicola</i> , <i>Amanita esculenta</i> , <i>A. fritillaria</i> , <i>Antrodia hingganensis</i> , <i>Artomyces pyxidatus</i> , <i>Auricularia auricular-judae</i> , <i>A. polytricha</i> , <i>Bankera fuligineoalba</i> , <i>Bovistella sinensis</i> , <i>Calvatia craniiformis</i> , <i>Ceriporia lacerata</i> , <i>Clavulina cinerea</i> , <i>C. coralloides</i> , <i>C. rugosa</i> , <i>Clavulinopsis fusiformis</i> , <i>Conocybe filaris</i> , <i>Coprinellus micaceus</i> , <i>C. radians</i> , <i>Coprinopsis cinerea</i> , <i>C. friesii</i> , <i>Coprinus comatus</i> , <i>Cordyceps militaris</i> , <i>C. pruinosa</i> , <i>Cortinarius purpurascens</i> , <i>C. sanguineus</i> , <i>Crepidotus mollis</i> , <i>C. sulphurinus</i> , <i>Entoloma coelestinus</i> , <i>E. rhodopolium</i> , <i>E. rusticoides</i> , <i>Flammulina velutipes</i> , <i>Ganoderma applanatum</i> , <i>Gerronema albidum</i> , <i>Grifola frondosa</i> , <i>Gymnopus androsaceus</i> , <i>G. confluens</i> , <i>G. dryophilus</i> , <i>G. erythropus</i> , <i>G. peronatus</i> , <i>G. castanea</i> , <i>Helvella atra</i> , <i>H. macropus</i> , <i>Hohenbuehelia reniformis</i> , <i>Hydropus floccipes</i> , <i>Irpex lacteus</i> , <i>Isaria farinosa</i> , <i>I. japonica</i> , <i>I. sinclairii</i> , <i>Laetiporus sulphureus</i> , <i>Lepiota brunneoincarnata</i> , <i>L. castanea</i> , <i>L. erminea</i> , <i>Lepista nuda</i> , <i>L. sordida</i> , <i>Leucoagaricus americanus</i> , <i>L. excoriatus</i> , <i>L. leucothites</i> , <i>Lycoperdon asperum</i> , <i>L. perlatum</i> , <i>Lyophyllum semitale</i> , <i>Macrolepiota procera</i> , <i>Marasmiellus ramealis</i> , <i>Megacollybia clitocyboidea</i> , <i>Melanoleuca cognata</i> , <i>M. grammopodia</i> , <i>M. melaleuca</i> , <i>M. stridula</i> , <i>Morchella esculenta</i> , <i>Mycena alcalina</i> , <i>M. corynephora</i> , <i>M. metata</i> , <i>M. pura</i> , <i>Naematoloma fasciculare</i> , <i>Panellus stipticus</i> , <i>Perenniporia fraxinea</i> , <i>Phellinus gilvus</i> , <i>Pholiota adiposa</i> , <i>Physisporinus xylostromatoides</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Pluteus leoninus</i> , <i>P. nanus</i> , <i>Postia gloeocystidiata</i> , <i>Pycnoporus sanguineus</i> , <i>Rhodocollybia butyracea</i> , <i>Rhodocybe popinalis</i> , <i>Russula amoena</i> , <i>R. senecis</i> , <i>R. violeipes</i> , <i>R. virescens</i> , <i>Schizophyllum commune</i> , <i>Stropharia aeruginosa</i> , <i>Trametes versicolor</i> , <i>Tremella fuciformis</i> , <i>Tricholomopsis rutilans</i> , <i>Volvariella gloiocephala</i> , <i>V. murinella</i> , <i>Xerula radicata</i> , 共计 110 种

6 结论

通过调查和查阅文献共发现野生食药真菌 182 种,隶属于 39 科,80 属,其中食用菌 123 种,占总种数的 28.28%,药用菌 90 种,占总种数的 20.69%,其中野生贸易真菌有 60 种,占总种数的 13.79%,占食药真菌总数的 32.97%。在其中选取 175 种具有代表性的野生大型真菌进行了濒危程度和优先保育评价。

根据其他生物类群优先保护评价的研究方法,结合大型真菌的生物学、生态学特性建立了山东省大型真菌物种优先保育评估体系,同时采用层次分析法(AHP)和咨询专家相结合的方法确定个评价层次的目标权重,最终获得了山东省大型真菌珍稀物种的濒危等级和优先保护级别评价标准($V_1 \geq 0.650$,濒危种; $0.650 \geq V_1 \geq 0.550$,脆危种; $0.550 \geq V_1 \geq 0.440$,敏感种; $0.440 \geq V_1$,安全种)。根据此标准确定对分布在该地区的 175 种山东省大型真菌物种濒危程度进行了评价,发现该地有濒危种 4 种,占该区大型真菌总种数的 0.92%;脆危种 34 种,占该区大型真菌总种数的 7.82%;敏感种 74 种,种该区大型真菌总数的 17.01%;安全种 63 种,占该区大型真菌总数的 14.48%。一级保护物种有 7 种,占该区总种数的 1.61%,二级保护物种有 25 种,占该区大型真菌总种数的 5.75%,三级保护物种有 33 种,占该区大型真菌物种总种数的 7.59%,暂缓保护物种有 110 种,占该区大型真菌总种数的 25.29%。

本研通过对山东省全省范围的大型真菌资源调查,掌握了山东省野生食药大型真菌物种多样性信息,制定一套较为完善大型真菌物种濒危等级和优先保护评价体系,对山东省大型真菌资源现存和面临的生态问题做了客观科学的评价,为今后山东大型真菌资源保护和合理利用提供科学依据。同时研究中发现由于山东省自然环境和人为的干扰,大型真菌资源分布比较分散,给大型真菌的资源调查和保护增加很大的难度。在今后的研究针对山东省野生食药大型真菌中濒危物种和优先保育物种,开展以就地保育和异地保育相结合的方法进行保护。

参考文献 (References):

- [1] Arnolds E. Status and classification of fungal communities // Barkman J, Sykora K V, eds. *Dependent Plant Communities* Netherlands. SPB Academic Publishing, 1988; 153-165.
- [2] Fellner R. Mycorrhiza-forming fungi as bioindicators of air pollution. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1989, 28(1-4): 115-120.
- [3] Cherfas J. Disappearing mushrooms: another mass extinction? *Science*, 1991, 254(5037): 1458-1458.
- [4] Arnolds E. Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1991, 35(2-3): 209-244.
- [5] Fellner R. Air pollution and mycorrhizal fungi in central Europe // Pegler D N, Boddy L, Ing B, Kirk P M, eds. *Fungi of Europe: Investigation, Recording and Conservation*. Kew: The Royal Botanic Gardens, 1993; 239-250.
- [6] Pegler D N, Boddy L, Ing B, Kirk P M. *Fungi of Europe: Investigation, Recording and Conservation*. Kew: The Royal Botanic Gardens, 1993, 322-322.
- [7] Arnolds E, Vries B. Conservation of fungi in Europe // Pegler D N, Boddy L, Ing B, Kirk P M, eds. *Fungi of Europe: Investigation, Recording and Conservation*. Kew: The Royal Botanic Gardens, 1993; 211-234.
- [8] Wu Q X, Mueller G M. Biogeographic relationships between the macrofungi of temperate eastern Asia and eastern North America. *Canadian Journal of Botany*, 1997, 75(12): 2108-2116.
- [9] Dahlberg A, Croneborg H. The 33 Threatened Fungi in Europe. *European Council for the Conservation of Fungi*, 2003; 1-14.
- [10] 图力古尔, 戴玉成. 长白山主要食药大型真菌多样性及其保育. *菌物研究*, 2004, 2(2): 26-30.
- [11] Mueller G M, Schmit J P. Fungal biodiversity: what do we know? What can we predict? *Biodiversity and Conservation*, 2007, 16(1): 1-5.
- [12] 范宇光, 图力古尔. 长白山自然保护区大型真菌物种优先保护的量化评价. *东北林业大学学报*, 2008, 36(11): 86-87, 91-91.
- [13] 图力古尔, 范宇光, 胡建伟. 长白山斑玉蕈的生物学特性及濒危机理. *东北林业大学学报*, 2010, 38(7): 100-102.
- [14] 魏玉莲. 长白山多孔菌物种多样性、区系组成及分布特征. *应用生态学报*, 2011, 22(10): 2711-2717.
- [15] 戴玉成. 长白山森林生态系统中的稀有和濒危多孔菌. *应用生态学报*, 2003, 14(6): 1015-1018.
- [16] 戴玉成, 崔宝凯, 袁海生, 魏玉莲. 中国濒危的多孔菌. *菌物学报*, 2010, 29(2): 164-171.
- [17] 图力古尔, Bulakh Y M, 庄剑云, 李玉. 乌苏里江流域的伞菌及其它大型担子菌. *菌物学报*, 2007, 26(3): 349-368.
- [18] 吴兴亮, 李泰辉, 宋斌. 广西花坪国家级自然保护区大型真菌资源及生态分布. *菌物学报*, 2009, 28(4): 528-534.
- [19] 张颖, 周德群, 周彤, 欧晓昆. 滇西北老君山的大型真菌分布及新记录种. *菌物学报*, 2012, 31(2): 196-212.
- [20] 戴玉成, 周丽伟, 杨祝良, 文华安, 图力古尔, 李泰辉. 中国食用菌名录. *菌物学报*, 2010, 29(1): 1-21.
- [21] 戴玉成, 杨祝良. 中国药用真菌名录及部分名称的修订. *菌物学报*, 2008, 27(6): 801-824.
- [22] 方元平, 刘胜祥, 汪正祥, 雷耘, 满金山. 七姊妹山自然保护区野生保护植物优先保护定量研究. *西北植物学报*, 2007, 27(2): 348-355.
- [23] 王兵, 崔向慧, 崔国发, 李迪强. 自然保护区建设工程关键技术研究. 北京: 科学出版社, 2005; 15-53.