

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201503008

魏滨, 闫淑珍, 陈双林. 鼎湖山自然保护区黏菌的物种组成和多样性[J]. 广西植物, 2016, 36(2):137-144

WEI B, YAN SZ, CHEN SL. Species composition and diversity of myxomycetes in Dinghu Mountain Nature Reserve[J]. *Guihaia*, 2016, 36(2):137-144

## 鼎湖山自然保护区黏菌的物种组成和多样性

魏 滨, 闫淑珍, 陈双林\*

(南京师范大学 生命科学学院, 南京 210023)

**摘 要:** 为了揭示鼎湖山自然保护区黏菌的物种组成及物种多样性在不同生境的异同, 该研究选择 6 个不同海拔高度的样地, 从中收集地面基物和树皮基物进行湿室培养, 通过物种鉴定和发生数量统计分析物种的组成和多样性。结果表明: 共计获得 6 目 8 科 18 属 49 种黏菌, 其中绒泡菌目(Physarales) 最多(17 种), 其次为团毛菌目 15 种、发网菌目(Stemonitales) 11 种、无丝菌目(Liceales) 4 种、鹅绒菌目(Ceratiomyxales) 和刺轴菌目(Echinosteliales) 分别各 1 种。主要优势种为灰团网菌(*Arcyria cinerea*) ( $RA = 27.03\%$ ) 和垫形双皮菌(*Diderma effusum*) ( $RA = 21.14\%$ )。随着海拔的升高, 黏菌物种多样性逐渐降低, Shannon-Wiener 多样性指数最低值出现在海拔 300 m 处, 为  $1.66 \pm 0.12$ ; 而其优势集中性指数最高, 为  $0.25 \pm 0.05$ 。两个样地的海拔高度相距越大, 共有的物种数越少, 相似性指数越低。雨季共获得黏菌 33 种, 旱季共获得黏菌 40 种, 共有种为 22 种, 相似性系数为 60.27%, 旱季基物上发生的黏菌 Shannon-Wiener 多样性指数显著高于雨季。地面基物上的黏菌物种数为 39 种, 高于树皮基物的 26 种, 且两者的 Shannon-Wiener 多样性指数具有显著性差异, 表明黏菌对地面基物的偏好性大于树皮基物。

**关键词:** 黏菌, 广东, 群落, 丰富度, 季节, 高度

中图分类号: Q948.15, Q938 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2016)02-0137-08

## Species composition and diversity of myxomycetes in Dinghu Mountain Nature Reserve

WEI Bin, YAN Shu-Zhen, CHEN Shuang-Lin\*

(College of Life Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

**Abstract:** In an effort to investigate the species composition and diversity of myxomycetes in different habitats of Dinghu Mountain Nature Reserve in Guangdong Province, six sample plots were selected along an elevation gradient. Barks and ground substances were collected from the sample plots and then incubated via moist chamber culture in laboratory. The species were identified and then counted the number of its occurrence. Major diversity indexes were compared to investigate species composition and diversity. Forty-nine species of myxomycetes were classified as 18 genera of 8 families belonging to 6 orders. Among them, Physarales was abundant, including 17 species, followed by 15 species of Trichiales, 11 species of Stemonitales, 4 species of Liceales, 1 species of Ceratiomyxales and 1 species of Echinosteliales. The species *Arcyria cinerea* and *Diderma effusum* were dominant with relative abundances of 27.03% and 21.14%, respectively. With increasing of elevation, species diversity of myxomycetes decreased. The elevation of 300 m was characterized by the lowest Shannon-Wiener diversity index ( $1.66 \pm 0.12$ ), but with the highest dominant concentration index ( $0.25 \pm 0.05$ ). With the increasing of the high difference of each two sites, the common species number and similarity in-

收稿日期: 2015-03-05 修回日期: 2015-04-23

基金项目: 国家自然科学基金(31170014, 31470143) [Supported by the National Natural Science Foundation of China(31170014, 31470143)].

作者简介: 魏滨(1989-), 男, 山东淄博人, 硕士, 从事黏菌物种多样性研究, (E-mail) hellowein@126.com。

\*通讯作者: 陈双林, 博士, 教授, 从事微生物多样性及其生物技术研究, (E-mail) chenshuanglin@njnu.edu.cn。

dex decreased. Thirty-three species of myxomycetes, classified as 13 genera of 7 families in 6 orders, were recorded in wet season, and forty species of myxomycetes, classified as 17 genera of 6 orders in 8 families, were recorded in dry season. Twenty-two species were the common species between two seasons, and the similarity index was 60.27%. The species diversity index were significantly higher in dry season than in wet season. The species diversity of myxomycetes were significantly higher in ground substances than in bark substances. This study indicated that myxomycetes preferred ground substances to barks substances.

**Key words:** myxomycetes, Guangdong, community, abundance, season, elevation

黏菌是一类特殊的真核生物,主要生活在温暖湿润的森林环境中的腐木、枯枝和落叶上,是森林生态系统中的重要分解者(Stephenson, 1988)。热带黏菌传统上是以资源调查和分类学研究为主(Farr, 1976; Eliasson, 1991),多样性则是近十余年来国际黏菌生态学的研究热点(Tran et al, 2006; Rojas et al, 2010; Rojas & Stephenson, 2012)。中国北回归线以南地区属于广义的热带,黏菌多样性的研究与国际情况相类似,此前仅有一些物种资源调查报告(Chung, 1997; Chen, 1999; 李玉等, 2002),而且全国范围内选择自然保护区或森林公园进行黏菌物种多样性的定点分析都十分有限(戴群等, 2013; Liu et al, 2013; 宋天鹏等, 2014)。鼎湖山位于北回归线以南,是我国建立的第一个自然保护区,也是我国首批加入国际“人与生物圈”计划的保护区之一,森林植被保存良好,湿润多雨,被称为“北回归线上的绿洲”(彭月等, 2007),具有适合黏菌生长的优良生境和条件。本文通过设置不同海拔样地调查研究其中的黏菌物种多样性,分析鼎湖山自然保护区黏菌的物种组成、丰富度、多样性指数及其与海拔、季节和基物等的关系,为进一步研究和评价黏菌在热带森林生态系统中的作用奠定基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究地概况

鼎湖山国家级自然保护区位于广东省肇庆市,地理坐标为 23°09'21"~23°11'30" N, 112°30'39"~112°33'41" E, 面积 1 155 km<sup>2</sup>。属南亚热带湿润季风气候,年均温度 20.9 °C, 年均降雨量 1 927 mm, 年均相对湿度 80.3%, 森林群落复杂多样,富含子遗植物和热带植物,主要植被类型有常绿阔叶林、针阔叶混交林、针叶林和灌丛(彭月等, 2007)。

### 1.2 调查方法

分别在海拔高度 50、110、170、220、260、300 m 选择相对平坦之处(高差不超过 2 m)建立样地,每

个样地面积为 20 m×20 m。在每个样地内分别随机取样,采集距地面 1.5 m 处活树上的韧皮部表层树皮作为树皮基物及对应的地面上的枯枝落叶凋落物作为地面基物,各 10 份,分别于 2013 年 7 月下旬(雨季)和 2013 年 10 月末(旱季)各采集一次,共收集 240 份基物样本。每一份基物样本的采样量至少保证铺满 3 个直径 9 cm 的培养皿,以避免培养时因样本面积不同而可能造成的误差。通过湿室培养(Moist Chamber Culture)获得黏菌子实体,将采集的样本放在铺有吸水纸的培养皿中,加无菌水浸泡 24 h,然后倾去多余的水,25 °C 光照培养箱内培养 40~60 d,每个样本重复 3 次,每日镜检观察黏菌子实体的产生与生长,至子实体成熟时打开皿盖,鉴定黏菌种类并统计每种黏菌子实体在各基物样本上的发生数量。黏菌的鉴定完全基于形态种的概念,按照 Neubert et al(1993, 1995, 2000)的分类系统,命名则根据 Herna'ndez-Crespo et al(2014)。

### 1.3 数据分析

黏菌的群落结构分析采用相对多度、物种多样性指数、物种均匀度指数、优势集中性指数和相似性系数等进行表征,利用 DPS 软件计算。本文将相对多度(relative abundance,  $RA$ )定义为通过培养获得的某种黏菌的子实体数量占所获全部黏菌子实体数量的百分率;物种多样性指数( $H'$ )采用 Shannon-Wiener 公式(马克平等, 1994):  $H' = -\sum (P_i) (\ln P_i)$ , 式中  $P_i$  为物种  $i$  在整个群落中所占的比例;物种均匀度指数( $J$ )采用 Pielou 公式(马克平等, 1994):  $J = H'/H'_{\max}$ , 式中  $H'$  为实际观察的物种多样性指数,  $H'_{\max}$  为最大的物种多样性指数,  $H'_{\max} = \ln S$  ( $S$  为群落中的总物种数);优势集中性指数( $D$ )采用 Simpson 公式(马克平等, 1994):  $D = \sum P_i^2$ , 式中  $P_i^2 = n_i(n_i - 1)/N(N - 1)$ ,  $n_i$  为第  $i$  个优势种在群落中的重要值,  $N$  为群落的总重要值;相似性系数( $C_s$ )采用 Sorenson 公式(马克平等, 1995):  $C_s = 2j/(a+b)$ , 式中  $a$  为 A 地的物种数,  $b$  为 B 地的物种数,  $j$  为两地共有种数。

## 2 结果与分析

### 2.1 鼎湖山自然保护区黏菌的物种组成特征

通过培养与鉴定,从鼎湖山自然保护区共获得 6 目 8 科 18 属 49 种黏菌(表 1),其中绒泡菌目最多,为 17 种,其次为团毛菌目 15 种、发网菌目 11 种,无丝菌目有 4 种,鹅绒菌目和刺轴菌目各 1 种。相对多度大于 10% 的有灰团网菌(*Arcyria cinera*) ( $RA=27.03\%$ ) 和垫形双皮菌(*Diderma effusum*) ( $RA=21.14\%$ ); 相对多度在 3%~10% 的有混淆筛菌 *Cribraria confusa* ( $RA=6.80\%$ )、鳞钙皮菌 *Didymium squamulosum* ( $RA=6.21\%$ )、小筛菌 *Cribraria microcarpa* ( $RA=5.86\%$ ) 和碎皮菌 *Clastoderma debaryanum* ( $RA=5.22\%$ ); 相对多度在 1%~3% 的有扁盖碗菌 *Perichaena depressa* ( $RA=2.71\%$ )、栗褐团毛菌 *Trichia botrytis* ( $RA=2.28\%$ ) 和紫筛菌 *Cribraria violacea* ( $RA=1.75\%$ ) 等 9 种; 其他 34 种的相对多度在 1% 以下。金孢盖碗菌(*Perichaena chryso sperma*)、薄双皮菌(*Diderma platycarpum*) 和闪光皮菌(*Lamproderma scintillans*) 等 40 种为广东省首次记录。

### 2.2 鼎湖山自然保护区黏菌的多样性分布特点

**2.2.1 不同高度的黏菌多样性** 黏菌的物种丰富度、Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数和 Simpson 优势度集中性指数随着样地高度的变化而不同(表 2)。其中海拔高度最低的样地 1(50 m) 最多的物种数和较高的多样性指数( $H'=2.16$ ), 而且物种分布较为均匀( $J=0.65$ ), 与其他五个样地差异性显著, 群落中物种的优势集中性较低( $D=0.19$ ), 海拔高度最高的样地 6(330 m) 物种数最少(14)、多样性指数最低( $H'=1.66$ ), 与样地 1 差异显著, 因此群落中物种的优势集中性较高( $D=0.25$ )。

在位于不同海拔高度的样地中,黏菌物种数量不同,物种组成也有差异(表 2)。随着两个样地海拔高度相距越大,共有的物种数越少,相似性指数越低。样地 3 与样地 4 共有的黏菌物种数最多(为 13 种),相似性指数最高( $C_s=0.63$ )。不同高度样地的共有种数和相似性系数普遍不高,说明鼎湖山自然保护区随着海拔高度不同,物种组成有较大差异,整体的多样性( $H'=2.60\pm 0.08$ ) 和丰富度更高。

#### 2.2.2 地面基物和树皮基物上发生的黏菌多样性

地面基物上发生的黏菌为 5 目 7 科 15 属 39

种,相对多度为 59.61%(表 4),其中曲线盖碗菌(*Perichaena vermicularis*)、半圆双皮菌(*Diderma hemisphaericum*) 和闪光皮菌(*Lamproderma scintillans*) 等 23 种黏菌仅在地面基物上获得(表 1); 树皮基物上发生的黏菌为 6 目 7 科 14 属 26 种,相对多度为 40.57%(表 4),其中,黑发网菌(*Stemonitis nigrescens*)、黄柄钙皮菌(*Didymium iridis*) 和弧线颈环菌(*Collaria arcyronema*) 等 10 种黏菌仅在树皮基物上获得(表 1)。

地面基物发生的黏菌物种的组成和丰富度不仅高于树皮基物,而且 Shannon-Wiener 物种多样指数( $H'=2.25$ ) 也高于树皮基物( $H'=2.12$ ), 存在显著性差异( $t=3.71, df=10, P<0.05$ )。地面基物和树皮基物共有的黏菌物种为 16 种,分别占地面基物上发生的黏菌物种数的 41.03% 和树皮基物上发生的黏菌物种数的 61.54%, 组成相似度为 49.23%(表 4)。地面基物上发生的黏菌群落的均匀度( $J=0.69$ ) 略高于树皮基物( $J=0.64$ ), 但地面基物上发生的黏菌群落的优势集中性( $D=0.14$ ) 略低于树皮基物( $J=0.19$ )。

**2.2.3 雨季基物和旱季基物上的黏菌多样性** 从雨季采集的基物上经湿室培养获得黏菌 33 种,相对多度为 42.99%, 从旱季采集的基物上经湿室培养获得黏菌 40 种,相对多度为 57.01%, 表明雨季采集的基物上发生的黏菌物种的丰富度低于雨季采集的基物(表 5)。在物种组成上,雨季采集的基物上发生的黏菌为 6 目 7 科 13 属 33 种黏菌,其中,鹅绒菌目 1 种、刺轴菌目 1 种、无丝菌目 3 种、团毛菌目 13 种、绒泡菌目 11 种、发网菌目 4 种; 旱季采集的基物上发生的黏菌为 6 目 8 科 17 属 40 种,其中鹅绒菌目 1 种、刺轴菌目 1 种、无丝菌目 4 种、团毛菌目 10 种、绒泡菌目 15 种、发网菌目 9 种。

雨季采集的基物和旱季采集的基物上发生的黏菌共有物种为 22 种,分别占雨季采集的基物上发生的黏菌物种数的 66.67% 和旱季采集的基物上发生的黏菌物种数的 55.0%, 组成相似度为 60.27%(表 5)。雨季采集的基物上发生的黏菌物种多样性指数( $H'$ ) 为 2.38, 旱季采集的基物上发生的黏菌物种多样性指数( $H'$ ) 为 2.51, 且差异显著( $t=4.03, df=10, P<0.05$ ) (表 5)。雨季采集的基物上发生的黏菌群落的均匀度与旱季采集的基物相同( $J=0.69$ ), 但旱季采集的基物上发生的黏菌群落的优势集中性( $D=0.15$ ) 略高于雨季采集的基物( $D=0.13$ ) (表 5)。

表 1 鼎湖山自然保护区黏菌的物种组成

Table 1 Species composition of myxomycetes in Dinghu Mountain Nature Reserve

目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species	物种的相对多度 Relative abundance of species (%)		
				地面基物 Ground substance	树皮基物 Barks substance	合计 Total
鹅绒菌目 Ceratiomyxales	鹅绒菌科 Ceratiomyxaceae	鹅绒菌属 <i>Ceratiomyxa</i>	鹅绒菌 <i>C. fruticulosa</i>	0.00	0.09	0.09
刺轴菌目 Echinosteliales	刺轴菌科 Echinosteliaceae	刺轴菌属 <i>Clastoderma</i>	碎皮菌 <i>C. debaryanum</i>	0.14	5.08	5.22
无丝菌目 Liceales	筛菌科 Cribrariaceae	筛菌属 <i>Cribraria</i>	混淆筛菌* <i>C. confusa</i>	0.38	6.42	6.80
			小筛菌* <i>C. microcarpa</i>	0.83	5.03	5.86
			紫筛菌* <i>C. violacea</i>	1.75	0.00	1.75
	孔膜菌科 Reticulariaceae	粉瘤菌属 <i>Lycogala</i>	粉瘤菌* <i>L. epidendrum</i>	0.69	0.00	0.69
团毛菌目 Trichiales	团毛菌科 Trichiaceae	团网菌属 <i>Arcyria</i>	灰团网菌 <i>A. cinerea</i>	12.75	14.27	27.03
			暗红团网菌 <i>A. denudata</i>	0.79	0.08	0.87
			球圆团网菌* <i>A. globosa</i>	0.00	0.18	0.18
			螺旋团网菌* <i>A. leiocarpa</i>	0.00	0.42	0.42
			大团网菌 <i>A. major</i>	0.00	0.22	0.22
			果形团网菌* <i>A. pomiformis</i>	0.09	0.22	0.31
		半网菌属 <i>Hemitrichia</i>	细柄半网菌 <i>H. calyculata</i>	0.00	0.22	0.22
			棒形半网菌* <i>H. clavata</i>	0.22	0.00	0.22
			蛇形半网菌 <i>H. serpula</i>	0.16	0.30	0.46
		盖碗菌属 <i>Perichaena</i>	金孢盖碗菌* <i>P. chrysosperma</i>	0.60	0.15	0.75
			扁盖碗菌* <i>P. depressa</i>	1.99	0.72	2.71
			曲线盖碗菌* <i>P. vermicularis</i>	0.33	0.00	0.33
			小盖碗菌* <i>P. minor</i>	0.03	0.00	0.03
		团毛菌属 <i>Trichia</i>	栗褐团毛菌* <i>T. botrytis</i>	0.23	2.05	2.28
			环壁团毛菌* <i>T. varia</i>	0.04	0.00	0.04
绒泡菌目 Physarales	绒泡菌科 Physaraceae	高杯菌属 <i>Craterium</i>	高杯菌* <i>C. minutum</i>	0.23	0.00	0.23
		绒泡菌属 <i>Physarum</i>	灰绒泡菌* <i>P. cinereum</i>	1.60	0.00	1.60
			扁绒泡菌* <i>P. compressum</i>	1.83	0.61	2.44
			全白绒泡菌* <i>P. globuliferum</i>	0.66	0.00	0.66
			白柄绒泡菌* <i>P. leucopus</i>	2.07	0.08	2.16
			淡黄绒泡菌* <i>P. melleum</i>	1.60	0.00	1.60
			绿绒泡菌* <i>P. viride</i>	0.01	0.00	0.01
	钙皮菌科 Didymiaceae	白柄菌属 <i>Diachea</i>	球囊白柄菌* <i>D. bulbilosa</i>	0.26	0.00	0.26
			白柄菌* <i>D. leucopodia</i>	0.05	0.00	0.05



续表1

目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species	物种的相对多度 Relative abundance of species (%)		
				地面基物 Ground substance	树皮基物 Barks substance	合计 Total
		双皮菌属 <i>Diderma</i>	高山双皮菌 * <i>D. alpinum</i> 垫形双皮菌 * <i>D. effusum</i> 半圆双皮菌 * <i>D. hemisphaericum</i> 薄双皮菌 * <i>D. platycarpum</i>	0.91 20.15 1.15 0.08	0.00 0.99 0.00 0.72	0.91 21.14 1.15 0.80
		钙皮菌属 <i>Didymium</i>	黄柄钙皮菌 * <i>D. iridis</i> 暗孢钙皮菌 * <i>D. melanospermum</i> 黑柄钙皮菌 * <i>D. nigripes</i> 鳞钙皮菌 * <i>D. squamulosum</i>	0.00 0.08 0.04 5.12	0.15 0.00 0.00 1.08	0.15 0.08 0.04 6.21
发网菌目 Stemonitales	发网菌科 Stemonitaceae	颈环菌属 <i>Collaria</i> 发菌属 <i>Comatricha</i>	弧线颈环菌 <i>C. arcyrionema</i> 松发菌 * <i>C. laxa</i> 黑发菌 * <i>C. nigra</i> 美发菌 * <i>C. pulchella</i>	0.00 0.03 0.00 0.05	0.60 0.00 0.34 0.00	0.60 0.03 0.34 0.05
		亮皮菌属 <i>Lamproderma</i> 发丝菌属 <i>Stemonaria</i> 发网菌属 <i>Stemonitis</i>	闪光亮皮菌 * <i>L. scintillans</i> 半网发丝菌 * <i>S. irregularis</i> 锈发网菌 * <i>S. axifera</i> 褐发网菌 * <i>S. fusa</i> 草生发网菌 * <i>S. herbatica</i> 黑发网菌 * <i>S. nigrescens</i> 美发网菌 <i>S. splendens</i>	1.83 0.00 0.14 0.14 0.24 0.18 0.00 0.28	0.00 0.14 0.00 0.00 0.03 0.38 0.00	1.83 0.14 0.14 0.24 0.03 0.38 0.28
合计				59.61	40.57	100

注：种名标“\*”者表示该种是首次从广东省发现。

Note: The species marked with an asterisk were firstly recorded in Guangdong.

### 3 讨论与结论

鼎湖山自然保护区作为“北回归线上的绿洲”是进行生物多样性研究的南亚热带季风常绿阔叶林代表的重要基地。但此前却鲜有对鼎湖山黏菌多样性的研究, Ing(1987)首先报道了从这里发现的黏菌, 仅1种, 裸露无丝菌(*Licea denudescens*); 闫淑珍等(2012)研究了中国科学院微生物研究所真菌标本馆保藏的来自鼎湖山的黏菌标本后增加报道了16种。本研究共获得49种黏菌, 总的 Shannon-Wiener 物种多样性指数为2.60, 表明鼎湖山自然保

护区蕴藏着丰富的黏菌多样性。

在不同地点的热带森林生态系统中, 黏菌的物种数量差异较大。Stephenson et al(1999)报道从波多黎各 Luquillo 实验林场获得黏菌24种; Rojas et al(2008)报道从哥斯达黎加科科斯岛共采集了241份黏菌标本, 获得了41种黏菌, 物种多样性指数( $H'$ )为1.31; Ko et al(2010)报道在泰国清迈进行5个样地的研究, 从240个基物上培养获得30种黏菌, Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ )介于2.05~2.61之间; 宋天鹏和陈双林(2014)从我国云南黄连山自然保护区的240份基物样本中获得47种黏菌。本研究获得了49种黏菌, 在物种数量上高于前述研

表 2 鼎湖山自然保护区不同海拔高度下黏菌的多样性指数

Table 2 Diversity indices of myxomycetes in different elevations of Dinghu Mountain Nature Reserve

样地(海拔) Plot (Elevation)	种数 No. of species	多样性指数 Shannon- Wiener index ( <i>H'</i> )	均匀度 系数 Pielou index ( <i>J</i> )	优势集中性 指数 Simpson index ( <i>D</i> )
样地 1 Plot 1 (50 m)	28	2.16± 0.15a	0.65± 0.05b	0.19± 0.06b
样地 2 Plot 2 (110 m)	19	1.95± 0.12ab	0.66± 0.02a	0.21± 0.04ab
样地 3 Plot 3 (170 m)	20	2.09± 0.11ab	0.70± 0.06a	0.20± 0.06b
样地 4 Plot 4 (220 m)	21	2.18± 0.12c	0.71± 0.04a	0.21± 0.03a
样地 5 Plot 5 (260 m)	16	1.91± 0.08c	0.60± 0.04a	0.21± 0.03ab
样地 6 Plot 6 (300 m)	14	1.66± 0.12bc	0.73± 0.05a	0.25± 0.05b

注: 用 S-N-K 检验法进行差异显著性分析。同列标有不同小写字母者表示差异显著( $P<0.05$ )。下同。

Note: Using S-N-K test for difference significance analysis. Values in the same column followed by different letters are significantly different ( $P<0.05$ ). The same below.

表 3 鼎湖山自然保护区不同海拔高度下黏菌组成的相似性

Table 3 Similarity of myxomycete species composition in different elevations of Dinghu Mountain Nature Reserve

	样地 1 Plot 1	样地 2 Plot 2	样地 3 Plot 3	样地 4 Plot 4	样地 5 Plot 5	样地 6 Plot 6
样地 1 Plot 1	**	0.47	0.50	0.53	0.36	0.33
样地 2 Plot 2	11	**	0.51	0.55	0.46	0.42
样地 3 Plot 3	12	10	**	0.63	0.56	0.53
样地 4 Plot 4	13	11	13	**	0.54	0.34
样地 5 Plot 5	8	8	10	10	**	0.6
样地 6 Plot 6	7	7	9	6	9	**

究报道,且物种组成也不同。Schnittler & Stephenson (2002) 报道从厄瓜多尔 Maquipucuna Cloud 保护区获得黏菌 77 种;Lado et al(2003) 从墨西哥的两个热带森林的 857 份基物上获得 99 种;Rojas & Stephenson(2012) 从亚马逊西南部森林的六个样地 324 份基物中经湿室培养室获得 60 种黏菌。本文在对鼎湖山保护区黏菌多样性的研究中所获得的黏菌物种数量又不及这些研究,今后如将研究范围拓展至整个鼎湖山自然保护区,将深化对鼎湖山黏菌多样性的认识,因为多样的微环境无疑会展现出更加丰富的黏菌物种多样性。

在本研究中,随着海拔高度的增加,Shannon-Wiener 多样性指数基本呈现递减的趋势(表 2)。在热带地区, Stephenson et al(2004a)曾发现和讨论过

表 4 鼎湖山自然保护区地面基物和树皮基物上发生的黏菌类群数量和多样性指数

Table 4 Taxon numbers and diversity indices of myxomycetes on ground substance and bark substance of Dinghu Mountain Nature Reserve

项目 Item	地面基物 Ground substance			树皮基物 Bark substance		
	科数 Family No.	属数 Genus No.	种数 Species No.	科数 Family No.	属数 Genus No.	种数 Species No.
鹅绒菌目 Ceratiomyxales	0	0	0	1	1	1
刺轴菌目 Echinosteliales	1	1	1	1	1	1
无丝菌目 Liceales	2	2	4	1	1	2
团毛菌目 Trichiales	1	4	11	1	4	11
绒泡菌目 Physarales	2	5	16	2	3	6
发网菌目 Stemonitales	1	3	7	1	4	5
合计 Total	7	15	39	7	14	26
相对多度(%) Relative abundance	59.61			40.57		
多样性指数 Shannon-Wiener index ( <i>H'</i> )	2.55±0.07a			2.12±0.10b		
均匀度指数 Pielou index ( <i>J</i> )	0.69±0.02a			0.64±0.03a		
优势集中性指数 Simpson index ( <i>D</i> )	0.14±0.01a			0.19±0.02a		
相似性系数 Sorenson index ( <i>C<sub>s</sub></i> )	49.23%					

这个现象,认为黏菌孢子主要借助气流作为媒介传播和分散,随着海拔的升高,风力增大,黏菌孢子不易附着于生长基物上,因而多样性下降。Schnittler et al(2006) 发现微风就可使一个黏菌孢子被吹落到超过 1 km 远的地方。Stephenson et al(2004a, b) 在热带地区研究样地的最低高度为 600 m,而本研究海拔的最高高度为 300 m,这说明在低海拔的热带地区,同样存在黏菌物种多样性随着海拔升高而递减的规律。而样地 3 至样地 5 并没有出现显著下降的趋势,则可理解为样地微环境中的气流不利于孢子远距离传播所致。6 个样地之间黏菌物种组成的相似性普遍较低(表 2),样地 1 与样地 6 的相似性系数最低,仅为 0.33,最高的相似性出现在样地 3 和样地 4 之间,为 0.63,说明风力是导致鼎湖山自然保护区低地与山顶物种多样性存在差异的可能原因,并且微环境的气流对黏菌的物种多样性影响较大。

Stephenson et al(2004a) 发现在热带地区不同的基物类型会形成不同的黏菌群落; Schnittler et al

表 5 鼎湖山自然保护区雨季和旱季基物上发生的黏菌类群数量和多样性指数

Table 5 Taxon numbers and diversity indices of myxomycetes on substance collected in wet season and dry season of Dinghu Mountain Nature Reserve

项目 Item	雨季 Wet season			旱季 Dry season		
	科数 Family No.	属数 Genus No.	种数 Species No.	科数 Family No.	属数 Genus No.	种数 Species No.
鹅绒菌目 Ceratiomyxales	1	1	1	1	1	1
刺轴菌目 Echinosteliales	1	1	1	1	1	1
无丝菌目 Liceales	1	1	3	2	2	4
团毛菌目 Trichiales	1	4	13	1	4	10
绒泡菌目 Physarales	2	3	11	2	5	15
发网菌目 Stemonitales	1	3	4	1	4	9
合计 Total	7	13	33	8	17	40
相对多度 (%) Relative abundance	42.99			57.01		
多样性指数 Shannon-Wiener index ( $H'$ )	2.38±0.07a			2.51±0.07b		
均匀度指数 Pielou index ( $J$ )	0.69±0.04a			0.69±0.03a		
优势集中性指数 Simpson index ( $D$ )	0.13±0.04a			0.15±0.02a		
相似性系数 Sorenson index ( $C_s$ )				60.27%		

(2000)研究了哥斯达黎加 4 种林地中的黏菌物种多样性,认为地面基物产生黏菌的物种多样性要高于树皮基物;Rojas et al(2008)的研究表明地面基物中的枯死树枝上产生的黏菌子实体最多( $t=1.96$ ,  $df=136$ ,  $P<0.05$ )。在本研究中(表 4),地面基物的黏菌物种多样性( $H'=2.25$ ,  $RA=59.61\%$ )高于树皮基物( $H'=2.12$ ,  $RA=40.57\%$ ),且差异显著( $t=3.71$ ,  $df=10$ ,  $P<0.05$ )。6 个样地中,除海拔较高的第 6 个样地外,其余 5 个海拔较低的样地中的地面基物的黏菌物种数均多于树皮基物。国内外研究结果所反映的一致趋势说明,地面基物由于可保持高于地面基物的湿度,且含有更丰富的营养,因而有利于黏菌的生长发育,从而具有较高的多样性。

本研究从旱季收集的基物上经湿室培养产生的黏菌物种数与物种多样性指数均显著高于从雨季收集的基物。这一结果与 Rojas et al(2012)等的研究结果一致,而与 Tran et al(2006)等的研究结果不同。Tran et al(2006)等的研究是从野外直接采集黏

菌的子实体标本,由于雨季的湿度和温度一般要高于旱季,而温暖湿润的气候条件适合黏菌的生长,因此雨季的野外有着多于旱季的黏菌子实体,但在基物中存在的未萌发的孢子却要少于旱季。本研究 and Rojas et al(2012)等采取的方法相同,从野外收集基物,于实验室内通过湿室培养诱导产生黏菌的子实体,由于旱季收集的基物中保有多于雨季收集的基物的休眠状态的黏菌孢子数量,因此在实验室湿室培养中,就表现为旱季采集的基物上发生的黏菌的物种多样性高于雨季采集的基物。

鼎湖山自然保护区的森林生态系统具有显著的区域代表性,有重要的科研价值。黏菌是森林生态系统中一类重要和特殊的分解者(Stephenson, 1988),今后将对鼎湖山自然保护区黏菌物种多样性的时空变化进行更深入的研究,为探索黏菌的生态作用奠定基础。

**致谢** 感谢本实验室博士研究生何刚和硕士研究生郭明权帮助收集黏菌培养基物样本。

## 参考文献:

- CHEN SL, 1999. Fung flora of tropical Guangxi, China: A survey of myxomycetes from southwestern Guangxi [J]. *Mycotaxon*, 72: 393-401.
- CHUNG CH, 1997. Slime moulds of Hong Kong [M]. Taipei: Yi Hsien Publishing Company Limited: 1-25.
- DAI Q, YAN SZ, YAO HQ, et al, 2013. Myxomycete diversity in hilly forests of East China [J]. *Biodivers Sci*, 21(4): 507-513. [戴群, 闫淑珍, 姚慧琴, 等, 2013. 华东丘陵林地黏菌的物种多样性 [J]. *生物多样性*, 21(4): 507-513.]
- ELIASSON U, 1991. The myxomycete biota of the Hawaiian Island [J]. *Mycol Res*, 95(3): 257-267.
- FARR ML, 1976. Flora Neotropica Monograph, 16. Myxomycetes [M]. New York: The New York Botanical Garden: 1-305.
- HERNA'NDEZ-CRESPO J, LADO C, 2014. An on-line nomenclatural information system of Eumycetozoa [EB/OL]. <http://www.nomen.eumycetozoa.com>.
- ING B, 1987. Myxomycetes from Hong Kong and Southern China [J]. *Mycotaxon*, 30: 199-201.
- KO TWK, STEPHENSON SL, HYDE KD, et al, 2010. Patterns of occurrence of myxomycetes on lianas [J]. *Fung Ecol*, 3(4): 302-310.
- LADO C, ESTRADA-TORRES A, STEPHENSON SL, et al, 2003. Biodiversity assessment of myxomycetes from two tropical forest reserves in Mexico [J]. *Fung Divers*, 12(1): 67-110.
- LI Y, TOLGOR, LIN W, et al, 2002. Notes on tropical myxomycetes from Hainan [J]. *J Jilin Agric Univ*, 24(2): 15-17. [李玉, 图力古尔, 林伟, 等, 2002. 海南热带粘菌资源 I [J]. *吉林农业大学学报*, 24(2): 15-17.]
- MA KP, LIU YM, 1994. Measurement of biotic community diversity. I.  $\alpha$  diversity [J]. *Biodivers Sci*, 2(4): 231-239. [马克平, 刘玉明, 1994. 生物多样性的测度方法. I.  $\alpha$  多样性的

- 测度方法 [J]. 生物多样性, 2(4): 231-239.]
- MA KP, LIU CR, LIU YM, 1995. Measurement of biotic community diversity. II.  $\beta$  diversity [J]. Biodivers Sci, 3(1): 38-43. [马克平, 刘灿然, 刘玉明, 1995. 生物多样性的测度方法. II.  $\beta$  多样性的测度方法 [J]. 生物多样性, 3(1): 38-43.]
- NEUBERT H, NOWOTNY W, BAUMANN K, 1993. Die Myxomyceten Deutschlands und des angrenzenden Alpenraumes unter besonderer Beruecksichtigung Oesterreichs. Bd. 1 [M]. Gomarigen; Karlheinz Baumann Verlag: 1-343.
- NEUBERT H, NOWOTNY W, BAUMANN K, 1995. Die Myxomyceten Deutschlands und des angrenzenden Alpenraumes unter besonderer Beruecksichtigung Oesterreichs. Bd. 2 [M]. Gomarigen; Karlheinz Baumann Verlag: 1-368.
- NEUBERT H, NOWOTNY W, BAUMANN K, 2000. Die Myxomyceten Deutschlands und des angrenzenden Alpenraumes unter besonderer Beruecksichtigung Oesterreichs. Bd. 3 [M]. Gomarigen; Karlheinz Baumann Verlag: 1-391.
- PENG Y, WEI H, ZHU W, et al, 2007. The application of the Markov model on the dynamic change of landscape pattern in Dinghu Mountain Biosphere Reserve Area [J]. Guihaia, 27(2): 186-190. [彭月, 魏虹, 朱韦, 等, 2007. 广东鼎湖山自然保护区森林景观的动态模拟研究 [J]. 广西植物, 27(2): 186-190.]
- LIU QS, YAN SZ, DAI JY, et al, 2013. Species diversity of corticolous myxomycetes in Tianmu Mountain National Nature Reserve, China [J]. Cana J Microbiol, 59(12): 803-813.
- ROJAS C, STEPHENSON SL, 2008. Myxomycete ecology along an elevation gradient on Cocos Island, Costa Rica [J]. Fung Divers, 29: 117-127.
- ROJAS C, STEPHENSON SL, 2012. A biogeographical evaluation of high-elevation myxomycete assemblages in the northern Neotropics [J]. Fung Ecol, 5(2): 99-113.
- ROJAS C, VALVERDE R, STEPHENSON SL, et al, 2010. Ecological patterns of Costa Rican myxomycetes [J]. Fung Ecol, 3(3): 139-147.
- SCHNITTNER M, LADO C, STEPHENSON SL, 2002. Rapid biodiversity assessment of a tropical myxomycete assemblage - Maquipucuna Cloud Forest Reserve, Ecuador [J]. Fung Divers, 9: 135-167.
- SCHNITTNER M, STEPHENSON SL, 2000. Myxomycete biodiversity in four different forest types in Costa Rica [J]. Mycologia, 92(4): 626-637.
- SCHNITTNER M, UNTERSEHER M, TESMER J, 2006. Species richness and ecological characterization of myxomycetes and myxomycete-like organisms in the canopy of a temperate deciduous forest [J]. Mycologia, 98(2): 223-232.
- SONG TP, CHEN SL, 2014. Species diversity of myxomycetes in Huanglian Mountain National Nature Reserve of Yunan Province, China [J]. J Ecol Rural Environ, 30(4): 458-463. [宋天鹏, 陈双林, 2014. 黄连山自然保护区黏菌的物种多样性 [J]. 生态与农村环境学报, 30(4): 458-463.]
- STEPHENSON SL, 1988. Distribution and ecology of Myxomycetes in temperate forests. I. Patterns of occurrence in the upland forests of southwestern Virginia [J]. CAN J Bot, 66(11): 2187-2207.
- STEPHENSON SL, LANDOLT J, MOORE D, 1999. Protostelids, dictyostelids and myxomycetes in the litter microhabitat of the luquillo experimental forest, Puerto Rico [J]. Mycol Res, 103(2): 209-214.
- STEPHENSON SL, SCHNITTNER M, LADO C, 2004a. Ecological characterization of a tropical myxomycete assemblage - Maquipucuna Cloud Forest Reserve, Ecuador [J]. Mycologia, 96(3): 488-497.
- STEPHENSON SL, SCHNITTNER M, LADO C, et al, 2004b. Studies of neotropical mycetozoans [J]. Syst Geogr Plants, 74: 87-108.
- TRAN HTM, STEPHENSON SL, HYDE KD, et al, 2006. Distribution and occurrence of myxomycetes in tropical forests of northern Thailand [J]. Fung Divers, 22(1): 227-242.
- YAN SZ, LIU QS, LI Y, et al, 2012. Known species of myxomycetes from tropical China [J]. J Fung Res, 10(3): 158-172. [闫淑珍, 刘歧莎, 李玉, 等, 2012. 中国热带黏菌的已知种类 [J]. 菌物研究, 10(3): 158-172.]

( 上接第 215 页 Continue from page 215 )

- 素锦, 2010. 低温胁迫对 5 种柞柳抗寒性生理指标的影响 [J]. 中南林业科技大学学报, 30(8): 78-81.]
- WU GX, TANG XL, YANG DG, et al, 2008. Research progress on physiology of plant cold hardiness [J]. Crops, 24(3): 17-19. [吴广霞, 唐献龙, 杨德光, 等, 2008. 植物低温胁迫生理研究进展 [J]. 作物杂志, 24(3): 17-19.]
- XU WJ, YUAN T, YANG YG, et al, 2013. The physiological response to low temperature stress of six palme plants in nanchang [J]. Acta Agric Univ Jiangxi, 35(6): 1212-1216. [徐维杰, 袁婷, 杨寅桂, 等, 2013. 南昌市 6 种棕榈科植物低温胁迫的生理响应 [J]. 江西农业大学学报, 35(6): 1212-1216.]
- ZENG XM, YUAN L, SHEN YG, 2002. Response of photosynthesis to light intensity in intact and detached leaves of *Arabidopsis thaliana* [J]. Plant Physiol Comm, 38(1): 25-26. [曾小美, 袁琳, 沈允钢, 2002. 拟南芥连体和离体叶片光合作用的光响应 [J]. 植物生理学通讯, 38(1): 25-26.]
- ZHANG MR, YANG YM, CHENG YX, et al, 2014. Generation of reactive oxygen species and their functions and deleterious effects in plants [J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 34(9): 1916-1926. [张梦如, 杨玉梅, 成蕴秀, 等, 2014. 植物活性氧的产生及其作用和危害 [J]. 西北植物学报, 34(9): 1916-1926.]
- ZHANG Y, YANG YX, JIA YH, et al, 2011. Using leaf sections to identify different salt tolerance potential of poplar plants [J]. Acta Bot Sin, 46(3): 302-310. [张颖, 杨迎霞, 郑艳红, 等, 2011. 利用离体叶片鉴定杨树耐盐潜力 [J]. 植物学报, 46(3): 302-310.]
- ZHOU XY, RAO JM, YE WQ, et al, 2010. Effects of low temperature on citrus leaves fluorescence parameters [J]. Zhejiang Citrus, 27(3): 9-11. [周晓音, 饶建民, 叶伟其, 等, 2010. 低温对柑橘叶片荧光参数的影响 [J]. 浙江柑橘, 27(3): 9-11.]
- ZHU HT, ZHOU X, WU LJ, et al, 2012. An study on *Citrus* frozen injury in Zhenjiang city [J]. J Jiangsu Agric Sci, 40(2): 274-277. [朱海涛, 周勋, 巫丽君, 等, 2012. 镇江市柑橘冻害研究 [J]. 江苏农业科学, 40(2): 274-277.]