

万佛山国家森林公园昆虫病原真菌的物种多样性

陈名君¹, 陈文艳¹, 刘玉军², 侯因嵩¹, 林 俨¹

(1. 安徽农业大学微生物防治省重点实验室, 合肥 230036; 2. 安徽省科学技术研究院, 合肥 230031)

摘 要:为弄清安徽省万佛山国家森林公园昆虫病原真菌物种多样性, 分别于2007年7月、2008年8月和2017年6月对万佛山国家森林公园自然罹病昆虫标本进行了调查研究。共采集标本312份, 分离得到昆虫病原真菌248个菌株, 经鉴定隶属于6科10属23种。其中棒束孢属 *Isaria* 为优势属, 共分离出6种170株, 菌株相对多度为68.55%, 优势种群为细脚棒束孢 *Isaria tenuipes*、球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* 和斜链棒束孢 *I. cateniobliquus*。由此表明, 万佛山国家森林公园不同年份夏季昆虫病原真菌物种丰富, 多样性指数较高, 7月份和8月份采集的昆虫病原真菌菌株多于6月份, 但6月份采集的昆虫病原真菌多样性指数和均匀度都较高。

关键词: 万佛山国家森林公园; 昆虫病原真菌; 多样性; 均匀度

中图分类号: S476.12

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2020)02-0294-05

Species diversity of entomopathogenic fungi in Wanfo Mountain National Forest Park

CHEN Mingjun¹, CHEN Wenyan¹, LIU Yujun², HOU Nansong¹, LIN Yan¹

(1. Anhui Provincial Key Laboratory of Microbial Control, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. Anhui Academy of Science and Technology, Hefei 230031)

Abstract: The community diversity of entomopathogenic fungi was investigated in Wanfo Mountain National Forest Park in Anhui Province in July 2007, August 2008 and June 2017. In total, 312 specimens were collected, 248 strains were isolated and identified as 23 species belonging to 10 genera and 6 families. Among them, the dominant genus was *Isaria*, in which 170 strains of 6 species were isolated, accounting for 68.55% of all isolations. The main components of the community were of *I. tenuipes*, *Beauveria bassiana* and *I. cateniobliquus*. The results showed that the species of entomopathogenic fungi were abundant, and the diversity index was high in Wanfo Mountain National Forest Park in summer. The specimens of entomopathogenic fungi were richer in July and August than that in June. However, the diversity index and evenness of entomopathogenic fungi collected in June were higher than those in other seasons.

Key words: Wanfo Mountain National Forest Park; entomopathogenic fungus; diversity; evenness

万佛山国家森林公园位于安徽省大别山东麓, 距舒城县城 88 km。森林公园地处北亚热带湿润季风气候, 具有四季分明, 雨量充沛, 无霜期长等特点, 年平均气温 13.6℃, 年降水量 1 574 mm^[1]。林区地形以中山峡谷地貌为主, 峰峦叠嶂, 地势险峻, 河谷幽深。该森林公园属亚热带常绿阔叶林带类型, 森林覆盖率 96.4%左右。由于气候条件良好, 植被完好, 森林公园内孕育着丰富的生物多样性资源, 也为昆虫病原真菌提供了适宜的生态环境。

在自然界, 天敌对害虫的控制作用是长期存在的, 充分利用天敌对害虫的自然控制作用是害虫生态调控的重要措施之一^[2]。昆虫病原真菌是昆虫病原微生物中的最大类群, 也是自然界中控制害虫种群消长的一个重要因子和重要的生物防治资源^[3]。作者多次深入该林区不同的生境采集自然罹病的昆虫标本, 带回并从中分离昆虫病原真菌, 旨在探讨万佛山森林公园的昆虫病原真菌资源及物种多样性, 为昆虫病原真菌的开发应用提供种质资源。

收稿日期: 2019-09-16

基金项目: 2019 年度高校优秀青年人才支持计划 (gxyqZD2019013), 2019 年度省属预算单位科技服务能力建设专项 (1906b050305) 和合肥市博士后工作站科研活动经费项目 (2018HFB021) 共同资助。

作者简介: 陈名君, 副教授。E-mail: chenmingjun2005@126.com

1 材料与方法

1.1 标本采集

分别于 2007 年 7 月、2008 年 8 月和 2017 年 6 月对林区进行全面的标本调查和采集, 仔细调查林区枯枝落叶层、树叶、树皮缝隙等罹病昆虫标本, 并详细记录标本信息和林区地理信息, 采集方法见陈名君等^[4]。

1.2 菌种分离纯化、鉴定

菌株分离纯化和鉴定参照 Sung^[5]、Kepler^[6-7]和陈名君^[8]等的方法。罹病昆虫标本和分离菌株均保存于安徽农业大学微生物防治省重点实验室。

1.3 昆虫病原真菌物种多样性研究

群落特征采用种的多度和相对多度^[9]来计算, 利用 DPS 软件进行群落的多样性与均匀度分析^[10]。

Shannon-Wiener 多样性指数, 即 $H' = -\sum P_i \ln P_i$ 式中: H' 为 Shannon-Wiener 指数, $P_i = n_i/N$, n_i 是样方中第 i 种的个体数, N 是所有种的个体数^[11]。

采用 Pielou 均匀度公式计算均匀度: $E = H'/\ln S$ 式中: E 为均匀度, S 为群落的物种数^[12]。

2 结果与分析

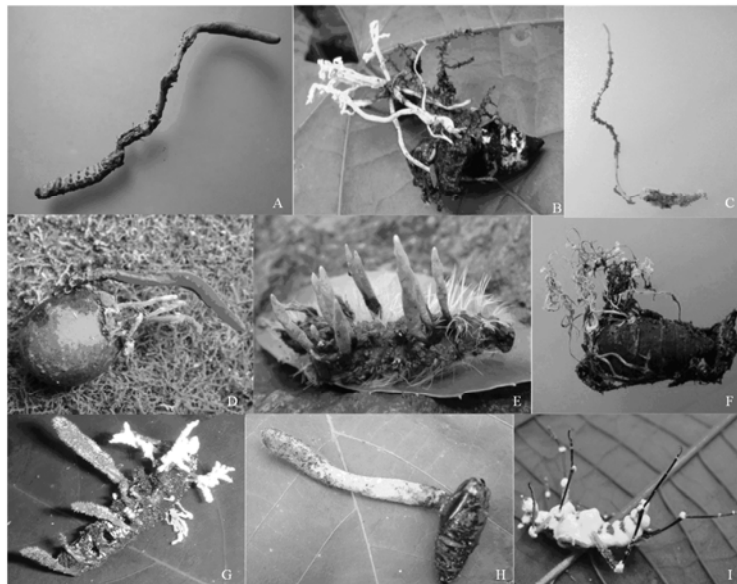
2.1 昆虫病原真菌的群落结构

通过对万佛山国家森林公园昆虫病原真菌多年的调查采集, 共采集到 312 份可能为昆虫病原真菌的标本。分离并确认为昆虫病原真菌菌株有 248 株, 总检出率为 79.49%。经鉴定, 得到约 23 种, 隶属于

6 科 10 属。其中以细脚棒束孢 *Isaria tenuipes*、球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* 和斜链棒束孢 *I. catenobliquus* 为优势种群。细脚棒束孢的多度最高, 为 73 株, 相对多度为 0.294; 其次为球孢白僵菌, 多度和相对多度分别为 40 和 0.161; 斜链棒束孢的多度和相对多度分别是 36 和 0.145。这 3 种昆虫病原真菌种的多度仅占 0.130, 而菌株相对多度却高达 0.600。有些菌种的多度较低, 只有 1 个标本, 种的多度占 0.304, 而菌株相对多度只有 0.028(表 1 和图 1)。该结果表明万佛山国家森林公园的昆虫病原真菌资源非常丰富, 菌株较多, 且种类多样性较高。其次, 也可以看出该林区内昆虫病原真菌种群的多度相差悬殊, 优势种现象十分明显, 其中细脚棒束孢是第一优势种。但有些菌株只鉴定到属, 还需进一步研究, 有新种、新纪录种的可能。

2.2 昆虫病原真菌科属的统计分析

通过对万佛山国家森林公园昆虫病原真菌的多年调查, 共分离到 248 份昆虫病原真菌菌株, 具体如表 2 所示。共鉴定出的种类分属于 6 科 10 属 23 种, 这 6 科分别是丛梗孢科 Moniliaceae、瘤座孢科 Tuberculariaceae、束梗孢科 Stilbaceae、虫草科 Cordycipitaceae、线虫草科 Ophiocordycipitaceae 和异虫草科 Metacordycipitaceae。种类最多的是丛梗孢科, 共 5 属 12 种, 占全部种类的 52.38%。其中束梗孢科和异虫草科都只有 1 个属 1 个种。



A. 戴氏虫草; B. 粉棒束孢; C. 线虫草; D. 粉被虫草; E. 珊瑚虫草; F. 细脚棒束孢; G. 高雄山虫草; H. 蛹虫草; I. 球孢白僵菌

A. *M. taii*; B. *I. farinosa*; C. *O. filiformis*; D. *C. pruinosa*; E. *C. martialis*; F. *I. tenuipes*; G. *C. takaomontana*; H. *C. militaris*; I. *B. bassiana*

图 1 采集自万佛山国家森林公园部分昆虫病原真菌标本

Figure 1 The part specimens of entomopathogenic fungi from Wanfo Mountain National Forest Park

表 1 万佛山国家森林公园昆虫病原真菌数量组成及主要寄主

Table 1 Main hosts and abundances of entomopathogenic fungi in Wanfo Mountain National Forest Park

种名 Species	多度 Abundance	相对多度 Relative abundance	主要寄主 Main hosts
细脚棒束孢 <i>Isaria tenuipes</i>	73	0.294	鳞翅目 Lepidoptera、袋蛾 Psychidae、卷叶蛾 Tortricidae、蓑蛾 Psychidae、膜翅目 Hymenoptera、叶蜂 Tenthredinidae、刺蛾 Limacodidae、鞘翅目 Coleoptera、灯蛾 Arctiidae、螟蛾 Pyralidae、马尾松毛虫 <i>Dendrolimus punctatus</i>
球孢白僵菌 <i>Beauveria bassiana</i>	40	0.161	叶甲 Chrysomelidae、双翅目 Diptera、蚂蚁 Formicidae、天牛 Cerambycidae、小蠹虫 Ipidae、蚧壳虫 Scale insect、马尾松毛虫 <i>Dendrolimus punctatus</i> 、半翅目 Hemiptera、瓢甲 Coccinellidae、鳞翅目 Lepidoptera、土蜂 Scoliididae、吉丁甲 Buprestidae、鞘翅目 Coleoptera、青蜂 Chrysididae、叶甲 Chrysomelidae、角蝉 Membracidae、象甲 Curculionidae、猎蝽 Reduviidae、叶蝉 Cicadellidae、沫蝉 Cercopidae、大蚊 Tipulidae、胡蜂 Vespidae 等
斜链拟青霉 <i>I. catenobliquus</i>	36	0.145	夜蛾 Noctuidae、膜翅目 Hymenoptera、鳞翅目 Lepidoptera、芫菁科 Meloidae、螟蛾 Pyralidae、毒蛾 Lymantriidae、蓑蛾 Psychidae、鞘翅目 Coleoptera、叩头甲 Elateridae、小蠹虫 Scolytidae、卷叶蛾 Tortricidae、象甲 Curculionidae、蚂蚁 Formicidae、斑蛾 Zygaenidae、蠼螋 Labiduridae 等
环链棒束孢 <i>I. cateinannulata</i>	31	0.125	小蠹虫 Ipidae、鳞翅目 Lepidoptera、蓑蛾 Psychidae、木蠹蛾 Cossidae、叶甲 Chrysomelidae、卷叶蛾 Tortricidae、夜蛾 Noctuidae、天蛾 Sphingidae、胡蜂 Vespidae、瓢甲 Coccinellidae、蚂蚁 Formicidae、象甲 Curculionidae 等
玫烟色棒束孢 <i>I. fumosorosea</i>	19	0.076	鳞翅目 Lepidoptera、蟋蟀 Gryllidae、袋蛾 Psychidae、缘蝽 Coreidae 等
粉棒束孢 <i>I. farinosa</i>	10	0.040	鳞翅目 Lepidoptera、尺蛾 Geometridae、天牛 Cerambycidae 等
高雄山虫草 <i>Cordyceps takaomontana</i>	6	0.023	鳞翅目 Lepidoptera
莲状虫草 <i>C. nelumboides</i>	5	0.020	蜘蛛 Arachnida
蚧霉属 <i>Lecanicillium</i> sp.	4	0.016	蓑蛾 Psychidae、鳞翅目 Lepidoptera、叶甲 Chrysomelidae、蜘蛛 Arachnida
蛹虫草 <i>C. militaris</i>	4	0.016	鳞翅目 Lepidoptera、天蛾 Sphingidae
戴氏虫草 <i>Metacordyceps taii</i>	4	0.016	鳞翅目 Lepidoptera
粉被虫草 <i>C. pruinosa</i>	3	0.012	鳞翅目 Lepidoptera
被毛孢属 <i>Hirsutella</i> sp.	2	0.008	鳞翅目 Lepidoptera
亚黄蜂虫草 <i>Ophiocordyceps oxycephala</i>	2	0.008	胡蜂 Vespidae
线虫草 <i>O. filiformis</i>	2	0.008	鳞翅目 Lepidoptera
爪哇棒束孢 <i>I. javanicus</i>	1	0.008	蚧壳虫 Scale insect
珊瑚虫草 <i>C. martialis</i>	1	0.004	鳞翅目 Lepidoptera
金龟子绿僵菌 <i>Metarhizium anisopliae</i>	1	0.004	蚂蚁 Formicidae
黄绿绿僵菌 <i>M. flavoviride</i>	1	0.004	鞘翅目 Coleoptera
枝多头霉 <i>Polycephalomyces ramosus</i>	1	0.004	不详 Unknown
一种白僵菌 <i>Beauveria</i> sp.	1	0.004	鳞翅目 Lepidoptera
顶孢霉属 <i>Acremonium</i> sp.	1	0.004	膜翅目 Hymenoptera
合计 Total	248		

从表 2 可以看出,采集到的昆虫病原真菌的种、属比较丰富,种群结构比较复杂,以棒束孢属为主,有 6 种,占万佛山国家森林公园昆虫病

原真菌菌种的 23.82%。另外虫草属也是优势属,有 5 个种。由此可见,万佛山的昆虫病原真菌种类丰富但优势属、优势种现象明显。

表 2 万佛山国家森林公园昆虫病原真菌科属统计
Table 2 Families and genera of entomopathogenic fungi from Wanfo Mountain National Forest Park

科名 Family	属名 Genus	种数 No. of species	占总数% Percentage
丛梗孢科 Moniliaceae	棒束孢属 <i>Isaria</i>	6	23.82
	白僵菌属 <i>Beauveria</i>	2	9.52
	绿僵菌属 <i>Metarhizium</i>	2	9.52
	被毛孢属 <i>Hirsutella</i>	1	4.76
	顶孢霉属 <i>Acremonium</i>	1	4.76
虫草科 Cordycipitaceae	虫草属 <i>Cordyceps</i>	5	19.06
线虫草科 Ophiocordycipitaceae	线虫草属 <i>Ophiocordyceps</i>	2	9.52
束梗孢科 Stilbaceae	多头霉属 <i>Polycephalomyces</i>	1	4.76
瘤座孢科 Tuberculariaceae	蚺霉属 <i>Lecanicillium</i>	2	9.52
异虫草科 Metacordycipitaceae	异虫草属 <i>Metacordyceps</i>	1	4.76

表 3 不同年份万佛山国家森林公园昆虫病原真菌群落多样性
Table 3 Diversities of entomopathogenic fungi communities from Wanfo Mountain National Forest Park in different years

年-月 Year/month	种的丰度 Species richness	种名(菌株数) Species (Number of strain)	菌株多度 <i>A</i> Abundance	Shannon 指数 <i>H'</i> Shannon index	均匀度 <i>E</i> Evenness
2007-07	10	斜链棒束孢 <i>I. cateniobliquus</i> (26), 细脚棒束孢 <i>I. tenuipes</i> (23), 球孢白僵菌 <i>B. bassiana</i> (21), 环链棒束孢 <i>I. cateinannulata</i> (17), 蛹虫草 <i>C. militaris</i> (3), 玫烟色棒束孢 <i>I. fumosorosea</i> (2), 粉棒束孢 <i>I. farinosa</i> (2), 蚺霉属 <i>Lecanicillium</i> sp. (2), 顶孢霉 <i>Acremonium</i> sp. (1), 黄绿绿僵菌 <i>M. flavoviride</i> (1)	98	2.478 1	0.685 4
2008-08	12	细脚棒束孢 <i>I. tenuipes</i> (29), 球孢白僵菌 <i>B. bassiana</i> (14), 玫烟色棒束孢 <i>I. fumosorosea</i> (10), 斜链棒束孢 <i>I. cateniobliquus</i> (8), 环链棒束孢 <i>I. cateinannulata</i> (8), 高雄山虫草 <i>C. takaomontana</i> (6), 粉棒束孢 <i>I. farinosa</i> (5), 莲状虫草 <i>C. nelumboides</i> (5), 粉被虫草 <i>C. pruinosa</i> (3), 被毛孢属 <i>Hirsutella</i> sp. (2), 亚黄蜂虫草 <i>Ophiocordyceps oxycephala</i> (2), 蚺霉属 <i>Lecanicillium</i> sp. (1), 白僵菌属 <i>Beauveria</i> sp. (1)	94	2.530 2	0.691 2
2017-06	14	细脚棒束孢 <i>I. tenuipes</i> (21), 玫烟色棒束孢 <i>I. fumosorosea</i> (7), 环链棒束孢 <i>I. cateinannulata</i> (6), 球孢白僵菌 <i>B. bassiana</i> (5), 戴氏虫草 <i>Metacordyceps stalii</i> (4), 粉棒束孢 <i>I. farinosa</i> (3), 斜链棒束孢 <i>I. cateniobliquus</i> (2), 线虫草 <i>O. filiformis</i> (2), 蚺霉属 <i>Lecanicillium</i> sp. (1), 爪哇棒束孢 <i>I. javanicus</i> (1), 枝多头霉 <i>Polycephalomyces sramosus</i> (1), 金龟子绿僵菌 <i>Metarhizium anisopliae</i> (1), 蛹虫草 <i>C. militaris</i> (1), 珊瑚虫草 <i>C. martialis</i> (1)	56	3.156 7	0.735 2

2.3 不同年份昆虫病原真菌的分布规律

如表 3 所示, 万佛山国家森林公园昆虫病原真菌以 2017 年 6 月种类最多, 为 14 种, 以细脚棒束孢丰富度最大, 为 21 株, 其他菌种分布较均匀, 其 Shannon 指数和均匀度都最大, 分别为 3.156 7 和 0.735 2。但气温较高, 湿度较大的 2007 年 7 月和 2008 年 8 月采集到的菌株数较多, 分别是 98 株和 94 株, 其中 2007 年 7 月采集的标本以斜链棒束孢为优势种群, 2008 年 8 月采集的标本以细脚棒束孢

为优势种群。总体来看, 气温较高、湿度较大的夏季, 万佛山国家森林公园昆虫病原真菌菌株更丰富, 但 Shannon 指数和均匀度相对较小。

3 讨论与结论

万佛山国家森林公园位于北亚热带大别山东麓, 地形特征复杂, 气候适宜, 该林区中昆虫病原真菌物种较为复杂, 多样性指数较高, 共采集得到昆虫病原真菌 6 科 10 属 23 种。且该林区虫草资源

丰富,共分离得到5种虫草科 Cordycipitaceae、2种线虫草科 Ophiocordycipitaceae 和1种异虫草科 Metacordycipitaceae 真菌。采集鉴定结果发现,该林区昆虫病原真菌也存在明显的优势种属现象,其中棒束孢属为优势属,共分离出棒束孢属昆虫病原真菌有6种170株,细脚棒束孢 *I. tenuipes* 为优势种,共73株,多度为0.294。这一研究结果与同属于大别山东麓余脉低山丘陵地带的皇甫山自然保护区和琅琊山森林公园不同。皇甫山自然保护区位于低山丘陵的腹地,林区湿度较大,人为活动较少,植被保护相对较好。2008年7月采集昆虫病原真菌标本达到3科8属13种,其中以球孢白僵菌 *B. bassiana* 为优势种群,仅采集到1种虫草属标本^[4]。而琅琊山森林公园位于市区边缘,人为活动极其频繁,林间植被破坏较明显,导致该区虽然昆虫病原真菌个体数量丰富,但物种多样性指数较低,球孢白僵菌 *B. bassiana* 占绝对优势^[8]。可见,虽然气候条件、植被类型相似,但人为干扰情况的不同,对昆虫病原真菌分布和群落多样性有较大的影响,这一结论也与王四宝等^[13]研究所得结论一致。

万佛山国家森林公园昆虫病原真菌菌株更丰富,但 Shannon 指数和均匀度相对较小。这是由于这两个月采集的昆虫病原真菌标本集中在少数种属,其他种属菌株极少,分布不均匀导致。总之,该研究林区内地形多样,气候温暖,植被保存较好,人为活动少,能够支持多种类的物种生存,适于昆虫病原真菌生长繁衍。

本文仅研究了万佛山森林公园不同年份6月、7月和8月昆虫病原真菌的物种多样性。后续将进一步采集林区内不同季节昆虫病原真菌标本,系统地研究该林区温度、湿度、地形、植被类型及寄主昆虫分布等因子对昆虫病原真菌种群多样性的影响。

参考文献:

- [1] 刘守金,王德群,方成武,等.安徽万佛山自然保护区药用植物资源调查[J].现代中药研究与实践,2007,22(3):17-19.
- [2] 刘玉军,陈龙胜,周海波,等.安徽歙县油茶林昆虫病原真菌物种多样性及其季节变化[J].植物保护,2019,45(2):178-181.
- [3] 蒲蛰龙,李增智.昆虫真菌学[M].合肥:安徽科学技术出版社,1996.
- [4] 陈名君,刘玉军,周娜,等.皇甫山虫生真菌物种多样性研究[J].安徽农业大学学报,2009,36(4):564-567.
- [5] SUNG G H, SUNG J M, HYWEL-JONES N L, et al. A multi-gene phylogeny of Clavicipitaceae (Ascomycota, fungi): Identification of localized incongruence using a combinational bootstrap approach[J]. Mol Phylogenet Evol, 2007, 44(3): 1204-1223.
- [6] KEPLER R M, SUNG G H, BAN S, et al. New teleomorph combinations in the entomopathogenic genus Metacordyceps[J]. Mycologia, 2012, 104(1): 182-197.
- [7] KEPLER R M, LUANGSA-ARD J J, HYWEL-JONES N L, et al. A phylogenetically-based nomenclature for Cordycipitaceae (Hypocreales)[J]. IMA Fungus, 2017, 8(2): 335-353.
- [8] 陈名君,黄勃,王蒙,等.琅琊山虫生真菌物种多样性和季节变化[J].应用生态学报,2007,18(9):2075-2079.
- [9] 张美庆,王幼珊,邢礼军.我国东、南沿海地区 AM 真菌群落生态分布研究[J].菌物系统,1998,17(3):274-277.
- [10] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M].北京:中国农业出版社,1997:108-125.
- [11] 王四宝,刘竞男,黄勃,等.大别山地区虫生真菌群落结构与生态分布[J].菌物学报,2004,23(2):195-203.
- [12] PIELOU E C. An introduction to mathematical ecology[M]. New York: Wiley-Interscience, 1969: 1-286.
- [13] 王四宝,刘竞男,王成树,等.皖大别山区虫生真菌群落多样性研究[J].应用生态学报,2004,15(5):883-887.