

# 安徽大别山区虫生真菌区系的物种多样性研究

王四宝<sup>1,2</sup> 黄勇平<sup>2</sup> 樊美珍<sup>1</sup> 李增智<sup>1\*</sup>

1 (安徽农业大学安徽省微生物防治重点实验室, 合肥 230036)

2 (中国科学院植物生理生态研究所, 上海 200032)

**摘要:** 对安徽大别山区虫生真菌区系的物种多样性进行了研究。结果表明该地区虫生真菌资源十分丰富, 共有虫生真菌 50 种, 隶属于 4 目 4 科 16 属。科从大到小依次为麦角菌科 (Clavicipitaceae) 27 种, 占 54%, 丝孢科 (Hyphomycetaceae) 15 种, 占 30%, 虫霉科 (Entomophthoraceae) 5 种, 占 10%, 束梗孢科 (Stilbellaceae) 3 种, 占 6%。含 3 个种以上的优势属依次为虫草属 (*Cordyceps*) 26 种, 占 52%, 拟青霉属 (*Paecilomyces*) 6 种, 占 12%, 白僵菌属 (*Beauveria*) 3 种, 占 6%, 共计 35 种, 占总种数的 70%; 含 2 个种的属为刺束梗孢属 (*Akanthomyces*) 和虫瘟霉属 (*Zoophthora*); 其余 11 个属皆为单种属。优势种依次为粉拟青霉 (*Paecilomyces farinosus*)、细脚拟青霉 (*P. tenuipes*)、下垂虫草 (*Cordyceps nutans*)、球孢白僵菌 (*Beauveria bassiana*)、金龟子绿僵菌小孢变种 (*Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*)。区系地理成分划分为 7 大类型: 世界分布种 (42.11%)、欧亚大陆分布种 (10.53%)、亚热带—热带分布种 (5.26%)、东亚分布种 (7.89%)、东亚—新几内亚分布种 (5.26%)、中国—日本分布种 (5.26%) 和特有成分 (23.68%) 表现出明显的东亚区系特征, 而且本区及中国特有种明显。

**关键词:** 自然保护区, 昆虫病原真菌, 资源

中图分类号: Q939

文献标识码: A

文章编号: 1005-0094(2003)06-0475-05

## Species diversity of entomogenous fungal flora of Mountains Dabie, Anhui

WANG Si-Bao<sup>1,2</sup>, HUANG Yong-Ping<sup>2</sup>, FAN Mei-Zhen<sup>1</sup>, LI Zeng-Zhi<sup>1\*</sup>

1 Anhui Key Laboratory of Microbial Control, Anhui Agricultural University, Hefei 230036

2 Institute of Plant Physiology & Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200032

**Abstract:** Based on study of species diversity, 50 species of entomogenous fungi belonging to 16 genera, 4 families and 4 orders were recorded in Dabie Mountains in western Anhui. At the family level, Clavicipitaceae, comprising 27 species, had the highest percentage, with 54% of the total species, while the family Hyphomycetaceae, comprising 15 species, accounted for 30%. The family Entomophthoraceae comprised 5 species (10%), and the smallest percentage was taken by the family Stilbellaceae, comprising 3 species (6%). Considering genera, the dominant genera were *Cordyceps* (27 species, 52% of the total), *Paecilomyces* (6 species, 12%), and *Beauveria* (3 species, 6%). These three genera covered 35 species, accounting for 70% of the total, while they amounted to 18.75% of the total genera. *Akanthomyces* and *Zoophthora* were oligotypic genera, both with two species. The rest were monotypic genera, comprising 68.75% of the total genera and 22% of the total species. The dominant species were *Paecilomyces farinosus*, *P. tenuipes*, *C. nutans*, *B. bassiana*, and *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*. Therefore, the dominant genera and species were evident in this area. By categorization of modern distribution centers in terms of the present distribution patterns of taxa, species were grouped into Cosmopolitan (42.11%), Eurasian (10.53%), Subtropical to Tropical (5.26%), East Asian (7.89%), East Asian-Papuan (5.26%), Sino-Japanese (5.26%), and Endemic (23.68%). Overall, East Asian elements were characteristic of this region and local and Chinese endemic species were evident.

基金项目: 国家自然科学基金(30170761)

收稿日期: 2003-05-20; 接受日期: 2003-07-21

作者简介: 王四宝, 男, 1972 年 12 月出生, 讲师, 在读博士, 主要研究昆虫真菌学和化学生态学。

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zzli@ahau.edu.cn

**Key words** : entomogenous fungi , entomopathogenic fungi , species diversity

虫生真菌是害虫的自然控制因子和重要的生物防治材料,在害虫综合治理和环境保护方面扮演着越来越重要的角色,国外先后有 50 多种真菌杀虫剂产品登记注册(蒲蛰龙,李增智,1996;李增智,1999);同时虫生真菌还是药物和保健食品开发的重要材料,近年来有关研究倍受关注(梁宗琦,1996,1999;李增智,1997)。我国被列为世界上 12 个生物多样性丰富的国家之一,菌物多样性是生物多样性的的重要组成部分。然而,森林破坏和环境污染的加剧,使多样化的生态系统迅速破坏,导致生物多样性处于威胁之中(魏江春,1993;卯晓岚,1993)。已知有 8% 的真菌种群正处于濒危状态,而一些处于特殊生境的真菌种类已被其他生物取代(Wilson,1990;阎章才,2001)。因此,加强虫生真菌等菌物的多样性研究,对于合理保护和持续利用菌物这类宝贵资源具有重要意义。

相对于动植物,目前有关菌物区系地理成分的研究报道较少,仅见于锈菌和某些大型真菌(曹支敏等,1997;图力古尔,李玉,2000;Hiratsuka *et al.*, 1992;Ziller,1974;田程明等,1991;Hongo,1978)。就虫生真菌这类重要资源而言,其区系地理成分的研究国内外尚无报道。

鹞落坪国家自然保护区和天堂寨国家自然保护区地处安徽大别山腹地,属北亚热带向暖温带过渡地带,气候温和、雨量充沛,温度的时空差异显著。野生动植物资源丰富,具有南北荟萃、区系复杂、种类繁多等特点。这种特殊的自然地理条件和生态环境,蕴藏着较丰富的虫生真菌资源和独特的虫生真菌区系特征,是研究虫生真菌区系多样性的重要地区之一。本文在详细调查研究虫生真菌资源的基础上,结合文献资料,尝试划分虫生真菌的地理区系,为认识该地区虫生真菌区系特点、性质和发生历史提供理论依据。

## 1 自然概况

大别山居安徽、湖北、河南三省交界处,安徽占其东部大半,西北连接桐柏山,西接大洪山,向东延伸为淮阳山地,形成长江、淮河水系的分水岭。该区属我国北亚热带长江中下游区湿润季风气候类型,位于南暖温带向北亚热带的过渡地带。自三迭纪末

期以来,基本上保持着温暖湿润的气候,受第四纪冰川的影响不大,地层古老、地形复杂,是亚热带降雪历时最长、积雪深度最大的一个山系。山势高峻、山体宽厚、谷壁陡峭、森林茂密,区内山体一般海拔在 800 m 以上,相对高差为 400 ~ 1000 m。最高峰多枝尖位于鹞落坪自然保护区,第二座高峰天堂寨位于天堂寨自然保护区,海拔都在 1720 m 以上,这种特殊的自然地理条件和优越的生态环境成为重要的生物种质资源天然宝库。

鹞落坪自然保护区位于安徽省岳西县西北部,年平均降水量为 1600 mm,属大别山的降水高值区。年日照时数约为 1580 ~ 1900 h,年平均气温 13.6℃。夏季日照最多,约占全年的 1/3,冬季最少,约占全年的 1/5。天堂寨自然保护区位于安徽省金寨县西南部,在鹞落坪自然保护区的西北部,年降水量 1480 mm,年日照时数约为 2225.5 h,年平均气温 13.3℃。

保护区内土壤为山地黄棕壤亚类,主要分布在海拔 800 ~ 900 m 以下山地;此高程以上是山地棕壤;在海拔 1400 m 以上的平坦处有小面积的山地草甸土与山地棕壤镶嵌分布。植被属亚热带常绿阔叶林向暖温带落叶阔叶林过渡类型,主要有常绿阔叶林、落叶-常绿阔叶林、落叶阔叶林、针叶林、山地矮林、山地灌丛及山地草甸。本地区系南方植物分布的北缘和北方植物分布的南缘,为华东与华北两大植物区系的交界处,又是上述两大植物区系的桥梁。昆虫区系组成属于东洋区和古北区交错生存的广阔过渡地带类型,其中东洋区种类占优势,古北区种类较少,同时生活着大量南北方皆有分布的广布型种类。

## 2 研究方法

### 2.1 样地的设置和调查取样方法

根据大别山区既有不同的立体生态环境,又有差异明显的水平生态环境的状况,按立体和水平两种方式布设样地。在天堂寨的东边洼、西边洼、虎形地、打树叉和鹞落坪的鹞字形、老渠道、月形弯、东冲、道冲等利于虫生真菌生长的不同环境内设置小样区。小样区内立体样地的设置采用梯度格局,即自低海拔至高海拔,海拔每升高 50 m 设置一个样

地,每个保护区同一海拔梯度内随机设置 15~20 个 15 m<sup>2</sup> 的样方。两个保护区共设样方 278 个,其中天堂寨 152 个,鹞落坪 126 个。

在 1997 年 7 月~1999 年 11 月,按不同季节(早春、晚春、夏季、秋季)对两个保护区内的虫生真菌进行点与面的调查,仔细采集地表层、枯枝落叶层及灌木层中的虫生真菌,记载罹病个体数,并详细记录采集时间、地点、植被类型、海拔高度、坡向等相关生态特征。

## 2.2 虫生真菌区系组成的统计和分析

根据调查结果进行科、属、种的统计分析。

## 2.3 虫生真菌区系地理成份分析

依据文献资料对虫生真菌种的地理分布的记载,分析和确定安徽大别山区虫生真菌区系的地理成份。按照 Frankenberg (1978) 的方法分析该地区虫生真菌的分布型谱。

# 3 结果与分析

## 3.1 科属的统计分析

大别山区虫生真菌共隶属于 4 科,其中种类最多的科是麦角菌科( Clavicipitaceae ),共 27 种,占全部种类的 54%;第二大科为丝孢科( Hyphomycetaceae ),共 15 种,占全部种类的 30%;第三大科为虫霉科( Entomophthoraceae ),共 5 种,占全部种类的 10%;最小的科为束梗孢科( Stilbellaceae ),共计 3 种,占所有种类的 6%。

表 1 安徽大别山区虫生真菌属级统计

Table 1 Genera of entomogenous fungi in Dabie Mountains in western Anhui

属名 Genus	种数 No. of species	占总数% Percentage
虫草属 <i>Cordyceps</i>	26	52
拟青霉属 <i>Paecilomyces</i>	6	12
白僵菌属 <i>Beauveria</i>	3	6
刺束梗孢属 <i>Akanthomyces</i>	2	4
虫瘟霉属 <i>Zoophthora</i>	2	4
野村菌属 <i>Nomuraea</i>	1	2
绿僵菌属 <i>Metarhizium</i>	1	2
轮枝孢属 <i>Verticillium</i>	1	2
马利娅霉属 <i>Mariannaea</i>	1	2
枝孢属 <i>Cladosporium</i>	1	2
顶孢霉属 <i>Acremonium</i>	1	2
球束梗孢属 <i>Gibellula</i>	1	2
虫壳属 <i>Torrubiella</i>	1	2
虫疔霉属 <i>Pandora</i>	1	2
噬虫霉属 <i>Entomophaga</i>	1	2
虫疫霉属 <i>Erynia</i>	1	2

从表 1 可以看出,该区虫生真菌共 16 属,种类超过或等于 3 个种的优势属有 3 个,其中 1 个属是子囊菌,其余 2 个属为有丝分裂孢子菌,此 3 属共有 35 种,占大别山区虫生真菌总种数的 70%,而属的数目仅占全部属数的 18.75%。虫草属( *Cordyceps* )为第一大属,共 26 种,占有种数的 52%,为绝对优势属;拟青霉属( *Paecilomyces* )为第二大属,共 6 种,占全部种类的 12%;第三大属为白僵菌属( *Beauveria* ),总计 3 种,占全部种类的 6%;其他寡种属还有刺束梗孢属( *Akanthomyces* )、虫瘟霉属( *Zoophthora* ),各含 2 个种。其余 11 个属皆为单种属,单种属的数目占总属数的 68.75%,而它们种数之和仅占总种数的 22%。可见安徽大别山区虫生真菌优势属明显。

## 3.2 种的统计分析

1999 年 4~11 月的定点、定量调查研究中,共采集到虫生真菌标本 1655 个,计 44 种。其中以粉拟青霉( *Paecilomyces farinosus* )、细脚拟青霉( *P. tenuipes* )、下垂虫草( *Cordyceps nutans* )、球孢白僵菌( *Beauveria bassiana* )和金龟子绿僵菌小孢变种( *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* )为优势种群(图 1),其中尤以粉拟青霉的数量最多,约占总数的 27%;其次为细脚拟青霉和下垂虫草,各占总数的 20%;球孢白僵菌和金龟子绿僵菌小孢变种分别为 10% 和 8%。这 5 个种都是广泛分布的种,占采集标本总数的 85%,而种的数目仅占全部种数的 11.4%。其他各类的数量所占比例较小,其中又以环链拟青霉( *P. cateniannulatus* )、沫蝉虫草( *Cordyceps tricornis* )和蚁虫草( *C. formicarum* )的数量所占比例相对较大,分别占总数的 2.4%、2.4% 和 2.1%;其余 36 种虫生真菌数量极小,与优势种群的个体数量相差悬殊,它们之和仅约占总个体数的 8.1%,而种的数目却占全部物种数的 81.8%。

## 3.3 安徽大别山区虫生真菌区系的地理成分

真菌区系的地理成分是根据属或种的分布类型划分的。目前,由于虫生真菌各属中各个种的现代分布区还不很清楚,因此尚不能进行属的地理成分分析,本文仅对种的地理成分进行初步探讨。

根据对安徽大别山区常见的 38 种虫生真菌现代地理分布区比较研究的结果,可将其地理分布型大致划分为以下 7 种类型( D1~D7 )(图 2)。

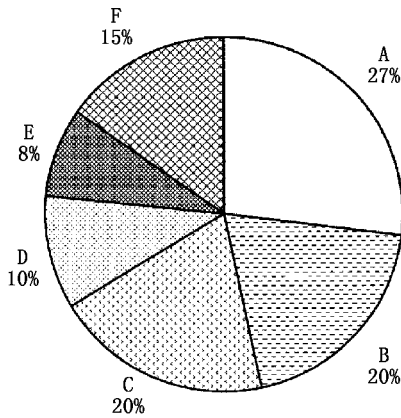


图1 大别山区虫生真菌主要种类的百分比(%)

Fig. 1 Percentages of major species of entomogenous fungi in Dabie Mountains in western Anhui

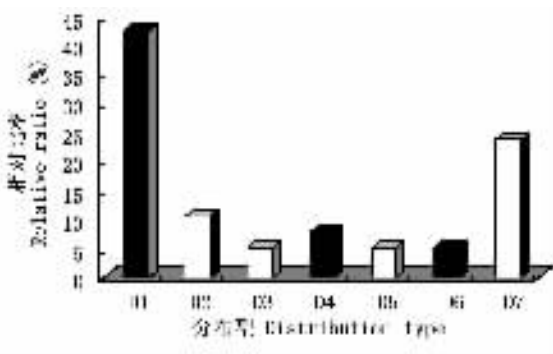


图2 安徽大别山区虫生真菌区系分布型谱

D1: 世界广布种; D2: 欧亚大陆分布种; D3: 亚热带-热带分布种; D4: 东亚分布种; D5: 东亚-新几内亚分布种; D6: 中国-日本分布种; D7: 特有成分

Fig. 2 Distribution type pedigree of entomogenous fungi in Dabie Mountains in western Anhui. D1, Cosmopolitan; D2, Eurasian; D3, Subtropical to Tropical; D4, East Asian; D5, East Asian - Papuan; D6, Sino - Japanese; D7, Endemic.

(1)世界广布种(D1):指广泛分布于世界几大洲或从寒带到热带均有分布,而没有特殊分布中心的种。此种分布型在本区有16种,占分析总种数的42.11%。它们是蛹虫草(*Cordyceps militaris*)、蝉蛹虫草(*C. sobolifera*)、瘤座虫草(*C. tuberculata*)、珊瑚虫草(*C. martialis*)、球孢白僵菌(*Beauveria bassiana*)、布氏白僵菌(*B. brongniartii*)、金龟子绿僵菌小孢变种(*Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*)、芽枝状枝孢霉(*Cladosporium cladosporioides*)、粉拟青霉(*Paecilomyces farinosus*)、细脚拟青霉(*P. tenuipes*)、玫瑰色拟青霉(*P. fumosoroseus*)、淡紫拟青霉(*P. lilacinus*)、莱氏野村菌(*Nomuraea rileyi*)、蜡蚧轮枝孢(*Verticillium lecanii*)、灯蛾噬虫霉(*Ento-*

*mophaga aulicae*)和根虫瘟霉(*Zoophthora radicans*)。这类成分在大别山区这种自然生态环境条件多样的地区应该很多。

(2)欧亚大陆分布种(D2):指仅在欧亚大陆上有分布,而在美洲、澳洲大陆未见报道的种类。此种类型共4种,占总种数的10.53%。它们是双梭孢虫草(*C. bifusispora*)、蜂头虫草(*C. sphecocephala*)、丝虫草(*C. filiformis*)和细虫草(*C. gracilis*)。

(3)亚热带-热带分布种(D3):该类型指分布于欧洲、中国、北美洲、拉丁美洲及南美洲的亚热带和热带地区,而在寒带及温带地区未见有分布的种。仅2种:丽球束梗孢(*Gibellula pulchra*)和多形白僵菌(*B. amorpha*),占总种数的5.26%。

(4)东亚分布种(D4):指仅分布于亚洲东部的种。共3种,即金针虫草(*Cordyceps agriota*)、蚁虫草(*C. formicarum*)和沫蝉虫草(*C. tricornis*),占总种数的7.89%。

(5)东亚-新几内亚分布种(D5):指仅见于东亚和新几内亚有报道的种。共有2种:下垂虫草(*C. nutans*)和新几内亚刺束梗孢(*Akanthomyces novoguineensis*),占总种数的5.26%。

(6)中国-日本共有种(D6):指仅在中国和日本有分布的种。共计2种:布氏虫草(*Cordyceps brongniartii*)和长座虫草(*C. longlissima*),占总种数的5.26%。

(7)特有成分(D7):指分布于安徽大别山区的中国特有种和安徽大别山区特有种。戴氏虫草(*C. taii*)、斜链拟青霉(*Paecilomyces cateniobliquus*)、环链拟青霉(*P. cateniannulatus*)、粉被玛利娅霉(*Marian-*

*naea pruinosa*), 安徽虫瘟霉(*Zoophthora anhuiensis*) 和毛蚊虫疔霉(*Pandora bibionis*)为中国特有种, 大别山虫壳(*Torrubiella dabieshanensis*)、长孢刺束梗孢(*Akanthomyces longisporus*)和大别山虫草(*Cordyceps dabieshanensis*)为安徽大别山特有种。特有成分共计 9 种, 占总种数的 23.68%。丰富的特有成分说明安徽大别山生态环境的特殊性。关于特有成分的研究, 对于了解一个特定地区的虫生真菌区系的发展和现状, 以及在多样性研究中都有重要的意义。

#### 4 讨论

特定地点、特定生物类群的区系是指在一定历史条件下和现代自然环境中形成这一生物类群的所有物种。虫生真菌区系是指该类群在一定自然地理条件下综合作用、发展和演化的结果, 虫生真菌区系地理就是研究在一定地区或国家的所有物种或较高级分类单元(科或属)的组成、分布、起源和演变。本文从生态地理角度系统研究了虫生真菌在安徽大别山区这一特定环境中的物种多样性和区系地理成分, 这不仅可丰富该地区生物区系的资料, 而且可以为生物区系分区及进一步进行生物地理区划提供理论依据, 同时对开展生物资源保护、综合开发利用和引种驯化都有一定的积极意义。

生物区系的地理区划是汇集生物分布、生态、地理、地质历史等各种因素, 进行全面衡量、综合评价的结果(陈灵芝等, 2001)。与宏观的动植物相比, 个体小、数量大、物种丰富的菌物多样性研究尚未得到足够的重视。就虫生真菌而言, 目前对各属、种的现代分布区所知甚少, 因此本研究关于虫生真菌区系地理成分分析尚有待补充和更新, 这方面的研究结果对于了解虫生真菌的起源和进化将提供重要参考。

#### 参考文献

Cao Z-M (曹支敏), Yang J-X (杨俊秀) and Li Z-Q (李振岐). 1997. Rust flora of the forest of Qinling Mountains. *Mycosystema* (菌物系统), **16**(1): 17 - 23. (in Chinese)

Chen L-Z (陈灵芝) and Ma K-P (马克平). 2001. *Biodiversity Science: Principle and Practice* (生物多样性科学: 原理与实践). Shanghai Science and Technology Press, Shanghai, 1 - 308. (in Chinese)

Frankenberg C. 1978. Methodische überlegungen zur floristischen Pflanzengeographie. *Erdkunde*, **32**(4): 251 - 258.

Hiratsuka N., Sato S. and Katsuya K. 1992. *The Rust Flora of Japan*. Takezono, Tsukuba Shuppankai, Japan, 1250.

Hongo T. 1978. Biogeographical observation on the Agaricales of Japan. *Transaction of Mycological Society of Japan*, **19**: 319 - 323.

Li Z-Z (李增智). 1997. Development of insect mycology. In: Fang M-Z (樊美珍) (ed.), *Study and Application of Entomogenous Fungi in China* (中国虫生真菌研究与应用). Chinese Agricultural Science and Technology Press, Beijing, 1 - 5. (in Chinese)

Li Z-Z (李增智). 1999. Current status and future of fungi in control of insect pests, plant diseases and weeds. *Chinese Journal of Biological Control* (中国生物防治), **15**(1): 35 - 40. (in Chinese)

Liang Z-Q (梁宗琦). 1996. Biodiversity of entomogenous fungi. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **4**(4): 235 - 241. (in Chinese)

Liang Z-Q (梁宗琦). 1999. The diversity of fungal secondary metabolites and their potential applications. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **7**(2): 145 - 150. (in Chinese)

Mao X-L (卯晓岚). 1993. A bit of the Panomycete world. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **1**(1): 56 - 57. (in Chinese)

Pu Z-L (蒲蛰龙) and Li Z-Z (李增智). 1996. *Insect Mycology* (昆虫真菌学). Anhui Science and Technology Press, Hefei, 1 - 674. (in Chinese)

Tian C-M (田程明), Cao Z-M (曹支敏), Yang J-X (杨俊秀) and Wang P-X (王培新). 1991. Preliminary study on pathogenic fungi of forest and shrubs in Taibai Nature Reserve. *Bulletin of Northwest Forestry College* (西北林学院通报), **6**(4): 34 - 38. (in Chinese)

Tolgor (图力古尔) and Li Y (李玉). 2000. Study on fungal flora diversity in Daqingou Nature Reserve. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **8**(1): 73 - 80. (in Chinese)

Wei J-C (魏江春). 1993. Biological diversity and systematicalness of Panomycetes, and their significance for the development of humanbeings. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **1**(1): 23 - 25. (in Chinese).

Wilson E. O. 1990. Endangerment on species diversity. *Scientific America*, **1**: 36 - 42.

Yang Z-C (阎章才) and Dong X-Z (东秀珠). 2001. Biodiversity of microorganism and its application. *Microbiology* (微生物学通报), **28**(1): 96 - 102. (in Chinese)

Ziller W. G. 1974. *The Tree Rust of Western Canada*. Forestry Service Publication, No. 1329. Victoria, BC.