

# 皖大别山区虫生真菌群落多样性研究\*

王四宝<sup>1</sup> 刘竞男<sup>2</sup> 王成树<sup>1</sup> 樊美珍<sup>1</sup> 李增智<sup>1\*\*</sup>

(<sup>1</sup>安徽农业大学安徽省微生物防治重点实验室,合肥 230036;<sup>2</sup>安徽大学生命科学学院,合肥 230039)

**【摘要】** 选用物种丰富度(S)、Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )、Pielou均匀度( $E$ )和优势度曲线(K-dominance)等指标,对安徽大别山区虫生真菌群落多样性进行了测定.结果表明,群落的多样性指标能较客观地反映群落的结构状态,揭示各群落间的关系.利用极点排序和系统聚类,可将安徽大别山区虫生真菌区系划分为3个垂直生态类群:温湿低山气候类型(海拔900 m以下)、凉湿中山气候类型(海拔900~1 200 m)和寒湿山顶气候类型(海拔1 200 m以上).

**关键词** 虫生真菌 群落多样性 安徽大别山

**文章编号** 1001-9332(2004)05-0883-05 **中图分类号** Q16 **文献标识码** A

**Community diversity of entomogenous fungi in Dabie Mountains in Anhui.** WANG Sibao<sup>1</sup>, LIU Jingnan<sup>2</sup>, WANG Chengshu<sup>1</sup>, FAN Meizhen<sup>1</sup>, LI Zengzhi<sup>1</sup> (<sup>1</sup>Anhui Key Laboratory of Microbial Control, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China; <sup>2</sup>Life Science College, Anhui University, Hefei 230039, China). - *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2004, 15(5): 883~887.

The abundance, Shannon-Wiener's diversity index ( $H'$ ), Pielou's evenness ( $E$ ) and K-dominance curves were calculated for community diversity of entomogenous fungi in the Dabie Mountains. The results showed that the species number, diversity value, evenness and dominance were distinctly different among different habitats, altitudes, seasons and horizontal. These indexes reflected the community structure of entomogenous fungi, and revealed the relations among different entomogenous fungal communities. By means of Bray-Curtis Measure and UPGMA clustering analysis, entomogenous fungi were vertically distributed from lower altitude upwards into 3 belts, i. e., warm humid low-mountains zone (alt. < 900 m), cool humid mid-mountains zone (alt. 900~1 200 m), and cold humid high-mountains zone (alt. > 1 200 m).

**Key words** Entomogenous fungi, Community diversity, Dabie Mountains in Anhui.

## 1 引言

群落多样性主要是指群落的种类及其个体构成,表明了群落的组成结构特征.群落多样性研究是群落生态学和生物多样性研究的重要内容.森林是陆地上最复杂的生态系统,是自然界真菌生活的最主要场所之一,也是真菌种类和数量都最为丰富的生态系统.虫生真菌由于在害虫持续控制和环境保护及药品开发等方面的独特优势,近年来其基础和应用研究日益受到人们的关注<sup>[1,5,8-10,16-18]</sup>.但有关虫生真菌群落生态学的报道还不多见,主要集中在生防和医药上具有良好应用前景的少数类群,而对森林生态系中各种虫生真菌群落物种多样性方面的研究尚未见系统报道.地处安徽大别山腹地的鹞落坪国家自然保护区和天堂寨国家自然保护区,气候温和,雨量充沛,温度的时空差异显著,垂直气候带分布明显,属北亚热带向暖温带过渡地带,动植物、昆虫资源丰富,具有南北荟萃、区系复杂、种类繁多的特点.这种特殊的自然地理条件和优越的生态环境,不仅蕴藏着较多样的虫生真菌资源,而且孕

育着独特的虫生真菌的群落特征,是研究虫生真菌群落生态学的较理想地区之一.

本文在对两个自然保护区内的虫生真菌资源进行详细调查、采集、分离和鉴定的基础上,对不同海拔、季节和生态环境内的虫生真菌群落结构和物种多样性进行研究与比较,探讨该地区虫生真菌群落的生态分布与生态环境之间的相互关系.

## 2 研究地区与研究方法

### 2.1 研究地区自然概况

大别山位于安徽、湖北、河南3省交界处,安徽占其东部的大半部分,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.区内一般海拔为800 m以上,相对高差为400~1 000 m.两自然保护区最高峰海拔都在1 720 m以上.土壤类型有黄棕壤、棕壤、山区草甸土和水稻土.气候属南亚热带向北亚热带过渡地带,是亚热带降雪历时最长、积雪深度最大的一个山系.大别山、秦岭至淮河

\* 国家自然科学基金资助项目(30170761, 30330500).

\*\* 通讯联系人.

2002-10-12收稿,2003-02-28接受.

一线是我国南北分界线,植被类型属亚热带常绿阔叶林与暖温带落叶阔叶林过渡地带;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,其中东洋区种类占居优势,古北区种类较少,同时生活着大量南北方皆有分布和交替分布的广布型种类。

鹞落坪自然保护区位于安徽省岳西县西北,年平均降水量为1600 mm,年日照时数约为1580~1900 h,年平均气温13.6℃。天堂寨自然保护区位于安徽省金寨县西南,在鹞落坪自然保护区的西北,年降水量1480 mm,年日照时数约为2225.5 h,年平均气温13.3℃。

## 2.2 研究方法

**2.2.1 样地的设置和取样方法** 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,样地按立体和水平两种方式布点。按两个样区——鹞落坪自然保护区和天堂寨自然保护区进行水平布点。在天堂寨自然保护区的东边洼、西边洼、虎形地、打树叉和鹞落坪自然保护区的鹞字形、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。小样区内的立体样地设置采用梯度格局,即自低海拔至高海拔,海拔每升高50 m设置1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。2个保护区共设样方278个,其中天堂寨152个,鹞落坪126个。

**2.2.2 调查方法** 1997年7月至1999年11月对两个自然保护区内的虫生真菌按不同季节(早春、晚春、夏季、秋季)进行点与面的调查,详细采集地表层、枯枝落叶层及灌木层中的虫生真菌,记载罹病个体数,详细记录采集地点、时间、数量、植被类型、海拔高度、坡向等相关的生态数据。

**2.2.3 群落物种多样性的研究方法** 群落物种多样性是群落生态结构水平的独特而可测定的生物学特征,对反映群落的功能有重要意义。物种多样性测度方法很多,但均应反映出群落组成种类、个体数、种的多度变化、均匀度,以及群落的结构、稳定性和动态等特性,体现群落物种多样性与环境的关系等。本文采用4个定量指标,即物种丰富度(S)、物种多样性指数(H')、均匀度(E)和优势度曲线(K-dominance)来测度和分析群落物种多样性与群落特征的关系<sup>[3,6,11-13,19]</sup>。

**2.2.4 物种多样性指数** 多样性指数反映群落中的物种数量、物种个体数以及物种分配均匀程度等的变化情况。本文采用Shannon-Wiener(香农-威纳)信息多样性指数,即 $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ,式中 $P_i = n_i/N$ , $n_i$ 是样方中第*i*种的个体数, $N$ 为所有种的个体数<sup>[9,14]</sup>。

**2.2.5 均匀度** 均匀度是群落样方中每个种个体数目之间的差异。因此,均匀度通常被定义为观察多样性与最高多样性的比率。本文采用Pielou<sup>[13]</sup>公式: $E = H'/\ln S$ ,式中 $H'$ 为Shannon指数, $S$ 为群落的物种数。

**2.2.6 优势度** 根据种类在总样本中的数量比率大小排列,由物种的累积百分数(各物种个体数占总个体百分数由大到小的累加值)绘制的优势度曲线用于群落结构的数据分析,

能够较直观地反映群落的种类均匀度和丰度<sup>[4,7]</sup>。

**2.2.7 物种丰富度** 物种丰富度即物种的数目,可直接用群落物种数表示,也可用群落物种数与群落个体数的比值来表示。本文采用物种数作为丰富度指标,即 $S = N$ , $N$ 为样本中观察到的物种数<sup>[3]</sup>。

**2.2.8 群落极点排序和聚类分析** 群落间的距离系数(即不相似性系数)也可表达各个群落间的相似性测度。根据各垂直带虫生真菌群落的种类组成和个体数量的差异,按Bray等<sup>[2]</sup>提出的公式计算距离系数,并运用极点排序法对群落进行排序,计算软件采用DPS系统<sup>[15]</sup>。Bray距离系数公式:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^n |x_{ij} + x_{ik}|}$$

其中, $B$ 为相异性测度, $n$ 为样本中的物种数量, $x_{ij}$ 、 $x_{ik}$ 为样本*j*和样本*k*中第*i*种物种的个体数。对用Bray距离系数公式计算出的距离系数矩阵,采用系统聚类法中的最短距离法进行聚类分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 群落的特征

对先后采集到的1986个罹病标本进行初步整理、鉴定结果表明,该地区虫生真菌群落结构十分复杂,共整理出50个种,它们隶属4目、4科、16属。其中,虫霉目虫霉科的虫瘟霉属(*Zoophthora*)2种,虫疔霉属(*Pandora*)1种,噬虫霉属(*Entomophaga*)1种,虫疫霉属(*Erynia*)1种;丝孢目丝孢科的白僵菌属(*Beauveria*)3种,拟青霉属(*Paecilomyces*)6种,绿僵菌属(*Metarhizium*)1种,野村菌属(*Nomuraea*)1种,轮枝孢属(*Verticillium*)1种,马利娅霉属(*Mariannaea*)1种,枝孢属(*Cladosporium*)1种,顶孢霉属(*Acremonium*)1种;束梗孢目束梗孢科的球束梗孢属(*Gibellula*)1种,刺束梗孢属(*Akanthomyces*)2种;麦角菌目麦角菌科的虫草属(*Cordyceps*)26种,虫壳属(*Torrubiella*)1种。

### 3.2 群落多样性与动态

**3.2.1 不同海拔高度的虫生真菌群落多样性比较** 虫生真菌群落的垂直分布主要取决于它们对生境小气候与植被的选择。由表1可看出,虫生真菌群落多样性指数以1100~1150 m海拔梯度最高,以900 m以下垂直带最低。这主要是因为1100~1150 m海拔梯度内植被多年来保护完好,人为干扰轻,属中山地带,气候凉爽湿润,植被类型多样,为虫生真菌生长、发育提供了有利的条件。随着海拔的升高,气温逐渐降低,植被类型也相对单一。到1200 m以上,已属高山地带,气温低寒,土层瘠薄,植被多为山

地矮林、山地灌丛和黄山松林,落叶层也较干燥,不利于虫生真菌的分布.因此,随着海拔的升高,物种数、个体数以及物种多样性指数逐渐降低.900 m 以下由于植被破坏严重,人为活动频繁,严重影响了该地带虫生真菌的分布,因此物种数、多样性指数都最低.1 200 m 以上地带由于各种群的个体数相差不大,所以均匀度最高.

表 1 不同垂直高度带虫生真菌群落多样性比较  
Table 1 Diversities of entomogenous fungal communities at different altitudes

海拔高度 Altitude(m)	S	N	H'	E
<900	10	86	2.309470	0.695220
900~950	18	75	2.977270	0.713990
950~1 000	13	161	2.539220	0.686200
1 000~1 050	17	186	2.716900	0.664690
1 050~1 100	16	245	2.623310	0.655830
1 100~1 150	24	264	3.173520	0.692160
1 150~1 200	19	144	3.135360	0.738090
>1 200	12	41	2.846140	0.793910

S:丰富度 Abundance; N:个体总数 No. of individuals; H': Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index; E:均匀度 Evenness. 下同 The same below.

图 1 为安徽大别山区不同海拔梯度内虫生真菌种群数量优势度曲线的变化情况.不同海拔梯度内种群数量优势度与多样性指数(H')的变化趋势基本相反:900 m 以下地段优势度最高,900~950 m、1 100~1 150 m 和 1 150~1 200 m 地段优势度较低,但 1 150~1 200 m 上升较快.由于 1 100~1 150 m 地段内非优势种类多,且种群数量比较均匀,因此曲线后段上升较平缓.

表 2 距离系数与极点排序  
Table 2 Coefficient of distance and taxis of extremity

距离系数矩阵 Bray-Curtis Measure							
0.000000	0.430380	0.385250	0.512920	0.506250	0.520230	0.419640	0.669290
0.430380	0.000000	0.452170	0.478600	0.588240	0.596390	0.380950	0.433630
0.385250	0.452170	0.000000	0.172010	0.229590	0.272730	0.317570	0.648240
0.512920	0.478600	0.172010	0.000000	0.193320	0.213480	0.380800	0.681420
0.506250	0.588240	0.229590	0.193320	0.000000	0.182190	0.424730	0.723640
0.520230	0.596390	0.272730	0.213480	0.182190	0.000000	0.376880	0.734220
0.419640	0.380950	0.317570	0.380800	0.424730	0.376880	0.000000	0.575420
0.669290	0.433630	0.648240	0.681420	0.723640	0.734220	0.575420	0.000000

不同群落极点排序结果 Taxis of extremity for different community

序号 No.	X	Y	偏离值 Departure value
I	0.246363	0.000000	0.458197
II	0.481276	0.365198	0.352213
III	0.131599	0.182017	0.238879
IV	0.081937	0.230062	0.197130
V	0.033108	0.185035	0.179156
VI	0.000000	0.184304	0.000000
VII	0.238355	0.261549	0.291934
VIII	0.734220	0.734220	0.000000

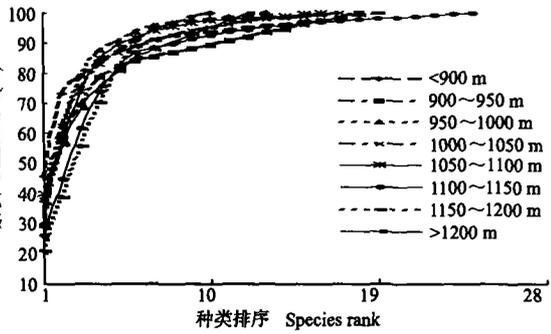


图 1 不同垂直带虫生真菌种群优势度曲线  
Fig. 1 K-dominance curves of individuals between different altitudes.

3.2.2 垂直带虫生真菌群落极点排序与聚类分析

根据各垂直带虫生真菌群落的种类组成和个体数量的差异,采用 Bray 等提出的公式计算距离系数,得到 Bray-Curtis Measure 距离系数矩阵(表 2),并采用群落的极点排序法对其进行排序分析,对极点排序结果作 x-y 散点图,结果见图 2.

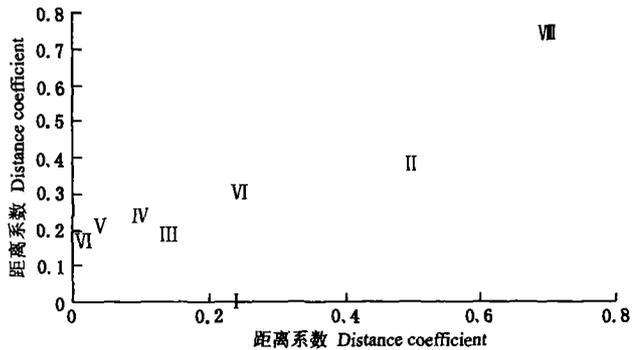


图 2 极点排序结果 X-Y 散点图  
Fig. 2 Curve for taxis of extremity.

I. 900 m; II. 900~950 m; III. 950~1 000 m; IV. 1 000~1 050 m; V. 1 050~1 100 m; VI. 1 100~1 150 m; VII. 1 150~1 200 m; VIII. 1 200 m. 下同 The same below.

从坐标系中各群落的位置来看, III、IV、V、VI、VII 相互之间较靠近,可看成一个群落集团.该群落集

团与 I、II、VII 以及 I、II、VII 相互之间位置较远,说明垂直带的虫生真菌群落结构差异较大。

对距离系数矩阵采用系统聚类法中的最短距离法进行聚类分析表明,与极点排序法表现出相同的趋势。由图 3 可以看出,垂直地段 III 与 IV 最为接近,率先在类间距 0.415 水平上相聚, V 与 VI 在 0.427 处相聚,然后 III、IV、V、VI 与 VII 共同在 0.564 处相聚在一起。在类间距达 0.617 时,可将 8 个地段聚成 3 大类。其中地段 I (海拔 900 m 以下) 单独成为 1 类,地段 II、III、IV、V、VI 和 VII 聚为 1 类(海拔 900 ~ 1 200 m),地段 VIII (海拔 1 200 m 以上) 独自成为 1 类。

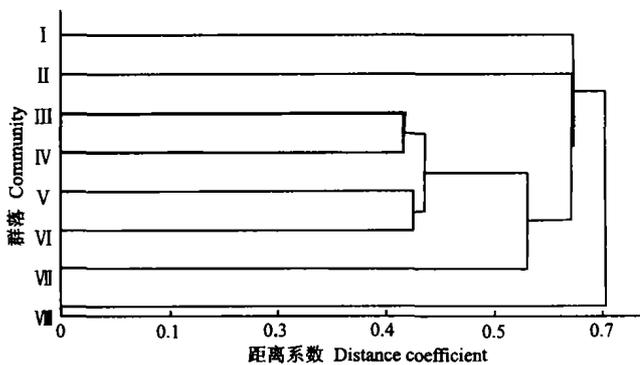


图 3 不同垂直带聚类谱系图  
Fig. 3 Hierarchical clustering analysis diagram of different altitudes.

根据聚类结果,并结合垂直带的气候类型,可将安徽大别山区虫生真菌群落划分为 3 个垂直生态类群:温湿低山气候类型(海拔 900 m 以下)、凉湿中山气候类型(海拔 900 ~ 1 200 m)和寒湿山顶气候类型(海拔 1 200 m 以上)。

**3.2.3 群落物种多样性的季节变化** 由表 3 可知,早春气温低,虫生真菌刚开始出现,物种数、个体总数、多样性指数和均匀度都最低。随着温度的升高,水热条件逐步好转,虫生真菌物种数及个体数均逐渐增多,夏季物种数、个体总数和多样性指数均达到最高值。到秋季,由于天气转凉,雨水减少,气候相对干燥,物种数、个体总数及多样性指数又降低。由于秋季虫生真菌各类群的个体总数差异不太显著,所以均匀度相对较高,居第 2 位。

表 3 安徽大别山区虫生真菌群落物种多样性指数的季节变化  
Table 3 Seasonal change of species diversity of entomogenous fungal communities

季节 Season	S	N	H'	E
早春 Early spring	9	169	1.710690	0.539660
晚春 Late spring	17	316	2.633480	0.658370
夏季 Summer	25	636	2.851140	0.613960
秋季 Autumn	15	433	2.539940	0.650120

由图 4 可以看出,早春虫生真菌种群数优势度

最高,夏季最低,与多样性指数相反。晚春和秋季的优势度差别不明显,与物种丰富度(S)、多样性指数(H')、均匀度的变化趋势基本一致。

**3.2.4 水平地带虫生真菌群落的多样性比较** 由表 4 可以看出,两个自然保护区内的虫生真菌群落存在明显的水平地带性差异。鹞落坪自然保护区内的虫生真菌种类十分丰富,共计 37 种,而天堂寨自然保护区仅有 31 种;鹞落坪的虫生真菌群落物种多样性指数高达 3.263220,而天堂寨自然保护区仅为 2.670610;鹞落坪的虫生真菌群落的均匀度也较高。从优势度曲线(图 5)的变化趋势也可以看出,鹞落坪自然保护区的虫生真菌群落不仅物种丰富度高,而且各物种所占的比例差异不太大,所以它的优势度较低,曲线的走势始终低于天堂寨。

表 4 水平地带虫生真菌群落物种多样性比较  
Table 4 Diversities of entomogenous fungal communities between two horizontals

水平地带 Horizontal zone	S	N	H'	E
天堂寨自然保护区 <sup>1)</sup>	31	878	2.670610	0.608020
鹞落坪自然保护区 <sup>2)</sup>	37	676	3.263220	0.641420

1) Tiantangzhai Natural Reserve, 2) Yaoluoping Natural Reserve.

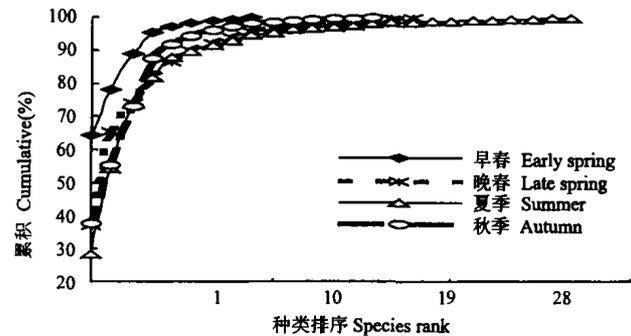


图 4 不同季节虫生真菌种群的优势度曲线  
Fig. 4 K-dominance curves of individuals of entomogenous fungi between seasons.

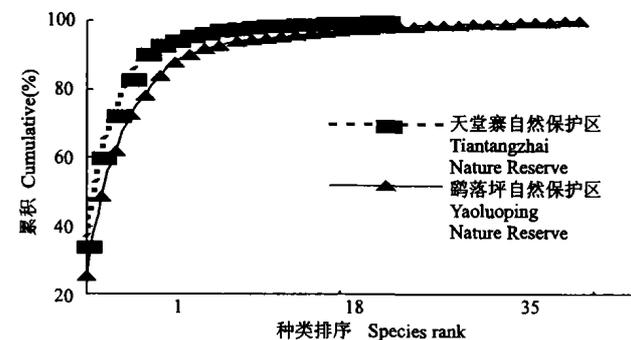


图 5 水平地带内虫生真菌种群的优势度曲线  
Fig. 5 K-dominance curves of individuals of entomogenous fungi between horizontals.

## 4 结论

**4.1 安徽大别山区虫生真菌群落结构十分复杂,共**

计 50 个种,它们隶属 4 目、4 科、16 属。

4.2 该区地貌形态和生态环境复杂多样,导致虫生真菌群落海拔高度、季节和水平分布上存在明显的差异。从垂直分布来看,物种数、个体总数和多样性指数都以 1 100~1 150 m 梯度带最高,随着海拔升高或降低,基本上表现降低的趋势。同时也表明人类活动对虫生真菌群落多样性有较大的影响。从季节分布来看,夏季是虫生真菌最丰富的季节,随着温度和雨量的减少,其物种数、个体总数和多样性指数也明显减少。这进一步表明,温度、湿度、地表生长物和寄主昆虫分布等是影响虫生真菌群落多样性的主导生态因子。

4.3 应用极点排序和系统聚类分析,可将安徽大别山区虫生真菌群落划分为 3 个垂直生态类群:温湿低山气候类型(海拔 900 m 以下)、凉湿中山气候类型(海拔 900~1200 m)和寒湿高山气候类型(海拔 1200 m 以上)。这与该区垂直气候类型的划分相一致。

#### 参考文献

- 1 Bi S-D(毕守东), Zou Y-D(邹运鼎), Geng J-G(耿继光). 2000. Geostatistical analysis on spatial patterns of *Aphis gossypii* and *Propylea japonia*. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 11(3): 421~386(in Chinese)
- 2 Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol Mon*, 27: 325~349
- 3 Cao T-R(曹铁如), Qi C-J(祁承经), Yu X-L(喻勋林). 1997. Studies on species diversity of *Fagus lucida* communities on the Badagongshan mountain, Hunan. *Chin Biodiver* (生物多样性), 5(2): 112~120(in Chinese)
- 4 Clarke KR. 1990. Comparisons of dominance curves. *Exp Mar Biol Ecol*, 138: 143~157
- 5 Han B-Y(韩宝瑜), Li Z-Z(李增智), Wang C-S(王成树), et al. 1997. Numeral, temporal and spatial patterns of animal and entomogenous fungus communities in Masson pine stands with reasonable chemical control. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 8(1): 65~69(in Chinese)
- 6 Heip C. 1974. A new index measuring evenness. *J Mar Biol Assoc*, 54: 555~557
- 7 Jin X-S(金显仕), Deng J-Y(邓景耀). 2000. Variations in community structure of fishery resources and biodiversity in the Laizhou Bay, Shandong. *Chin Biodiver* (生物多样性), 8(1): 65~72(in Chinese)
- 8 Li G-T(李桂亭), Zou Y-D(邹运鼎), Zhou X-Z(周夏芝), et al. 2002. Impact of disturbance and spatial heterogeneity on predation of the great lacewing. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 13(4): 433~437(in Chinese)
- 9 Li Z-Z(李增智), Han B-Y(韩宝瑜), Fan M-Z(樊美珍), et al. 1998. Strategies of applying *Beauveria bassiana* against Masson pine caterpillar and their biodiversity basis. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 9(5): 503~510(in Chinese)
- 10 Lin H-F(林华峰), Li Z-Z(李增智), Hu C(胡萃). 1999. Influence of drug form and host state on germination and infection of *Beauveria bassiana*. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 10: 523~527(in Chinese)
- 11 Ma K-P(马克平), Liu Y-M(刘玉明). 1994. Measurement of biotic community diversity I. A diversity(part 2). *Chin Biodiver* (生物多样性), 2(4): 231~239(in Chinese)
- 12 Peet RK. 1974. The measurement of species diversity. *Ann Rev Ecol Syst*, 5: 285~307
- 13 Pielou EC. 1969. An Introduction to Mathematical Ecology. New York: Wiley and Sons. 1~406
- 14 Shannon CE, Weaver W. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Illinois: University of Illinois Press. 117
- 15 Tang Q-Y(唐启义), Feng M-G(冯明光). 1997. Practical Statistics and DPS Data Processing System. Beijing: China Agricultural Press. 108~125(in Chinese)
- 16 Wang B(王斌), Fan M-Z(樊美珍), Li Z-Z(李增智). 2002. Population dynamics of *Beauveria bassiana* in a Masson's pine ecosystem. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 13(11): 1368~1372(in Chinese)
- 17 Wang C-S(王成树), Li Z-Z(李增智), Fan M-Z(樊美珍), et al. 1998. Near relation characterization of *Beauveria bassiana* strains isolated from different hosts and geographic origins. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 9(2): 189~194(in Chinese)
- 18 Wang C-S(王成树), Fan M-Z(樊美珍), Li Z-Z(李增智). 1999. Interactive of time-temperature and time-moisture on *Beauveria bassiana* conidia. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 10(4): 475~477(in Chinese)
- 19 Zhao Z-M(赵志模), Guo Y-Q(郭依泉). 1990. Principle and Methods of Community Ecology. Chongqing: Scientific and Technical Documentation, Chongqing Branch. 148~153(in Chinese)

---

作者简介 王四宝,男,1972 年出生,讲师,在读博士,主要从事昆虫病原真菌生态学和生物防治研究,发表论文 10 余篇. E-mail: wangsibao@hotmail.com

---