

## 西双版纳泥蜂物种多样性与 不同生境之间关系研究<sup>\*</sup>

史旭曾, 王金秀, 赵苓, 濮永胜, 江会芬, 何怡, 李强<sup>\*\*</sup>, 马丽<sup>\*\*</sup>  
(云南农业大学 植物保护学院, 云南昆明 650201)

**摘要:**【目的】揭示云南西双版纳傣族自治州泥蜂物种多样性及其群落特征与不同生境之间的关系。【方法】采用马氏网诱集法系统调查研究自然恢复林区、人工辅助恢复林区、林间平台区、农林观赏区和热带雨林区等不同演替阶段生境中的泥蜂物种多样性及群落特征。【结果】在5个样地共诱集到泥蜂类昆虫2科19属72种, 共计395头; 含有种类数量最多的属为短翅泥蜂属(*Trypoxyylon*), 占全部种类的22.22%; 含有个体数量最多的属为脊短柄泥蜂属(*Psenulus*), 占全部泥蜂个体数量的29.87%。泥蜂群落Shannon-Wiener多样性指数和Margalef丰富度指数由大到小依次为:农林观赏区>自然恢复林区>热带雨林区>人工辅助恢复林区>林间平台区, 但Pielou均匀度指数热带雨林区最高, Berger-Parker优势度指数农林观赏区最高; 不同生境之间泥蜂群落相似性指数在0.0833~0.3617, 表现为不相似或极不相似, 表明不同生境类型决定了泥蜂类群和种类的分布。【结论】泥蜂物种多样性及其群落特征的变化与生态环境的演化密切相关, 随着生态环境的复杂化, 泥蜂群落优势类群更替趋势明显, 优势类群增多。本研究结果对泥蜂与生态环境协同演化、泥蜂作为生态环境恢复程度指示物以及泥蜂保护和利用的进一步研究奠定了基础。

**关键词:**物种多样性; 泥蜂; 生态环境

中图分类号: S 891.5 文献标志码: A 文章编号: 1004-390X (2021) 03-0417-07

## Study on the Relationship between the Species Diversity of Sphecid Wasps and Different Habitats in Xishuangbanna

SHI Xuzeng, WANG Jinxiu, ZHAO Ling, PU Yongsheng,

JIANG Huifen, HE Yi, LI Qiang, MA Li

(College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

**Abstract:** [Purposes] To reveal the relationship between the species diversity and community characteristics of sphecid wasps and the different habitats in Xishuangbanna Dai Autonomous Prefecture. [Methods] The species and community of sphecid wasps in the different succession stages of five habitats (naturally restored forest, artificially restored forest, forest platform area, ornamental agroforest and tropical rain forest) were investigated systematically by using Malaise trap.

[Results] There were 395 sphecid wasp individuals in 5 sample plots belonging to 2 families, 19 genera and 72 species. The genus with the largest number of species was *Trypoxyylon*, accounting for 22.22% of all species; the genus with the largest number of individuals was *Psenulus*, accounting

收稿日期: 2020-05-24 修回日期: 2021-01-19 网络首发时间: 2021-04-29 10:17:45

\*基金项目: 国家自然科学基金项目(31760641, 31960112)。

作者简介: 史旭曾(1994—), 男, 吉林辽源人, 硕士研究生, 主要从事农业生物多样性与害虫综合治理研究。E-mail: 624232005@qq.com

\*\*通信作者 Corresponding authors: 李强(1962—), 男, 山东寿光人, 博士, 教授, 主要从事昆虫分类及害虫治理研究。E-mail: liqiangkm@126.com; 马丽(1981—), 女, 湖北荆门人, 博士, 教授, 主要从事昆虫分类研究。E-mail: maliwasps@aliyun.com

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20210428.1341.001.html>



for 29.87% of the total number of individuals. The Shannon-Wiener diversity and Margalef richness indexes of sphecid wasps were as follows: ornamental agroforest>naturally restored forest>tropical rain forest>artificially restored forest>forest platform, while the Pielou evenness index of tropical rain forest and Berger-Parker dominance index of ornamental agroforest were the highest; the similarity index of communities between different habitats was between 0.083 3 and 0.361 7, which was dissimilar or very dissimilar, indicating that different habitat types determined the distribution of sphecid wasps. [Conclusions] The species diversity and community characteristics of sphecid wasps were closely related to the environment change. With the complication of the ecological environment, the dominant group replacement trend of sphecid wasp community was obvious, the dominant group increased and the relative abundance decreased. This study are of great significance for further research on the coevolution of sphecid wasps and the ecological environment, sphecid wasps as indicators of the restoration degree of the ecological environment, and the protection and utilization of sphecid wasps.

**Keywords:** species diversity; sphecid wasps; ecosystem

物种多样性是指物种水平的生物多样性，是从生态学角度对群落的组织水平进行研究，其现状、形成、演化及维持机制等是研究的主要内容，而物种多样性编目是一项艰巨而又亟待加强的课题，是了解植被现状和特有程度等在内的最有效的途径。昆虫是地球上种类最多的动物类群之一，几乎分布在各种生境中<sup>[1]</sup>。长期以来，国内外学者在昆虫群落多样性的研究与区域性昆虫群落组成、昆虫种群监测、害虫防治以及濒危物种的保护和有益种类的利用等生产实践方面取得了一些研究成果<sup>[2-6]</sup>，但对于群落的多样性与稳定性的相互关系问题，前人的研究曾经得出不同甚至完全相反的结论<sup>[7-11]</sup>。生物多样性的研究大多集中在物种多样性层次<sup>[12]</sup>，国内外运用昆虫物种进行环境监测调查的研究较多，但国内并未出现泥蜂物种多样性与生态环境的关系以及种群观测的研究报道。

在自然界中，膜翅目蜜蜂总科 (Apoidea) 的蜂类是最为理想的传粉昆虫<sup>[13]</sup>。泥蜂隶属蜜蜂总科，是一类重要的传粉昆虫，同时也是一类具有重要价值的天敌昆虫，其种类繁多，习见于林间、果树、农田和草甸等多种生态环境中；泥蜂成虫取食花蜜，幼虫为肉食性，不同类群的泥蜂成虫分别在土地、石缝和中空茎秆等处挖筑或建造巢穴，捕猎不同类群的昆虫放入巢穴中供其幼虫食用，在自然界对植食性昆虫种群数量的发生起到了直接的自然控制作用；同时，泥蜂对生态环境的变化反应敏感，不同林草等生态环境中常

分布不同类群和种类的泥蜂<sup>[7]</sup>。

西双版纳地区是中国生物多样性最为丰富的地区之一，布朗山位于西双版纳州勐海县境内，保存了较大面积的典型山地雨林植被。山地雨林生物多样性丰富，种类组成特殊，富含国家珍稀濒危保护动植物，群落演替过程复杂多变，在生物多样性保护及科学的研究工作上有重要意义<sup>[14]</sup>。20世纪80年代初，为发展木材产业及经济林，森林遭到商业性采伐和烧荒等人为破坏，损毁了布朗山部分森林；自1998年国家停止布朗山商业性采伐，实施天然林保护工程，以及2002年实施退耕还林工程等相关措施后，布朗山生态环境得到一定程度的恢复，现森林覆盖率达80%<sup>[15]</sup>。因此，在西双版纳地区选择退耕还林工程之后不同恢复阶段的生态环境开展泥蜂物种多样性的对比调查研究，旨在了解泥蜂物种多样性及其群落特征与不同生态环境之间的内在关系以及变化规律，为泥蜂与生态环境协同演化、泥蜂作为生态环境恢复程度指示物以及泥蜂保护和利用的进一步研究奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况及样地设置

#### 1.1.1 研究区概况

西双版纳傣族自治州位于云南省西南部，以美丽的热带雨林景观和少数民族风情而闻名于世，区域内具有非常丰富的动植物种类，具有“常夏无冬，一雨成秋”的特点。一年分为雨季和

旱季, 雨季长达5个月, 雨季降水量占全年降水量的80%以上, 年降雨量1136~1513 mm, 具有云雨多、风速小、日照少、气温高和湿度大等特性; 旱季长达7个月之久, 云雨少, 光照强, 雾露浓重; 该区域分布有热带季风常绿阔叶林和热带雨林<sup>[15]</sup>。

### 1.1.2 样地设置

在热带季风常绿阔叶林区域(布朗山)及热带雨林区域(勐仑镇中国科学院西双版纳热带植物园)选择5个调查样地, 样地名称、生态环境及人为干扰程度<sup>[9]</sup>等如下。

样地1: 位于布朗山的自然恢复林区, 海拔1659 m, 地理位置N21°44.498', E100°26.889'; 样地环境为经历过山火侵袭之后的自然恢复林区, 山谷底部具溪流, 有较多树龄较大的高大乔木, 山坡上优势植被类群为竹属、芭蕉以及杂草等; 人为干扰程度为轻度干扰。

样地2: 位于布朗山的人工辅助恢复林区, 海拔1621 m, 地理位置N21°44.745', E100°26.070'; 样地环境为经历过山火侵袭之后的人工辅助初期恢复区, 以草地和次生林为主; 半边为人工种植树龄较小的次生杨梅林及古茶树苗, 混生大量杂草, 另半边为野生草地, 主要有白茅和紫茎泽兰等; 人为干扰程度为中度干扰。

样地3: 位于布朗山中的林间平台区, 海拔1646 m, 地理位置N21°44.912', E100°26.647'; 样地环境为三面环有山林的人工修筑的平台, 主要以砂石为主, 植被稀少, 一侧有水塘; 平台靠近山下方沟谷溪流; 山林中有大量的阔叶林和树龄较大的高大乔木(卷柏和柚木等), 树木靠近顶层常有大量的石斛生长; 人为干扰程度为中度干扰。

样地4: 位于热带植物园内的农林观赏区, 海拔543 m, 地理位置N21°92.439', E101°26.840'; 样地环境为植物园内道路旁的热带雨林与农业作物结合区域, 主要植物为人工种植橡胶林和槟榔树混合型林地, 主要灌木为散尾葵, 主要杂草为鸭跖草和双盖蕨等; 人为干扰程度为中度干扰。

样地5: 位于热带植物园内的热带雨林区, 海拔606 m, 地理位置N21°91.613', E101°27.118'; 样地环境为植物园热带雨林未开放区内, 植被为桃金娘科、望天树、卷柏科、翠云草、玉蕊科和鳞毛蕨科等; 人为干扰程度为轻度干扰。

### 1.2 试验材料和采集方法

采用马氏网诱捕法进行调查采集, 于2018年4月—2019年4月定期定点调查, 每30 d调查1次。试验用材料有马来氏网、塑料瓶、75%酒精、标本盒、昆虫针、镊子、螺丝刀和砍柴刀等。

根据相关泥蜂分类资料<sup>[16-18]</sup>, 将标本鉴定到亚科、属和种, 对于不能鉴定到种的种类则记载为“属名+sp.”。

### 1.3 数据处理及分析

群落特征指数采用物种丰富度指数、多样性指数、均匀度指数和优势度指数。

丰富度指数采用Margalef丰富度指数:  $D' = (S-1)/\ln N$ 。式中,  $S$ 为物种数。

多样性分析采用Shannon-Wiener多样性指数:  $H' = -\sum P_i \ln P_i$ 。式中,  $P_i = N_i/N$ ;  $N_i$ 为第*i*种的个体数;  $N$ 为总个体数量。

均匀度指数采用Pielou均匀度指数:  $J = H'/\ln S$ 。式中,  $H'$ 为多样性指数;  $S$ 为种类数。

优势度指数采用Berger-Parker优势度指数:  $D = N_{\max}/N$ 。式中,  $N_{\max}$ 为优势种群数量;  $N$ 为全部种的种群数量。

群落相似性测度采用Jaccard群落相似性系数:  $q = c/(a+b-c)$ 。式中,  $a$ 为A群落类群数;  $b$ 为B群落类群数;  $c$ 为两群落共有类群数。当相似性系数为0~0.25时为极不相似; >0.25~0.50时为不相似; >0.50~0.75时为相似。

所有数据均利用Microsoft Office Excel 2010进行整理统计, 利用SPSS 22.0进行物种相似度等相关分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 泥蜂物种多样性分析

#### 2.1.1 泥蜂类群及种类数量分析

5个样地内共采集到泥蜂类群2科19属72种, 共计395头(表1)。2科分别为蠍泥蜂科(Ampulicidae)和方头泥蜂科(Crabronidae), 其中, 蠍泥蜂科仅有1属[黑蠍泥蜂属(*Dolichurus*)], 其他18属均隶属方头泥蜂科。

由表1可知: 种类数量最多的属为短翅泥蜂属(*Trypoxyylon*), 占全部泥蜂种类的22.22%; 次之为脊短柄泥蜂属(*Psenulus*), 占全部泥蜂种类的11.11%; 有8个属仅包括1个物种, 均占全部

表 1 泥蜂种类及个体数量统计  
Tab. 1 Species and individual numbers of sphecid wasps

属 genus	物种数 number of species	占总物种 百分比/% percentage of total species	个体数 individual number	占总个体数量 百分比/% percentage of total individuals	属 genus	物种数 number of species	占总物种 百分比/% percentage of total species	个体数 individual number	占总个体数量 百分比/% percentage of total individuals
棒柄泥蜂属 <i>Rhopalum</i>	4	5.56	16	4.05	捷小唇泥蜂属 <i>Tachytes</i>	7	9.72	32	8.10
刺胸泥蜂属 <i>Oxybelus</i>	1	1.39	1	0.25	隆痣短柄泥蜂属 <i>Carinostigmus</i>	6	8.33	48	12.15
盗方头泥蜂属 <i>Lestica</i>	1	1.39	1	0.25	米木短柄泥蜂属 <i>Mimumesa</i>	1	1.39	1	0.25
短翅泥蜂属 <i>Trypoxylon</i>	16	22.22	90	22.78	三室短柄泥蜂属 <i>Psen</i>	2	2.78	7	1.77
方头泥蜂属 <i>Crabro</i>	3	4.17	6	1.52	始痣短柄泥蜂属 <i>Tzustigmus</i>	1	1.39	1	0.25
黑蠍泥蜂属 <i>Dolichurus</i>	4	5.56	11	2.78	狭额短柄泥蜂属 <i>Polemistus</i>	4	5.56	10	2.53
宏痣短柄泥蜂属 <i>Spilomenina</i>	1	1.39	5	1.27	小唇泥蜂属 <i>Larra</i>	1	1.39	3	0.76
滑腹泥蜂属 <i>Encopognathus</i>	1	1.39	2	0.51	缨角泥蜂属 <i>Crossocerus</i>	7	9.72	30	7.59
脊短柄泥蜂属 <i>Psenulus</i>	8	11.11	118	29.87	转长泥蜂属 <i>Tracheliodes</i>	1	1.39	5	1.27
节腹泥蜂属 <i>Cerceris</i>	3	4.17	8	2.03	合计 total	72	100.00	395	100.00

泥蜂种类的 1.39%。个体数最多的属为脊短柄泥蜂属 (*Psenulus*) 和短翅泥蜂属 (*Trypoxylon*)，分别占全部泥蜂个体数的 29.87% 和 22.78%；次之为隆痣短柄泥蜂属 (*Carinostigmus*) 和捷小唇泥蜂属 (*Tachytes*)，分别占全部泥蜂个体数的 12.15% 和 8.10%；15 个属的个体数量占总个体数量的 8% 以下。不同属含有的物种数量及个体数量差异较大。

### 2.1.2 不同生境中泥蜂属和种及个体数量比较分析

由表 2 可知：样地 1、2 和 3 均位于热带季风常绿阔叶林区，均分布有泥蜂 10~11 属 22~25 种，差异较小；样地 1 和样地 2 均为遭受过山火袭击的区域，样地 1 有泥蜂 10 属 25 种 55 个体，样地 2 有泥蜂 11 属 22 种 53 个体；样地 3 为人为干扰相对较大的林间平台区域，有泥蜂 11 属 22 种 64 个体；样地 4 为热带雨林环境开辟出的、人工种植历史较长的橡胶树和槟榔树等农林观赏区，分布有泥蜂 14 属 43 种 180 个体，其属、种类及个体数最多；样地 5 为热带雨林环境，分布有泥蜂 8 属 21 种 43 个体，个体数量在 5 个样地中最少。说明泥蜂物种多样性随着生态环境的变化而变化。

### 2.1.3 不同生境中泥蜂优势类群分析

不同生境中泥蜂优势类群组成及优势类群数

量均不同（图 1）。样地 1 有 2 个优势类群，分别为脊短柄泥蜂属 (*Psenulus*) 和短翅泥蜂属 (*Trypoxylon*)；样地 2 有 4 个优势类群，分别为节腹泥蜂属 (*Cerceris*)、脊短柄泥蜂属 (*Psenulus*)、短翅泥蜂属 (*Trypoxylon*) 和隆痣短柄泥蜂属 (*Carinostigmus*)；样地 3 有 2 个优势类群，分别为隆痣短柄泥蜂属 (*Carinostigmus*) 和短翅泥蜂属 (*Trypoxylon*)；样地 4 有 3 个优势类群，分别为脊短柄泥蜂属 (*Psenulus*)、短翅泥蜂属 (*Trypoxylon*) 和捷小唇泥蜂属 (*Tachytes*)；样地 5 有 5 个优势类群，分别为脊短柄泥蜂属 (*Psenulus*)、棒柄泥蜂属 (*Rhopalum*)、狭额短柄泥蜂属 (*Polemistus*)、缨角泥蜂属 (*Crossocerus*) 和短翅泥蜂属 (*Trypoxylon*)。说明泥蜂优势类群组成及相对多度随着生境的变化而发生显著的变化，恢复和演化不同阶段的生态环境中泥蜂优势类群更替趋势明显，生态环境复杂，泥蜂优势类群增多。

### 2.2 不同生境泥蜂群落特征分析

由表 3 可知：Shannon-Wiener 多样性指数与 Margalef 丰富度指数从高到低依次为：样地 4>样地 1>样地 5>样地 2>样地 3。样地 5 为热带雨林环境，植被种类丰富，物种多样性丰富，生态系统稳定，泥蜂群落的均匀度指数最高，表明泥蜂捕猎的各类植食性昆虫的种群数量较小，不同种

表2 不同环境中泥蜂的属种及其个体数量分析

Tab. 2 Genera, species and individuals of sphecid species in different habitats

属名 genus	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	
	物种数 species	个体数 individual								
棒柄泥蜂属 <i>Rhopalum</i>	2	2	1	4	1	1	2	3	2	6
刺胸泥蜂属 <i>Oxybelus</i>	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—
盗方头泥蜂属 <i>Lestica</i>	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—
短翅泥蜂属 <i>Trypoxyylon</i>	7	20	4	12	6	16	12	36	4	6
方头泥蜂属 <i>Crabro</i>	—	—	—	—	3	5	1	1	—	—
黑蠍泥蜂属 <i>Dolichurus</i>	1	1	—	—	—	—	4	6	2	4
宏痣短柄泥蜂属 <i>Spilomenina</i>	1	3	1	1	—	—	1	1	—	—
滑腹泥蜂属 <i>Encopognathus</i>	—	—	—	—	1	1	1	1	—	—
脊短柄泥蜂属 <i>Psenulus</i>	3	18	2	8	1	2	5	83	4	7
节腹泥蜂属 <i>Cerceris</i>	—	—	3	7	1	1	—	—	—	—
捷小唇泥蜂属 <i>Tachytes</i>	1	1	—	—	3	8	7	20	2	3
隆痣短柄泥蜂属 <i>Carinostigmus</i>	4	4	3	11	3	23	1	10	—	—
米木短柄泥蜂属 <i>Mimumesa</i>	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—
三室短柄泥蜂属 <i>Psen</i>	2	2	—	—	1	5	—	—	—	—
始痣短柄泥蜂属 <i>Tzustigmus</i>	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—
狭额短柄泥蜂属 <i>Polemistus</i>	—	—	1	1	1	1	1	1	3	7
小唇泥蜂属 <i>Larra</i>	1	1	1	2	—	—	—	—	—	—
缨角泥蜂属 <i>Crossocerus</i>	3	3	4	5	1	1	5	13	3	8
转长泥蜂属 <i>Tracheliodes</i>	—	—	—	—	—	—	1	3	1	2
合计 total	10 属 25 种	55	11 属 22 种	53	11 属 22 种	64	14 属 43 种	180	8 属 21 种	43

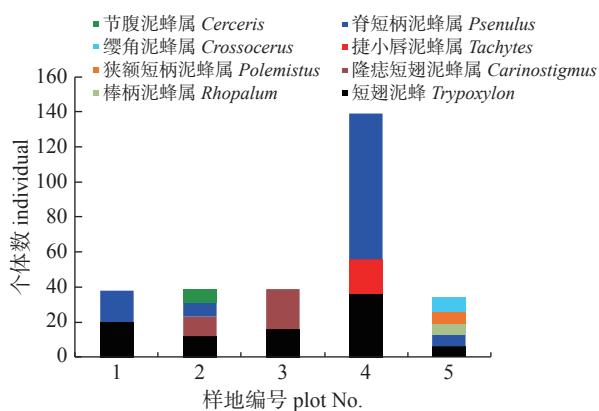


图1 不同环境中泥蜂优势类群组成及相对多度

Fig. 1 Composition and relative abundance of dominant groups of sphecid wasps in different habitats

类植食性昆虫之间种群数量的差异也较小。样地4为热带雨林环境中人工种植橡胶树和槟榔树混合型林地, 天敌泥蜂的属种数量最多, 泥蜂群落丰富度指数最高, 均匀度指数最低, 表明热带雨林环境对人工种植环境中泥蜂群落组成有一定影响。样地1、2和3均处于布朗山林区环境, 其中样地1为经历山火侵袭之后的自然恢复林区,

表3 不同林地环境中泥蜂群落特征分析

Tab. 3 Communities characteristics of sphecid wasps in different habitats

样地编号 plot No.	$H'$	$J'$	$D'$	$D$
1	2.9192	0.9069	5.9890	0.2545
2	2.7635	0.8940	5.2893	0.2453
3	2.5035	0.8099	5.0123	0.2969
4	2.9617	0.7874	8.0879	0.3778
5	2.9108	0.9561	5.3175	0.3721

注:  $H'$ . Shannon-Wiener 多样性指数;  $J'$ . Pielou 均匀度指数;  $D'$ . Margalef 丰富度指数;  $D$ . Berger-Parker 优势度指数。

Note:  $H'$ . Shannon-Wiener diversity index;  $J'$ . Pielou evenness index;  $D'$ . Margalef richness index;  $D$ . Berger-Parker dominance index.

泥蜂群落多样性指数第2高, 均匀度指数和丰富度指数相对较高; 样地2为经历山火侵袭之后的人工辅助恢复林区, 泥蜂群落多样性指数相对较低; 样地3为位于林间人工平台区, 环境相对较单一, 受人为干扰相对较大, 多样性和丰富度指数均最低, 均匀度指数处于中下等水平。

通过不同生境中泥蜂物种优势度比较发现: 样地1优势物种为脊短柄泥蜂 (*Psenulus* sp. 2) 和

大吉岭短翅泥蜂 (*Trypoxyylon darjeeling*)；样地 2 优势种脊短柄泥蜂 (*Psenulus* sp. 1) 和奋起短翅泥蜂 (*Trypoxyylon fenchihuense*)；样地 3 优势种为隆痣短翅泥蜂 (*Carinostigmus* sp. 2)；样地 4 优势种为脊短柄泥蜂 (*Psenulus* sp. 5) 和脊短柄泥蜂 (*Psenulus* sp. 8)；样地 5 优势种为小领缨角泥蜂 [*Crossocerus (Apocrabro) microcollaris*]、角胸棒柄泥蜂 [*Rhopalum (Corynopus) gonopleurale*] 和 *Polemistus yoda*。不同生态环境中泥蜂优势种完全不同。

### 2.3 不同生境泥蜂群落组成相似性

由表 4 可知：5 种生境下泥蜂群落的相似性指数在 0.0833~0.3617，各样地主要表现为不相似或极不相似。其原因可能为不同样地生境之间植物群落组成差异较大，有花植物也随之发生相应变化，同时植食性昆虫的类群也随着生境中植物的变化而发生相应的变化；泥蜂成虫取食花蜜，同时不同类群的泥蜂捕猎不同类群的其他昆虫供其幼虫食用。因此，无论生境大小，泥蜂类群随着生境的变化而发生较大的变化。这表明泥蜂物种的分布与生态环境(植被类型)的关系密切，不同生境类型决定了泥蜂类群和种类的分布。

表 4 不同林地环境下泥蜂群落相似性

Tab. 4 Similarity of sphecid wasp communities in different habitats

样地编号 plot No.	1	2	3	4	5
1	1.0000				
2	0.3056	1.0000			
3	0.2368	0.1282	1.0000		
4	0.2143	0.0833	0.1404	1.0000	
5	0.2432	0.1316	0.1026	0.3617	1.0000

## 3 讨论

### 3.1 西双版纳不同生境泥蜂物种多样性

本研究共诱集泥蜂类群 2 科 19 属 72 种 395 头；含有种类数量最多的属为短翅泥蜂属 (*Trypoxyylon*)，占全部种类的 22.22%；含有个体数量最多的属为脊短柄泥蜂属 (*Psenulus*)，占全部泥蜂个体数量的 29.87%，不同属含有的物种数量及个体数量差异较大；5 个样地之间泥蜂属、种类和个体数量均有一定差异，不同生境中泥蜂类群组成及优势种差异明显。泥蜂是一大类传粉昆虫，也是重要的捕猎性天敌昆虫<sup>[7]</sup>，对生态环

境变化的反应非常敏感，具有重要的生态功能，有可能作为生态环境恢复程度的指示物进行进一步研究。

### 3.2 不同生境泥蜂群落特征

不同林地类型中，泥蜂群落特征指数及优势类群各不相同。从物种多样性指数和丰富度指数来看，样地 4 地处热带雨林大环境中的橡胶和槟榔混合型林地，泥蜂物种多样性及丰富度与其他样地相比较高，但物种均匀度相对较低；样地 5 和样地 1 的物种多样性和物种丰富度较为相似，其指数仅次于样地 4，同时也可表明样地 1 的生态恢复程度已经与热带雨林环境较为相似，但 2 个样地泥蜂优势度指数不同，说明 2 个样地的泥蜂物种不相同。样地 2 与样地 3 调查区处于同一地区不同环境，样地 2 为人工种植野生杨梅林与杂草交汇处，不仅有林地昆虫，同时也具有人工种植环境中的植食性昆虫等；而样地 3 地处裸露的平台上，四周被林地包围，仅具有单一的林地昆虫，所以除优势度指数外，样地 2 的其他指数均高于样地 3。不同生境之间泥蜂群落相似性指数在 0.0833~0.3617，表现为不相似或极不相似，表明不同生境类型决定了泥蜂类群和种类的分布。昆虫群落特征指数是用来测定群落组织水平的重要指示，不仅反映群落中的物种变异程度、富集度和均匀度等，而且还在不同程度上反映不同地理、自然环境及群落的发展状况<sup>[19]</sup>。维持物种多样性的主要因素就是生境的差异性，不同程度的生态系统组成及结构决定了林地生态系统的健康程度<sup>[20]</sup>。

### 3.3 优势类群和物种与不同林地环境类型的关系

不同生境中泥蜂优势类群组成及优势类群数量均不同，其中热带雨林区的样地 5 具有 5 个优势类群，热带雨林范围内的农林观赏区样地 4 具有 3 个优势类群，但种类与个体数量较多；样地 3 与样地 1 均为 2 个优势类群；人工辅助恢复林的样地 2 具有 4 个优势种群，但种类不相同，个体数量较少。结果表明：随着不同环境的组合和演化，泥蜂优势类群更替趋势明显、优势类群增多，对保护林地环境生态平衡有重要意义，此规律与占志雄等<sup>[21]</sup>对套种园与单一园的节肢动物的研究结果较一致。植被恢复及演替过程导致生境发生改变，昆虫物种多样性及群落特征随之发生改变，有研究表明：优势物种对生境的选择能够

反映不同恢复阶段生境变化<sup>[22-23]</sup>。虽然目前以优势昆虫物种对森林生态系统恢复已有部分研究报道, 但与泥蜂相关的研究较少, 缺乏系统性的数据资料。因此, 应进一步开展泥蜂群落与不同环境之间本质关系的研究, 以便为区域森林生态恢复建设与生物多样性保护提供相关参考。

#### 4 结论

西双版纳地区泥蜂物种多样性丰富, 泥蜂类群和优势种组成随着生境的变化而发生显著的变化, 处于不同恢复和演化阶段的生态环境中泥蜂类群和优势种变化明显, 其物种多样性与生态环境之间的关系密切。

泥蜂群落 Shannon-Wiener 多样性指数由大到小依次为: 农林观赏区>自然恢复林区>热带雨林区>人工辅助恢复林区>林间平台区, Margalef 丰富度指数与多样性指数一致, Pielou 均匀度指数热带雨林区最高、农林观赏区最低, Berger-Parker 优势度指数农林观赏区最高、人工辅助恢复林区最低。群落相似性指数表明不同生境之间泥蜂群落组成为不相似或极不相似。泥蜂群落特征指数的变化与生态环境关系密切, 人为干扰也是影响泥蜂群落特征指数的重要因素之一。

不同生态环境中泥蜂优势类群随着生态环境的演化和复杂化而变化, 其优势类群更替趋势明显, 优势类群增多。本研究结果对泥蜂与生态环境协同演化、泥蜂作为生态环境恢复程度指示物以及泥蜂保护和利用的进一步研究奠定了基础。

#### [参考文献]

- [1] 张金屯, 焦蓉. 关帝山神尾沟森林群落木本植物种间联结性与相关性研究[J]. 植物研究, 2003, 23(4): 458. DOI: [10.3969/j.issn.1673-5102.2003.04.020](https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-5102.2003.04.020).
- [2] DE LA PLAZA ESTEBAN C, VISEREN-HAMAKERS I, DE JONG W. The legitimacy of certification standards in climate change governance[J]. Sustainable Development, 2014, 22(6): 420. DOI: [10.1002/sd.1568](https://doi.org/10.1002/sd.1568).
- [3] DEVOS J M, JOPP L N, GITTELMAN J L, et al. Estimating the normal background rate of species extinction[J]. Conservation Biology, 2015, 29(2): 452. DOI: [10.1111/cobi.12380](https://doi.org/10.1111/cobi.12380).
- [4] 谢喃喃. 中国罗霄山脉隐翅虫科区系特征及多样性初步研究[D]. 上海: 上海师范大学, 2015.
- [5] 徐丽君, 和桂青, 杜喜翠. 画稿溪自然保护区斑野螟亚科昆虫区系研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2015, 37(7): 75. DOI: [10.13718/j.cnki.xdzk.2015.07.011](https://doi.org/10.13718/j.cnki.xdzk.2015.07.011).
- [6] 杨海丰. 宁夏贺兰山自然保护区鞘翅目昆虫多样性研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2010.
- [7] BOHART R M, MENKE A S. Sphecid wasps of the world: a genetic revision[M]. Berkley: University of California Press, 1976.
- [8] MACARTHUR R H. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability[J]. Ecology, 1955, 36(3): 533. DOI: [10.2307/1929601](https://doi.org/10.2307/1929601).
- [9] MAY R M. Stability in multispecies communities[J]. Mathematical Biosciences, 1971, 12(1/2): 59. DOI: [10.1016/0025-5564\(71\)90074-5](https://doi.org/10.1016/0025-5564(71)90074-5).
- [10] WATT K E F. Comments on fluctuations of animal populations and measures of community stability[J]. The Canadian Entomologist, 1964, 96(11): 1434. DOI: [10.4039/Ent961434-11](https://doi.org/10.4039/Ent961434-11).
- [11] 尤民生, 庞雄飞. 稻田节肢动物群落的稳定性[J]. 福建农学院学报, 1990, 19(3): 282.
- [12] 彭羽, 卿凤婷, 米凯, 等. 生物多样性不同层次尺度效应及其耦合关系研究进展[J]. 生态学报, 2015, 35(2): 577. DOI: [10.5846/stxb201310132461](https://doi.org/10.5846/stxb201310132461).
- [13] 王朝雅, 杨培, 王波, 等. 西双版纳热带雨林优势植物假海桐的花气味及传粉昆虫多样性[J]. 绿色科技, 2019 (8): 1. DOI: [10.16663/j.cnki.iskj.2019.08.002](https://doi.org/10.16663/j.cnki.iskj.2019.08.002).
- [14] 张高磊, 杜凡, 王欢, 等. 西双版纳山地雨林乔木层树种 20 年动态研究[J]. 生态学报, 2015, 35(12): 4053. DOI: [10.5846/stxb201311082694](https://doi.org/10.5846/stxb201311082694).
- [15] 包晴忠, 李志勇. 勐海县布朗山“天保”工程与退耕还林的调查[J]. 林业调查规划, 2003, 28(1): 1671. DOI: [10.3969/j.issn.1671-3168.2003.01.006](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-3168.2003.01.006).
- [16] 马丽. 中国短柄泥蜂亚科分类及系统发育研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2010.
- [17] 李廷景, 李强. 小唇泥蜂亚科分类研究进展[J]. 西南农业学报, 2004, 17(S1): 444. DOI: [10.3969/j.issn.1001-4829.2004.z1.107](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-4829.2004.z1.107).
- [18] 陆佳, 李强. 沙蜂亚科分类研究进展[J]. 云南农业大学学报, 2004, 19(4): 393. DOI: [10.3969/j.issn.1004-390X.2004.04.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-390X.2004.04.008).
- [19] 任炳忠, 孙晓玲. 四平市转山湖水库地区蝗虫的初步研究[C]//中国昆虫学会2002年学术年会论文集. 南宁: 中国昆虫学会, 2002.
- [20] 于晓东, 周红章, 罗天宏. 神农架保护区大步甲和蜗步甲属生境选择与物种多样性研究[J]. 生物多样性, 2001, 9(3): 214. DOI: [10.1007/s11769-001-0025-1](https://doi.org/10.1007/s11769-001-0025-1).
- [21] 占志雄, 邱良妙, 傅建炜, 等. 不同牧草覆盖枇杷园节肢动物群落的结构和动态[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2005, 34(2): 162. DOI: [10.3969/j.issn.1671-5470.2005.02.007](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-5470.2005.02.007).
- [22] 郭瑞, 王义平, 吴鸿. 森林凋落物层的节肢动物与森林健康的关系[J]. 林业科学, 2012, 48(3): 122. DOI: [10.11707/j.1001-7488.20120320](https://doi.org/10.11707/j.1001-7488.20120320).
- [23] 马艳滟, 李巧, 冯萍, 等. 云南苍山火烧迹地不同恢复期地表蜘蛛群落多样性[J]. 生态学报, 2013, 33(3): 964. DOI: [10.5846/stxb201206260901](https://doi.org/10.5846/stxb201206260901).

责任编辑: 何馨成