

武陵山区来凤县昆虫资源调查与多样性分析*

刘宇琛^{1**} 肖能文² 林银海³ 黄 峰⁴ 尚方格¹

张云慧¹ 李雪梅¹ 何帅洁¹ 吴 刚^{1***}

(1. 华中农业大学植物科学技术学院, 武汉 430070; 2. 中国环境科学研究院生态研究所, 北京 100012;
3. 赤壁市应急管理局, 咸宁 437399; 4. 湖北省生态环境科学研究院生态环境工程评估中心, 武汉 430072)

摘 要 【目的】湖北武陵山区昆虫资源丰富, 通过对武陵山区来凤县的昆虫多样性开展调查, 明确武陵山区的昆虫多样性和种群分布, 明确影响来凤县昆虫多样性的因子并提出昆虫多样性保护建议。【方法】采用样线踏查法调查来凤县的昆虫种类和数量, 计算暴发期和越冬期的昆虫多样性指数, 以及当地采集到鳞翅目和鞘翅目的多样性指数。【结果】从武陵山区来凤县共采集并鉴定出 15 个目 101 科 397 种昆虫, 来凤县昆虫优势类群为鳞翅目、鞘翅目和半翅目, 基本上包含观赏昆虫、天敌昆虫和害虫等。网格生境中, 林地、林地与灌木丛混合地更适合昆虫的栖息, 高海拔生境(为林地、灌木丛)昆虫多样性指数显著高于低海拔生境(主要为草地、草丛和菜园)。Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Margalef 丰富度指数(ds)最高的网格均为怯道河村(53903090)。【结论】影响来凤县昆虫多样性的因子主要包括矿石开采(54003130, 陈家沟)、车辆运输(53903110, 野猫镇)和滥施化学农药(54003120, 大坟山村)。建议来凤县加强环保部门、林业多部门的协调和合作, 加强政府监管力度, 保护当地植物和绿化, 加强当地昆虫栖息地的恢复和多样性保护。

关键词 来凤县; 昆虫多样性; 丰富度指数; 均匀度指数; 多样性保护

Resource investigation and diversity analysis of insect in Laifeng county, Wuling mountain area

LIU Yu-Chen^{1**} XIAO Neng-Wen² LIN Yin-Hai³ HUANG Feng⁴ SHANG Fang-Ge¹
ZHANG Yun-Hui¹ LI Xue-Mei¹ HE Shuai-Jie¹ WU Gang^{1***}

(1. College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;
2. Institute of Ecology, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China;
3. Chibi Emergency Management Bureau, Xianning 437399, China; 4. Eco-Environmental Engineering Evaluation Center, Hubei Provincial Academy of Environmental Sciences, Wuhan 430072, China)

Abstract 【Objectives】Hubei Wuling Mountains are rich in insect resources. Through the investigation of insect diversity in Laifeng county, Wuling Mountains, the insect diversity and population distribution in Wuling Mountains were clarified. In order to understand the threat factors of insect diversity in Laifeng county and put forward insect diversity conservation recommendations. 【Methods】This experiment adopts transect survey method. The species and quantity of insects in Laifeng county, the diversity index of insects in the outbreak period and overwintering period, and the diversity index of Lepidoptera and Coleoptera collected locally were investigated. The research results obtained through the survey show that. 【Results】A total of 397 species of insects of 15 orders, 101 families and 397 species of insects were collected and identified from Laifeng county, Wuling Mountains. The dominant insect groups in Laifeng county were: Lepidoptera, Coleoptera and Hemiptera basically include ornamental insects, natural enemy insects and pests. In the grid habitats, woodlands, woodlands and shrubs are more suitable for insect habitats. The grids with the highest Shannon-Wiener diversity index (H') and Margalef richness

*资助项目 Supported projects: 中国生态环境部生物多样性调查评估项目(2019HJ2096001006)

**第一作者 First author, E-mail: 1005935941@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: wugang@mail.hzau.edu.cn

收稿日期 Received: 2021-11-24; 接受日期 Accepted: 2022-08-08

index (ds) are all in Qidaohe village (53903090). **[Conclusion]** The threats to insect diversity in Laifeng county mainly include ore mining (54003130, Chenjiagou village), vehicle transportation (53903110, Yemao town) and indiscriminate application of chemical pesticides (54003120, Dafenshan village). It is suggested that Laifeng county should strengthen the coordination and cooperation of environmental protection departments and forestry departments, strengthen government supervision, protect local plants and greening, and strengthen the restoration of local insect habitats and protection of diversity.

Key words Laifeng county; insect diversity; richness index; evenness index; diversity protection

生物多样性是人类赖以生存和发展的基础(刘书亮, 2006)。昆虫作为动物界物种数目最多的类群, 约占世界已知动物种类的 80%以上, 在生物多样性保护中具有重要的地位(周红章等, 2014), 所以昆虫对人类的生存和发展有极大的影响和关系。2021 年 9 月 30 日, 国家主席习近平在联合国生物多样性峰会上表明, 全球物种灭绝速度不断加快, 生物多样性的丧失和生态系统的退化, 会对人类发展构成重大风险。2021 年 10 月 8 日, 国务院发表《中国生物多样性保护》白皮书, 明确表明人类必须尊重自然、顺应自然、保护自然, 加大生物多样性保护力度, 促进人与自然和谐共生。

目前随着对昆虫多样性调查发现, 昆虫对生境的变化敏感(顾伟等, 2011), 昆虫在自然界中占据着多样性更高、空间尺度更小的生境, 是用来指示生境细微变化和描述生境精细特征的理想生物(张萃等, 2011); 另外环境是一个影响昆虫多样性的重要指标, 在影响昆虫的环境因素中, 作用最大的是温度, 其次是光照和湿度(常晓娜等, 2008), 所以保护环境也是对植物和昆虫的保护, 昆虫在适宜的环境取食和栖息才能更加良好地繁衍和生存, 树种比较丰富的林地相较于纯林地, 其昆虫种类和数量更多, 昆虫多样性更加丰富(包春泉等, 2013)。不同种类的昆虫赖以生存的植物种群不同, 不同的植物群落其昆虫群落组成也有相应变化(丁俊男等, 2021)。综上所述, 环境对昆虫既有直接的影响, 又会通过影响植被从而间接对昆虫产生影响。因此, 开展昆虫物种多样性本底调查, 通过不同的技术来监测昆虫多样性的变化, 并研究其群落多样性特征对实施生物多样性监测和保护具有非常重大的意义(王明强等, 2022)。

资源昆虫, 如紫胶虫可以给人类提供紫胶; 药用昆虫, 如冬虫夏草是人类的滋补佳品; 观赏昆虫, 如闪蝶、燕蛾以及犀金龟外表形态极具观赏价值; 传粉昆虫, 作为维持生态系统不可或缺的生物(王怡等, 2022), 主要包括膜翅目与双翅目昆虫, 其种类可以促进植物繁衍等(黄敦元等, 2017; 王玉芹等, 2020)。观赏昆虫蝴蝶目前被认为是代表生物多样性状况和关键生态系统功能的重要指标, 对栖息地的寄主植物和温湿度等环境因子灵敏性较高, 能够快速响应生境结构的变化(张翔等, 2021), 在野外调查时应该全方位、多角度进行调查, 了解昆虫的多样性和全面性, 并且对采集到的昆虫应完整制作标本并合理鉴定, 这样才能清晰了解当地的昆虫多样性情况。

来凤县位于湖北省西南部, 全县国土面积 1 342.05 km², 气候属亚热带大陆性季风湿润型山地气候, 年平均降雨量 1 400 mm, 因地貌、地势等非地带性因素的影响, 又具有气候环境多样、垂直差异明显的立体气候特征。全县森林覆盖率达 55.7%。全年造林面积 2 899 hm²; 零星植树 57 万株; 木材采伐量 11 166 m³。该地区山脉属武陵山脉, 山上植物、气候、土壤等多样化(何舒怀等, 2017), 非常适合进行昆虫多样性研究, 并且地理位置得天独厚, 有多种多样的植物资源, 可以形成不同昆虫的生活栖息地, 在不同的海拔另有不同的植物及昆虫种类, 特色的环境特点有待科研人员进行调查研究。

本研究采用样线踏查法, 分别在昆虫暴发期和越冬期对来凤县不同生境和不同海拔的昆虫多样性展开调查研究, 以期明确影响来凤县昆虫多样性的因子, 并提出来凤县昆虫多样性保护建议, 为环保部门对来凤县昆虫多样性保护及管理提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 昆虫多样性调查样地生境及网格设置

武陵山区来凤县的植物种类居多, 适合昆虫生长繁殖。根据环境、植被分布、海拔、河流及坡向等情况, 结合昆虫多样性调查及昆虫普查方法, 本研究最终确定 14 个有效调查网格, 包括

经纬度与生境调查网格信息详见表 1, 主要通过样线踏查法采集昆虫。

1.2 调查时间

于 2020 年 7-8 月 (昆虫暴发期) 和 9-10 月 (昆虫越冬期) 分别对来凤县昆虫多样性开展 2 次野外大规模调查, 记录有效调查样线 18 条, 覆盖了来凤县所有生境和调查网络。

表 1 来凤县昆虫多样性调查网格信息表
Table 1 Information of insect diversity survey grids in Laifeng county

编号 No.	网格编号 Grid no.	地点 Locality	经纬度 Longitude and latitude	海拔 (m) Altitude (m)	生境类型 Habitat type
1	54003140	杨梅古寨 Yangmei ancient village	29°33'9"N, 109°15'41"E	827	溪边 Stream
2	53903140	陈家沟村 Chenjiagou village	29°33'6.084"N, 109°15'31"E	553	灌木 Bushes
3	53903130	杉木塘村 Shanmutang village	29°32'10"N, 109°7'44"E	622	灌木丛林地 Bush woodland
4	54003130	下黄柏园 Xiahuangboyuan village	29°33'7"N, 109°15'30"E	679	溪边 Stream
5	54103130	大塘村 Datang village	29°31'53"N, 109°21'50"E	522	溪边 Stream
6	54203130	二台坪村 Ertaiping village	29°31'41"N, 109°21'50"E	473	林地 Woodland
7	54003080	上寨村 Shangzhai village	29°27'9"N, 109°11'40"E	511	林地 Woodland
8	53903120	风洞村 Fengdong village	29°30'13"N, 109°9'5"E	520	草地 Grass
9	54003120	大坟山村 Dafenshan village	29°29'54"N, 109°17'16"E	506	灌木丛 Bushes
10	54103120	白沙井村 Baishajing village	29°27'53"N, 109°23'8"E	505	菜园 Garden
11	53903110	野猫镇 Yemao town	29°28'27"N, 109°20'50"E	518	林地 Woodland
12	53903090	怯道河村 Qiedaohe village	29°13'35"N, 109°10'17"E	337	菜园 Garden
13	54003090	安家堡村 Anjiabao village	29°13'52"N, 109°11'56"E	340	草地 Grass
14	54003100	柳家坡 Liujiapo village	29°19'41"N, 109°12'45"E	455	林地 Woodland

1.3 调查方法

采取样线踏查法。根据昆虫多样性调查方法, 原则上, 样线为均匀分布并基本覆盖全部生境, 样线间保持足够的距离以防止样线间的干扰效应, 同时, 为了避免边缘效应, 样线距离应依据河流及植被情况保持足够的距离。本研究中, 根据河流走向及植被、海拔等情况, 原则上样线长度不少于 1 000 m, 特殊情况下, 可适当加大距离以保证采样的准确性。调查网格样线过程中, 采集调查网格内昆虫的种类, 记录昆虫的分布和生境状况, 并拍摄生境及物种的照片。调查时, 调查者沿样线匀速行走 1 000 m, 并在固定的宽度 2 m 内进行扫网。每次扫网, 调查者应面

对植物在正手位和反手位各扫一次, 并注意控制网口的水平, 避免网内的昆虫逃逸。采用震落法采集植物叶片及枝干上的昆虫, 采用高空网捕法捕获林间飞行昆虫。将捕捉到的蝴蝶和蜻蜓装入三角袋中保存, 其他昆虫放入棉层或装有酒精的小瓶内保存, 带回室内进行种类一步鉴定。采集过程中, 利用生物多样性调查信息采集系统采集并上传物种信息与照片。技术要求参考环境保护部 2017 年第 84 号公告—《县域生物多样性调查与评估技术规范》。

1.4 昆虫分类鉴定

参考《中国蛾类图鉴》(史永善, 1983), 《中国蝶类志》(周尧, 1994), 《中国天牛 (1406 种)

彩色图鉴》(华立中等, 2009), 《中国昆虫生态大图鉴》(张巍巍和李元胜, 2011) 和《常见椿象野外识别手册》(王建赞和陈卓, 2021) 或登录中国台湾嘎嘎昆虫网(biodiv.tw)进行昆虫种类鉴定。全部标本鉴定到科、属及种。

1.5 数据分析

样线法采集到的昆虫经过种类鉴定后, 利用 Shannon-Wiener 多样性指数 (H')、Margalef 丰富度指数 (ds) 和 Pielou 均匀度指数 (J) 对昆虫的种类和数量进行统计分析 (李雪梅等, 2020)。计算公式如下:

$$H' = -\sum_{i=1}^{s\sum} P_i \ln P_i$$

其中, N 为样线内所有物种的个体数; S 为样线内调查到的物种数; P_i 为第 i 个物种个体数占总个体数 N 的比例。

2 结果与分析

2.1 来凤县昆虫种类分析

对来凤县昆虫越冬期和暴发期的种类进行调查, 共鉴定出 15 目 101 科 397 种昆虫, 分别隶属于鳞翅目、鞘翅目、半翅目、直翅目、蜚蠊目、蜉蝣目、革翅目、广翅目、襀翅目、脉翅目、膜翅目、蜻蜓目、双翅目、螳螂目和缨翅目。对来凤县 14 个网格采集的昆虫种类进行统计, 各目的种数排前 5 位的分别是鳞翅目 200 种, 占比为 50.38%; 鞘翅目 101 种, 占比为 25.44%; 双翅目 20 种, 占比为 5.04%; 半翅目 18 种, 占比为 4.53%; 直翅目 13 种, 占比为 3.27%。对已鉴定出的昆虫种类进行统计, 排在前 5 位的分别是鳞翅目 (25.74%)、鞘翅目 (19.80%)、半翅目 (13.86%)、双翅目 (7.92%) 和直翅目 (6.93%) (表 2)。

来凤县全境昆虫种类分析表明, 来凤县昆虫多样性十分丰富。在科数和物种数上, 鳞翅目的数量最多, 其次是鞘翅目, 且鳞翅目、鞘翅目、半翅目和双翅目占有明显优势。这说明这些类群在来凤县昆虫群落中占主要地位, 是来凤县昆虫

群落中的优势目。

表 2 来凤县昆虫种类与组成分析
Table 2 Table of insect species and composition analysis in Laifeng county

目名 Orders	科数 Families	科百分比(%) Percentage of families (%)	种数 Species	种百分比(%) Percentage of species (%)
鳞翅目 Lepidoptera	26	25.74	200	50.38
鞘翅目 Coleoptera	20	19.80	101	25.44
半翅目 Hemiptera	14	13.86	18	4.53
直翅目 Orthoptera	7	6.93	13	3.27
蜚蠊目 Blattaria	4	3.96	7	1.76
蜉蝣目 Ephemeroptera	1	0.99	1	0.25
革翅目 Dermaptera	1	0.99	3	0.76
广翅目 Megaloptera	1	0.99	1	0.25
襀翅目 Plecoptera	1	0.99	1	0.25
脉翅目 Neuroptera	2	1.98	3	0.76
膜翅目 Hymenoptera	5	4.95	12	3.02
蜻蜓目 Odonata	7	6.93	9	2.27
双翅目 Diptera	8	7.92	20	5.04
螳螂目 Mantodea	3	2.97	7	1.76
缨翅目 Thysanura	1	0.99	1	0.25
合计 Total	101	—	397	—

2.2 来凤县昆虫暴发期多样性指数分析

从表 3 可以看出, 来凤县昆虫暴发期物种数最多的网格是怯道河村 (53903090) 和柳家坡 (54003100)。采集到昆虫物种总数最多的网格是杨梅古寨 (54003140), 昆虫物种总数最少的网格是大塘村 (54103130)。来凤县昆虫发生期

多样性指数 (H') 最高的网格是怯道河村 (53903090), 其次较高的有大坟山村 (54003120)、安家堡村 (54003090) 和柳家坡 (54003100), 多样性指数最低的地点是陈家沟村 (53903140)。

来凤县昆虫暴发期丰富度指数 (ds) 较高的是怯道河村 (53903090)。陈家沟村 (53903140) 的丰富度指数最低。来凤县均匀度指数最高的是安家堡村 (54003090), 其他地方物种均匀度指数相差不大。

表 3 来凤县不同生境和海拔昆虫暴发期多样性分析表
Table 3 Table of outbreak period of insect diversity analysis in different habitats and altitudes in Laifeng county

网格编号 Grid no.	物种数 Species	总数 Sum	H'	ds	E
54003140	11	26	2.396 48	3.069 28	0.999 41
54003130	9	25	2.137 02	2.485 34	0.972 60
53903130	10	18	2.274 24	3.113 79	0.987 69
54003130	10	20	2.276 42	3.004 27	0.988 64
54103130	11	15	2.391 61	3.692 69	0.997 38
54203130	10	18	2.274 24	3.113 79	0.987 69
54003120	10	19	2.260 23	3.056 61	0.981 61
53903120	11	22	2.374 11	3.235 15	0.990 08
54003120	11	19	2.460 63	3.396 23	1.026 16
54103120	11	21	2.334 55	3.284 59	0.973 58
53903110	9	16	2.273 97	2.885 39	1.034 93
53903090	12	18	2.588 85	3.805 74	1.041 83
54003090	9	16	2.426 02	2.885 39	1.104 13
54003100	12	19	2.406 16	3.735 86	0.968 31

2.3 来凤县昆虫越冬期多样性指数分析

从表 4 可以看出, 来凤县昆虫越冬期物种数最多的网格是杨梅古寨 (54003140)、杉木塘村 (53903130)、下黄柏园 (54003130)、风洞村 (53903120)、野猫镇 (53903110) 和安家堡村 (54003090), 昆虫物种数达到了 11 种, 其次是大坟山村 (54003120); 来凤县昆虫越冬期物种数最低的网格是白沙井村 (54103120)。来凤县昆

虫越冬期物种总数最多的网格是杉木塘村 (53903130), 昆虫数量达到了 20 种, 其次是杨梅古寨 (54003140)、下黄柏园 (54003130) 和安家堡村 (54003090); 昆虫越冬期物种总数量最低的网格是白沙井村 (54103120) 和二台坪村 (54203130), 昆虫数量达到了 11 种。

来凤县昆虫越冬期丰富度指数 (ds) 较高的是野猫镇 (53903110)、大坟山村 (54003120) 和风洞村 (53903120)。白沙井村 (54103120) 的丰富度指数最低。而均匀度指数最高的是大塘村 (54103130), 均匀度指数较低的是下黄柏园 (54003130), 其它地方物种均匀度指数较平衡。

表 4 来凤县不同生境和海拔昆虫越冬期多样性分析表
Table 4 Table of overwintering period of insect diversity analysis in different habitats and altitudes in Laifeng county

网格编号 Grid no.	物种数 Species	总数 Sum	H'	ds	E
54003140	11	18	2.078 05	3.459 76	0.866 61
54003130	9	15	2.118 65	2.954 15	0.964 24
53903130	11	20	1.424 70	3.338 08	0.594 15
54003130	11	17	1.170 18	3.529 56	0.488 00
54103130	9	15	2.153 53	2.954 15	0.980 11
54203130	8	11	1.491 87	2.919 23	0.717 44
54003120	9	14	1.865 97	3.031 39	0.849 24
53903120	11	16	1.732 87	3.606 74	0.722 66
54003120	10	12	2.253 86	3.621 87	0.978 84
54103120	7	11	1.893 79	2.502 19	0.973 21
53903110	11	15	1.439 99	3.692 69	0.600 52
53903090	9	12	1.334 00	3.219 44	0.607 13
54003090	11	17	1.255 30	3.529 56	0.523 50
54003100	9	14	2.143 95	3.031 39	0.975 75

2.4 来凤县鳞翅目昆虫多样性指数分析

调查结果表明, 来凤县鳞翅目昆虫物种数和总数最多的网格是杨梅古寨 (54003140), 其次是陈家沟村 (53903140)、杉木塘村 (53903130) 和下黄柏园 (54003130)。采集到鳞翅目昆虫物种数和总数最少的网格是白沙井村 (54103120)

和野猫镇（53903110）。来凤县鳞翅目昆虫多样性指数(H')最高的网格是白沙井村(54103120)、怯道河村（53903090）和柳家坡（54003100），其次较高的有大塘村（54103130）、板桥河村（54003120）和二台坪村(54203130)，多样性指数最低的网格是大坟山村（54003120）。

来凤县鳞翅目昆虫丰富度指数(ds)较高的是白沙井村（54103120）、野猫镇（53903110）和安家堡村（54003090），杨梅古寨（54003140）的丰富度指数最低。而来凤县鳞翅目昆虫均匀度指数都在 0.1 以上，均匀度指数较高的是白沙井村（54103120），均匀度指数较低的是杨梅古寨（54003140）。

表 5 来凤县鳞翅目在不同生境和海拔的多样性分析表
Table 5 Lepidoptera diversity analysis table at different habitats and altitudes in Laifeng county

网格编号 Grid no.	物种 Species	总数 Sum	H'	ds	E
54003140	22	67	0.360 88	0.200 22	0.116 75
54003130	19	55	0.365 55	0.222 63	0.124 15
53903130	18	46	0.365 41	0.225 21	0.126 42
54003130	18	45	0.352 47	0.223 92	0.121 95
54103130	13	32	0.367 07	0.288 81	0.143 11
54203130	14	30	0.366 20	0.261 63	0.138 76
54003120	11	25	0.366 52	0.321 89	0.152 85
53903120	11	28	0.364 81	0.333 22	0.152 14
54003120	16	36	0.346 57	0.238 90	0.125 00
54103120	7	26	0.367 22	0.543 02	0.188 72
53903110	8	22	0.354 35	0.441 58	0.170 41
53903090	10	26	0.367 22	0.362 01	0.159 48
54003090	9	25	0.364 62	0.402 36	0.165 95
54003100	12	26	0.367 22	0.296 19	0.147 78

2.5 来凤县鞘翅目昆虫多样性指数分析

调查结果表明，来凤县鞘翅目昆虫物种数和总数最多的网格是杨梅古寨（54003140），其次是陈家沟村（53903140）、下黄柏园（54003130）。采集到鞘翅目昆虫物种数和总数最少的网格是安家堡村（54003090）。来凤县鞘翅目昆虫多样

性指数(H')最高的网格是二台坪村(54203130)，其次较高的有风洞村（53903120）、怯道河村（53903090）和安家堡村（54003090），多样性指数最低的网格是杨梅古寨（54003140）和陈家沟村（54003130）。

来凤县鞘翅目昆虫丰富度指数较高的是安家堡村（54003090）、二台坪村（54203130）、板桥河（54003120）和风洞村（53903120），杨梅古寨（54003140）的丰富度指数最低。而来凤县鞘翅目昆虫均匀度指数较高的是二台坪村（54203130），昆虫均匀度指数较低的是杨梅古寨（54003140）。

表 6 来凤县鞘翅目在不同生境和海拔的多样性分析表
Table 6 Coleoptera diversity analysis table at different habitats and altitudes in Laifeng county

网格编号 Grid no.	物种数 Species	个体数 Sum	H'	ds	E
54003140	33	71	0.228 41	0.13321	0.065 33
54003130	25	41	0.256 60	0.154 73	0.079 72
53903130	20	30	0.298 63	0.179 01	0.099 68
54003130	21	36	0.274 18	0.179 18	0.090 06
54103130	18	28	0.277 99	0.196 01	0.096 18
54203130	15	23	0.350 54	0.223 96	0.129 44
54003120	15	22	0.271 70	0.220 79	0.100 33
53903120	15	24	0.326 79	0.227 00	0.120 68
54003120	20	29	0.273 24	0.177 23	0.091 21
54103120	20	25	0.293 21	0.169 41	0.097 88
53903110	18	30	0.268 65	0.200 07	0.092 95
53903090	20	29	0.303 08	0.177 23	0.101 17
54003090	13	22	0.309 95	0.257 59	0.120 84
54003100	18	22	0.271 70	0.181 83	0.094 00

3 讨论与结论

生物多样性调查是生物多样性保护的前提（程攻等，2020），通过了解当地的生物多样性现状，建立数据库，为后续保护生物多样性以及生态环境打下基础。生物多样性作为城市可持续发展的基础（武建勇等，2013），对环保和工业

发展的进步都有一定影响,而昆虫作为动物界数量最多的种类,更应该加强对昆虫多样性的保护。在目前的生态系统主体群落中,昆虫与植物密切关联(王义平等,2008),随着植物种类的增多,昆虫多样性也逐渐丰富(欧晓红等,2004),做好监测防护,恢复栖息地对物种的保护至关重要。来凤县拥有十分丰富的昆虫资源,昆虫数量和种类多样,但还需要大力推进当地昆虫多样性保护的研究(张茂林和王戎疆,2011),通过调查并建立当地昆虫资源数据库,了解当地昆虫多样性的现状,防止生物多样性的减少,对生态系统结构产生严重影响(刘刚,2019),所以目前对昆虫多样性的研究任重而道远。

来凤县昆虫种类调查结果表明,来凤县夏季昆虫种类比秋季的种类更丰富。经鉴定来凤县昆虫种类共有 15 目 101 科 397 种昆虫,包括鳞翅目、鞘翅目、半翅目、直翅目、蜚蠊目、蜉蝣目、同翅目、革翅目、广翅目、襀翅目、膜翅目、蜻蜓目、双翅目、螳螂目和缨翅目,数量优势占前 5 位的分别是鳞翅目 200 种,占 50.38%;鞘翅目 101 种,占 25.44%;双翅目 20 种,占 5.04%;半翅目 18 种,占 4.53%;直翅目 13 种,占 3.27%。通过调查结果发现,鳞翅目在科数和物种数上占比最高,其次是鞘翅目,说明来凤县的地理位置及环境条件非常适合鳞翅目和鞘翅目昆虫的生长发育,当地植物繁茂且种类丰富,可以提供给甲虫和蛾蝶类昆虫优良的栖息地,这两种类群均是来凤县昆虫群落中的优势种群。鞘翅目和鳞翅目是昆虫种类数量最多的两大类群(古丽扎尔等,2022),这两种类群的取食寄主和环境为植物种类丰富和水源丰富的地方,例如萤科昆虫的幼虫生活在水质较好的小溪;大多数蝶类昆虫幼虫适宜在保护良好、植被丰富的生境取食,所以武陵山区来凤县良好的环境保育了多种观赏昆虫和天敌昆虫,不仅可以指示当地的环境状况,为当地的旅游景点增添不一样的色彩,还会通过自然地生物防治消灭大量害虫,保护当地的植物种群数量,提高植物和昆虫的多样性。

本研究对来凤县昆虫多样性进行调查发现,海拔在 300-500 m 的网格(54003090、53903090、

54003100、54203130)生境为林地、菜园、草地。比较不同生境的物种数量可以看出,林地的昆虫种群丰富度高,多样性指数高,物种种类更多样且复杂,多样性指数在 2.0 以上。这可能与林地适合鳞翅目和鞘翅目昆虫生存和繁衍有关(刘宇琛等,2021),同时,与菜园和草地相比,林地的人类活动较少,干扰程度小,所以昆虫种类更加丰富;海拔在 500 m 的网格(54003130、54103120、54003120、53903110、53903120、54103130、54003130),生境包括灌木丛、溪边、林地、草地、菜园,生境基本齐全。这些网格地区人类居住密集,活动频繁,并且伴随农户大面积喷洒农药防虫,导致生态环境产生较大影响,昆虫多样性指数较低;海拔在 500-900 m 的网格(54003140、53903130、54003130),生境包括溪边和灌木丛林地,昆虫多样性指数高,物种非常丰富,昆虫数量最多。由于海拔较高且附近小溪水质较好,增加了许多适宜水生昆虫的栖息地,并且林地是许多昆虫生存的极佳生境,所以采集昆虫可以尽量选择海拔较高,靠近水源的林地。总而言之,海拔在 500-900 m 的网格昆虫多样性指数最高,种类丰富,通过数据对比得出,怯道河村(53903090)的多样性指数最高,陈家沟(54003130)由于矿石开采,野猫镇(53903110)由于大量车辆运输,大坟山村(54003120)存在化学农药滥用因素导致这些网格的多样性指数较低。

根据来凤县昆虫多样性的调查结果,我们提出如下保护建议:(1)根据昆虫栖息习性,可考虑建立昆虫自然保护区进行管理和保护;(2)加强政府监管力度,保护当地的植物和水源,恢复昆虫原有的生态栖息地;(3)做好昆虫种类及数量的调查以及动态监测,持续开展昆虫多样性保护;(4)通过宣传使当地农户了解生物多样性的意义,合理使用农药,为当地提供绿色环境,保护当地稀有物种;(5)加强森林安全管理,禁止保护物种的捕捉和采集。应加大监管力度,实现国家政策与检疫部门的通力合作;(6)植树造林,扩大寄主。由于森林树木的滥砍滥伐,草原植被破坏,导致大量珍稀昆虫丧失寄主,无法取食,

逐渐面临死亡,这是导致昆虫濒危灭亡的最主要的原因之一。(7) 加大国家重点保护昆虫的调查鉴定力度:对于已经发现的珍稀昆虫,在其适宜活动的地区采取措施进行深度保护,保持它们的种群数量持续上升。

参考文献 (References)

- Bao CQ, Hu DS, Ding XZ, Yu XQ, Pan CY, 2013. Comparative analysis of forest insect diversity indices. *Anhui Agronomy Bulletin*, 19(7): 5357. [包春泉, 胡德胜, 丁晓章, 余雪棋, 潘昌尧, 2013. 森林昆虫多样性指数比较分析. 安徽农学通报, 19(7): 5357.]
- Chang XN, Gao HJ, Chen FJ, Zhai BP, 2008. Effects of environmental moisture and precipitation on insects: A review. *Journal of Ecology*, 27(4): 619–625. [常晓娜, 高慧璟, 陈法军, 翟保平, 2008. 环境湿度和降雨对昆虫的影响. 生态学杂志, 27(4): 619–625.]
- Cheng G, Luo J, Liu XF, Wang XY, 2020. Structure and diversity of insect communities in Dafeng district, Jiangsu Province. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 48(17): 71–76. [程攻, 罗璐, 柳絮飞, 王晓宇, 2020. 江苏省大丰区昆虫群落结构及多样性特征. 安徽农业科学, 48(17): 71–76.]
- Ding JN, Yu SP, Shi CQ, Qiu H, 2021. Insect communities and its relationship with environments in Alejin Island National Wetland Park. *Journal of Northeast Forestry University*, 49(8): 90–94. [丁俊男, 于少鹏, 史传奇, 邱红, 2021. 阿勒锦岛国家湿地公园昆虫群落结构与环境的关系. 东北林业大学学报, 49(8): 90–94.]
- Gu W, Ma L, Ding XH, Zhang J, Han ZW, 2011. Insect diversity in different habitat types in Zhalong Wetland, Northeast China. *Journal of Applied Ecology*, 22(9): 2405–2412. [顾伟, 马玲, 丁新华, 张静, 韩争伟, 2011. 扎龙湿不同生境的昆虫多样性. 应用生态学报, 22(9): 2405–2412.]
- Gulizar Abdurkirim, Zhang XY, Subinur E, Li HH, 2022. Annual report of new taxa for Chinese Lepidoptera in 2021. *Biodiversity Science*, 30(8): 37–45. [古丽扎尔·阿不都克力木, 张秀英, 苏比奴尔·艾力, 李后魂, 2022. 中国鳞翅目新物种 2021 年年度报告. 生物多样性, 30(8): 37–45.]
- He SH, Ma YZ, Fei YJ, 2017. Study on the species composition and characteristics of the plant community of the genus *Nannus* in Laifeng, Hubei. *Journal of Mountain Agricultural Biology*, 36(1): 45–49. [何舒怀, 马永征, 费永俊, 2017. 湖北来凤楠属植物群落物种构成及特点研究. 山地农业生物学报, 36(1): 45–49.]
- Hua LZ, NaraHajime, Saemulson GA, Langafelter SW, 2009. Iconography of Chinese Longicorn Beetles (1406 Species) in Color. Guangzhou: Sun Yat-sen University Press. 1–474. [华立中, 奈良一, Saemulson GA, Langafelter SW, 2009. 中国天牛 (1406 种) 彩色图鉴. 广州: 中山大学出版社. 1–474.]
- Huang DY, He B, Gu P, Su TJ, Zhu CD, 2017. Discussion on current situation and research direction of pollination insects of *Camellia oleifera*. *Journal of Environmental Entomology*, 39(1): 213–220. [黄敦元, 何波, 谷平, 苏田娟, 朱朝东, 2017. 油茶传粉昆虫研究现状与方向的探讨. 环境昆虫学报, 39(1): 213–220.]
- Li XM, Xiao NW, He SJ, Zheng XX, Liu YC, Wu G, 2020. Investigation and assessment of insect diversity in Hefeng county, Hubei province, Wuling Mountain. *Journal of Plant Protection*, 47(6): 1381–1382. [李雪梅, 肖能文, 何帅洁, 郑晓旭, 刘宇琛, 吴刚, 2020. 武陵山区湖北省鹤峰县昆虫多样性调查与评估. 植物保护学报, 47(6): 1381–1382.]
- Liu G, 2019. Progress in insect diversity monitoring and interactions research. *Pesticide Market Information*, 2019(18): 51. [刘刚, 2019. 昆虫多样性监测和互作研究获进展. 农药市场信息, 2019(18): 51.]
- Liu SL, 2006. Biodiversity - an important material basis for human survival—interpretation of the regulations on the protection of wild plants in the Autonomous Region. *Xinjiang People's Congress*, 2006(10): 37–39. [刘书亮, 2006. 生物多样性——人类赖以生存的重要物质基础——解读《自治区野生植物保护条例》. 新疆人大, 2006(10): 37–39.]
- Liu YC, Xiao NW, He SJ, Li XM, Zheng XX, Wu G, 2021. Analysis of insect diversity in Laifeng County, Wuling Mountains area in different habitats. *Journal of Plant Protection*, 48 (3): 697–698. [刘宇琛, 肖能文, 何帅洁, 李雪梅, 郑晓旭, 吴刚, 2021. 武陵山区来凤县不同生境下昆虫多样性分析. 植物保护学报, 48(3): 697–698.]
- Ou XH, Qin RH, Wang L, 2004. Survey and analysis of insect diversity in the ecological restoration area of Liju Mountain, Dianchi. *Yunnan Environmental Science*, 23(Z1): 129–131. [欧晓红, 秦瑞豪, 王林, 2004. 滇池李居山生态恢复区昆虫多样性调查与分析. 云南环境科学, 23(Z1): 129–131.]
- Shi YS, 1983. The fourth volume of the Chinese moth illustrated guide will be published soon. *Forest Pest Communications*, 23(1): 1–49 [史永善, .《中国蛾类图鉴》第四分册即将出版. 森林病虫通讯, 23(1): 1–49.]
- Wang JY, Chen Z, 2021. A photographic Guide to Ture Bugs of

- China. Chongqing: Chongqing University Press. 1–314. [王建赞, 陈卓, 2021. 常见椿象野外识别手册. 重庆: 重庆大学出版社. 1–314.]
- Wang MQ, Luo AR, Zhou QS, Douglas C, Chen JT, Guo SK, Yang JJ, Guo PF, Li Y, Zhang F, Peng YQ, Luo SX, Ge SQ, Bai M, Xiao ZZ, Chen J, Zhou HZ, Yu JP, Zhu CD, 2022. Progress of insect diversity monitoring and research network in China. *Journal of Applied Entomology*, 59(6): 1192–1204. [王明强, 罗阿蓉, 周青松, DOUGLAS Chesters, 陈婧婷, 郭士琨, 杨娟娟, 郭鹏飞, 李逸, 张峰, 彭艳琼, 罗世孝, 葛斯琴, 白明, 肖治术, 陈军, 周红章, 余建平, 朱朝东, 2022. 中国昆虫多样性监测与研究网进展. 应用昆虫学报, 59(6): 1192–1204.]
- Wang Y, Hu XF, Song HL, Zhou QS, Wu QT, Kong WN, Zhu CD, Li J, 2022. Influence of habitat type on pollinator diversity. *Journal of Applied Entomology*, 59(6): 1259–1268. [王怡, 胡学丰, 宋怀磊, 周青松, 吴清涛, 孔维娜, 朱朝东, 李捷, 2022. 生境类型对传粉昆虫多样性的影响. 应用昆虫学报, 59(6): 1259–1268.]
- Wang YP, Wu H, Xu HC, 2008. Biological and ecological bases of using insects as a bio-indicator to assess forest health. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 19(7): 1625–1630. [王义平, 吴鸿, 徐华潮, 2008. 以昆虫作为指示生物评估森林健康的生物学与生态学基础. 应用生态学报, 19(7): 1625–1630.]
- Wang YQ, Ding WJ, Liu Y, Lu ZB, Lu YF, Yu Y, Guo WX, 2020. The study on structure and diversity of insect community in *Salvia miltiorrhiza* fields during flowering period. *Journal of Environmental Entomology*, 42(4): 910–915. [王玉芹, 丁文静, 刘岩, 卢增斌, 卢亚菲, 于毅, 郭文秀, 2020. 丹参田花期昆虫群落结构及多样性研究. 环境昆虫学报, 42(4): 910–915.]
- Wu JY, Xue DY, Zhao FW, Wang YJ, 2013. Progress of the study on investigation and conservation of biodiversity in China. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 29(2): 146–151. [武建勇, 薛达元, 赵富伟, 王艳杰, 2013. 中国生物多样性调查与保护研究进展. 生态与农村环境学报, 29(2): 146–151.]
- Zhang C, Fang Y, Yan Y, Li K, 2011. A study on insect biodiversity of Zhenhai industrial estate, in Ningbo, Zhejiang province. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(4): 1087–1093. [张萃, 方燕, 严莹, 李恺, 2011. 浙江宁波镇海工业园区昆虫多样性研究. 应用昆虫学报, 48(4): 1087–1093.]
- Zhang ML, Wang RJ, 2011. The status and trends of insect diversity conservation. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(3): 739–745. [张茂林, 王戎疆, 2011. 昆虫多样性的保护现状与趋势. 应用昆虫学报, 48(3): 739–745.]
- Zhang X, Lu ZX, Wang Q, Gao ST, Tang CY, Li Q, Chen YQ, 2021. Habitat-specific influences on insect diversity in regional landscapes: A case study of Xishuangbanna. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 29(5): 771–780. [张翔, 卢志兴, 王庆, 高舒桐, 唐春英, 李巧, 陈又清, 2021. 区域景观中生境特异性对昆虫多样性的影响—以西双版纳为例. 中国生态农业学报, 29(5): 771–780.]
- Zhang WW, Li YS, 2011. Chinese Insects Illustrated. Chongqing: Chongqing University Press. 1–692. [张巍巍, 李元胜, 2011. 中国昆虫生态大图鉴. 重庆: 重庆大学出版社. 1–692.]
- Zhou HZ, Yu XD, Luo TH, Li XY, Wang FY, Li DE, Zhou YLZ, Zhao CY, 2014. Collection and field survey sampling techniques for soil step beetles and cryptomeria. *Journal of Applied Entomology*, 51(5): 1367–1375. [周红章, 于晓东, 罗天宏, 李晓燕, 王凤艳, 李德娥, 周毓灵子, 赵彩云, 2014. 土壤步甲和隐翅虫的采集与田间调查取样技术. 应用昆虫学报, 51(5): 1367–1375.]
- Zhou Y, 1994. Monographia Rhopalocerorum Sinensium. Henan: Henan Science and Technology Press. 1–854. [周尧, 1994. 中国蝶类志. 河南: 河南科学技术出版社. 1–854.]