

引文格式: 尹晶, 施雯, 王灵敏, 等. 云南省元阳县蝴蝶群落结构与物种多样性研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2023, 38(5): 771-778. DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).202206023

云南省元阳县蝴蝶群落结构与物种多样性研究*

尹晶¹, 施雯¹, 王灵敏¹, 王有慧¹, 李晨阳¹, 和秋菊¹, 易传辉^{2**}

(1. 西南林业大学生物多样性保护学院, 云南昆明 650224; 2. 西南林业大学云南生物多样性研究院, 云南昆明 650224)

摘要:【目的】探究云南省元阳县蝴蝶群落结构与物种多样性。【方法】采用样线法和网捕对元阳县蝴蝶进行调查。共设置样线 30 条, 每条样线不少于 2 km, 以 1.0~1.5 km/h 的速度调查、采集样线沿途蝴蝶。【结果】共采集蝴蝶 5 科 87 属 166 种, 其中以蛱蝶科 (Nymphalidae) 物种数和个体数最多, 最少的为弄蝶科 (Hesperiidae) 物种; 优势种为宽边黄粉蝶 (*Eurema hecabe*) 和东方菜粉蝶 (*Pieris candia*)。多样性存在时空差异。在时间分布上, 秋季物种数、个体数和多样性指数均远高于夏季。在海拔分布上, 物种数和个体数在海拔 ≥600~800 m 内最多, 在海拔 ≥400~600 m 内最少; 多样性指数在海拔 ≥1 000~1 200 m 内最高 (3.995 0), 在海拔 ≥400~600 m 内最低 (3.106 4)。在行政区域上, 以大坪乡物种多样性最高 (3.828 2), 以小新街乡多样性最低 (2.456 1)。【结论】元阳县蝴蝶具有较高的多样性, 在分布上有明显的时空差异, 呈明显的垂直和水平分布特征。

关键词: 蝴蝶; 多样性; 群落结构; 元阳县

中图分类号: Q969.42

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X (2023) 05-0771-08

Study on the Butterfly Community Structure and Diversity in Yuanyang County, Yunnan Province

YIN Jing¹, SHI Wen¹, WANG Lingmin¹, WANG Youhui¹, LI Chenyang¹,
HE Qiuju¹, YI Chuanhui²

(1. College of Biodiversity Conservation, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;

2. Yunnan Academy of Biodiversity, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: [Purpose] To explore the butterfly community structure and species diversity in Yuanyang County, Yunnan Province. [Methods] The butterflies in Yuanyang County were investigated by using the method of sample line and net catching. A total of 30 sample lines were set up, each of which was not less than 2 km long, and butterflies along the sample lines were investigated and collected at a speed of 1.0-1.5 km/h. [Results] A total of 166 species of butterflies were collected from 87 genera of 5 families, among which the number of species and individuals of Nymphalidae was the largest, the least was the species of Hesperiidae; the dominant species were *Eurema hecabe* and *Pieris candia*. There were temporal and spatial differences in diversity. In terms of temporal distribution, the number of species, individuals and diversity index in autumn were much higher than those in summer. In the altitude distribution, the number of species and individuals were the largest in the altitude

收稿日期: 2022-06-14

修回日期: 2023-06-14

网络首发日期: 2023-10-11

*基金项目: 国家自然科学基金项目 (31660631); 生态环境部生物多样性调查、观测和评估项目 (2019—2023 年)。

作者简介: 尹晶 (1997—), 女, 云南大理人, 在读硕士研究生, 主要从事森林昆虫研究。

E-mail: 845320051@qq.com

**通信作者 Corresponding author: 易传辉 (1970—), 男, 四川开江人, 博士, 研究员, 主要从事昆虫资源保护与利用和昆虫多样性研究。E-mail: ychuanh@126.com

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/53.1044.S.20231010.0927.002>



of $\geq 600\text{--}800\text{ m}$, and the least in the altitude of $\geq 400\text{--}600\text{ m}$; the diversity index was the highest (3.995 0) in the altitude of $\geq 1\ 000\text{--}1\ 200\text{ m}$, and the lowest (3.106 4) in the altitude of $\geq 400\text{--}600\text{ m}$. In administrative areas, there were the highest species diversity (3.828 2) in Daping Town, and there were the lowest species diversity (2.456 1) in Xiaoxinjie Town. [**Conclusion**] The butterflies in Yuanyang County have a high diversity, and there are obvious spatial and temporal differences in distribution, showing obvious vertical and horizontal distribution characteristics.

Keywords: butterfly; diversity; community structure; Yuanyang County

生物多样性研究及保护已成为当今世界关注的热点问题^[1], 蝴蝶作为重要的生物类群, 是生物多样性中重要的组成部分, 具有经济、生态、科学及观赏等价值^[2], 是森林和农业生态系统中主要的传粉媒介^[3]。蝴蝶体型适中, 生活周期较短, 具有昼出性, 相比较其他昆虫而言, 极易观察和捕捉; 其分布广, 具有相对独立的生活空间, 对栖息环境要求具有专一性, 因此, 对环境不断发生的细微变化十分敏感并能做出快速响应^[4-5], 被公认为是监控环境系统、生境破碎和丧失、外来物种入侵和气候变化的指示物种^[6]。目前全球记载蝴蝶 2 万多种, 中国有 2 100 余种^[7]。近年来, 中国开展了大量蝴蝶多样性的研究工作, 主要涉及自然保护区蝴蝶, 而非自然保护区的蝴蝶研究相对较少^[8-11]。云南是中国 17 个生物多样性关键地区和全球 34 个物种最丰富的热点地区之一, 具有丰富的蝴蝶资源, 但其研究不多, 见报道的主要有对西双版纳、高黎贡山和昆明等地区的蝴蝶多样性研究^[12-18], 部分研究涉及邻近干热河谷地区^[19]。王有慧等^[20]对元阳县蝴蝶种类与区系进行了研究, 但未见有关元阳县蝴蝶多样性研究的报道。元阳县是中国西南边境地区生态屏障的重要组成部分, 拥有独特的地理环境, 干热河谷气候明显, 具有丰富的蝴蝶多样性。通过对该地区蝴蝶群落结构和物种多样性的研究, 有助于揭示干热河谷地区蝴蝶多样性特点, 为蝴蝶多样性的保护与利用以及环境监测提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

云南省元阳县位于云南省南部, 哀牢山脉南段, $E102^{\circ}27'\sim 103^{\circ}13'$, $N22^{\circ}49'\sim 23^{\circ}19'$, 东西横跨 74 km, 南北纵横 55 km, 面积 2 189.88 km²。境内山高谷深, 沟壑纵横, 属深切切割中山地貌类

型, 海拔 144~2 954 m; 现有 14 个乡镇, 世居哈尼、汉等 7 个民族; 属亚热带山地季风气候, 随着海拔变化依次形成了以亚热带、南亚热带和中温带为主的 7 种气候类型; 干湿两季分明, 立体气候鲜明, 植被以南亚热带常绿阔叶林为主^[21-24]。

1.2 调查与标本鉴定方法

于 2019 年 6—7 月、2019 年 9—10 月和 2020 年 9—10 月, 采用样线法, 利用网捕, 对元阳县蝴蝶进行调查。调查时间为晴天 9:00—18:00。样线设计按照生态环境部《文山市、屏边县和元阳县三市县生物多样性(昆虫)调查与评估》项目要求, 按县域面积每 10 km $\times$ 10 km 网格设置 1 条样线, 共设置样线 30 条, 每条样线长度不少于 2 km。选取样线时, 通过 GPS 工具箱卫星地图观察道路周围植被分布情况, 尽量涵盖所有植被类型(针叶林、常绿阔叶林、针阔混交林、农田), 最后根据可达性等实际情况进行适当调整; 以 1.0~1.5 km/h 的速度调查、采集样线沿途蝴蝶。将采集到的蝴蝶标本带回实验室, 整理后参考《中国蝴蝶图鉴》^[7]《中国蝶类志(上、下)》^[25]《世界蝴蝶分类名录》^[26]及《An illustrated checklist of the butterflies of Laos P.D.R.》^[27]等资料对标本进行鉴定, 疑难种在专家指导下鉴定。

1.3 数据处理与多样性分析

利用 Microsoft Excel 2019 对数据进行处理分析。参考生物多样性研究方法^[15, 17, 28-31], 对多样性数据进行分析。

多样性指数(H')采用 Shannon-Wiener 公式计算: $H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$ 。式中: P_i 为第 i 种的个体比例, S 为物种数。

物种丰富度指数(R)采用 Margalef 公式计算: $R = (S-1)/\ln N$ 。式中: N 为总个体数。

均匀度指数(J)采用 Pielou 公式计算: $J = H'/\ln S$ 。

优势度指数 (D) 采用 Berger-Parker 公式计算: $D = N_{\max}/N_t$ 。式中: $N_{\max}$ 为优势种的种群数量; N_t 为全部物种的种群数量。根据本区域蝴蝶类群数量情况, 定义个体数量大于等于个体总数的 5.0% 为优势种, $\geq 1.0\% \sim 5.0\%$ 为常见种, $\geq 0.5\% \sim 1.0\%$ 为少见种, $< 0.5\%$ 为稀有种。

群落相似性系数 (C_s) 采用 Jaccard 公式计算: $C_s = d/(a+b+c-d)$ 。式中: a 、 b 、 c 为各地物种数, d 为共有种数。其中, $0 < C_s < 0.25$ 为极不相似, $0.25 \leq C_s < 0.50$ 为中等不相似, $0.50 \leq C_s < 0.75$ 为中等相似, $0.75 \leq C_s < 1.00$ 为极相似。

2 结果与分析

2.1 蝴蝶群落结构

共采集蝴蝶 1 501 头, 隶属 5 科 18 亚科 87 属 166 种, 并发现 1 个中国新纪录种: 黑缘蛱蝶

(*Rhinopalpa polynice*); 中国特有种 3 种: 重光矍眼蝶 (*Ypthima dromon*)、卓矍眼蝶 (*Y. zodia*) 和中华伊弄蝶 (*Idmon sinica*)^[32], 优势种为宽边黄粉蝶 (*Eurema hecabe*) 和东方菜粉蝶 (*Pieris candia*)。以蛱蝶科 (*Nymphalidae*) 物种数最多, 有 44 属 82 种, 占总种数的 49.40%; 其次是灰蝶科 (*Lycaenidae*), 有 20 属 31 种, 占总种数的 18.67%; 再次是粉蝶科 (*Pieridae*), 有 12 属 27 种, 占总种数的 16.27%; 凤蝶科 (*Papilionidae*) 有 3 属 17 种, 占总种数的 10.24%; 以弄蝶科 (*Hesperiidae*) 最少, 仅 8 属 9 种, 占总种数的 5.42%。在个体数量上, 以蛱蝶科最多, 有 880 头, 占总个体数的 58.63%; 其次为粉蝶科, 有 359 头, 占总个体数的 23.92%; 以弄蝶科最少, 仅 17 头, 仅占总个体数的 1.13%, 各科物种数量依次为蛱蝶科>粉蝶科>灰蝶科>凤蝶科>弄蝶科 (表 1)。

表 1 蝴蝶群落结构与多样性特征

Tab. 1 Structure and diversity characteristic of butterfly community

科 family	属 genus	种 species	个体 individuals	多样性指数 H'	丰富度指数 R	均匀度指数 J	优势度指数 D
凤蝶科 <i>Papilionidae</i>	3	17	109	0.3575	3.4105	0.1262	0.2752
粉蝶科 <i>Pieridae</i>	12	27	359	0.9535	4.4193	0.2893	0.2284
蛱蝶科 <i>Nymphalidae</i>	44	82	880	2.5262	11.9470	0.5733	0.0682
灰蝶科 <i>Lycaenidae</i>	20	31	136	0.4783	6.1067	0.1393	0.2353
弄蝶科 <i>Hesperiidae</i>	8	9	17	0.0736	7.6819	0.0335	0.2353
总计 total	87	166	1501	4.3894	22.5598	0.8586	0.0546

注/Note: H' , diversity index, R , specific richness, J , evenness index, D , dominance index; 下同/the same as below.

2.2 蝴蝶物种多样性特征

2.2.1 各科蝴蝶多样性分布特征

由表 1 可知: 元阳县蝴蝶多样性指数为 4.389 4, 物种丰富度指数为 22.559 8, 均匀度指数为 0.858 6, 优势度指数为 0.054 6, 优势科为蛱蝶科。各科蝴蝶的多样性指数在 0.05~2.55 之间, 其中以蛱蝶科最大 (2.526 2), 其次为粉蝶科 (0.953 5), 以弄蝶科最小 (0.073 6), 各科多样性指数依次为蛱蝶科>粉蝶科>灰蝶科>凤蝶科>弄蝶科; 物种丰富度指数在 3.4~12.0 之间, 依次为蛱蝶科>弄蝶科>灰蝶科>粉蝶科>凤蝶科; 均匀度指数在 0.03~0.60 之间, 依次为蛱蝶科>粉蝶科>灰蝶科>凤蝶科>弄蝶科; 优势度指数在 0.06~0.30 之间, 以凤蝶科 (0.275 2) 最高, 其次为弄蝶科 (0.235 3) 和灰蝶科 (0.235 3), 蛱蝶科最低 (0.068 2)。蛱蝶科的多样性指数、均匀度指数和

物种丰富度均最高, 说明蛱蝶科的种类最丰富, 种间数量相对均衡, 优势种群不突出; 凤蝶科和弄蝶科的多样性指数和均匀度指数均较低, 但优势度指数较高, 表明这 2 个科物种种类较少, 个体分布不均匀。

2.2.2 不同季节蝴蝶多样性与相似性

根据采集物候时间, 将 6、7 月划分为元阳县夏季, 9、10 月为秋季。夏季元阳县共采集蝴蝶 162 头, 隶属于 5 科 34 属 58 种; 秋季共采集 133 9 头, 隶属于 5 科 86 属 157 种。秋季蝴蝶的个体数和物种数均远超过夏季。夏季优势种为东方菜粉蝶、宽边黄粉蝶、菜粉蝶 (*P. rapae*) 和翠蓝眼蛱蝶 (*Junonia orithya*), 但秋季优势种不明显。夏、秋两季多样性指数分别为 3.577 3 和 4.340 7, 丰富度指数分别为 11.203 7 和 21.667 6, 均匀度指数分别为 0.881 0 和 0.858 5, 优势度指

数分别为 0.098 8 和 0.049 3; 两季节群落相似性系数为 0.295 2, 为中等不相似, 相似性较低。

2.2.3 不同海拔蝴蝶多样性的分布特征

由表 2 可知: 元阳县蝴蝶物种数和个体数均以海拔≥600~800 m 最多, 其次是海拔≥1 000~1 200 m, 以海拔≥400~600 m 最少; 多样性指数以海拔≥1 000~1 200 m 最高, 其次为海拔≥600~800 m, 以海拔≥400~600 m 最低; 丰富度指数以海拔≥600~800 m 最高, 其次为海拔≥1 000~1 200 m, 以海拔≥400~600 m 最低; 均匀度指数

以海拔≥400~600 m 最高, 其次为海拔≥1 800~2 000 m, 以海拔≥200~400 m 最低; 优势度指数以海拔≥200~400 m 最高, 其次为海拔≥400~600 m 和≥1 200~1 400 m, 以海拔≥1 000~1 200 m 最低。可见, 元阳县蝴蝶多样性具有明显的垂直分布特征, 随海拔变化呈现明显差异, 蝴蝶属数、物种数、个体数和其他多样性特征均随海拔呈现明显变化, 属和种数先随海拔升高而呈升高趋势, 在海拔 600~800 m 内达到最大, 随后随海拔的升高呈下降趋势。

表 2 不同海拔蝴蝶群落组成与多样性指数

Tab. 2 Composition and the diversity index of butterfly community in different altitudes

海拔/m altitude	科 family	属 genus	种 species	个体 individuals	多样性指数 H'	丰富度指数 R	均匀度指数 J	优势度指数 D
≥200~400	4	34	51	217	3.3340	9.2939	0.8479	0.1475
≥400~600	4	19	26	38	3.1064	6.8727	0.9534	0.1316
≥600~800	5	54	93	385	3.9235	15.4538	0.8656	0.0831
≥800~1 000	5	36	58	181	3.6987	10.9647	0.9109	0.1050
≥1 000~1 200	5	47	78	242	3.9950	14.0282	0.9170	0.0579
≥1 200~1 400	5	29	38	76	3.3358	8.5436	0.9170	0.1316
≥1 400~1 600	5	39	59	179	3.5507	11.1810	0.8708	0.1173
≥1 600~1 800	4	24	39	100	3.3652	8.2516	0.9186	0.1300
≥1 800~2 000	4	26	44	83	3.4883	9.7311	0.9218	0.1084

此外, 各海拔区间优势物种存在差异。海拔≥200~400 m 的优势种为宽边黄粉蝶、达摩凤蝶 (*Papilio demoleus*)、虎斑蝶 (*Danaus genutia*)、青斑蝶 (*Tirumala limniace*)、蓝青斑蝶 (*T. septentrionis*) 和幻紫斑蝶 (*Euploea core*); 海拔≥400~600 m 的优势种为宽边黄粉蝶、无标黄粉蝶 (*E. brigitta*)、梨花迁粉蝶 (*Catopsilia pyranthe*)、红绶绿凤蝶 (*Pathysa nomius*)、波蛱蝶 (*Ariadne ariadne*)、大理石眉眼蝶 (*Mycalesis malsara*) 和小眉眼蝶 (*M. mineus*); 海拔≥600~800 m 的优势种为东方菜粉蝶、青凤蝶 (*Graphium sarpedon*)、异型紫斑蝶 (*E. mulciber*); 海拔≥800~1 000 m 的优势种为东方菜粉蝶、青斑蝶和矍眼蝶 (*Y. baldus*); 海拔≥1 000~1 200 m 的优势种为宽边黄粉蝶和异型紫斑蝶; 海拔≥1 200~1 400 m 的优势种为宽边黄粉蝶、斐豹蛱蝶 (*Argyreus hyperbius*)、苧麻珍蝶 (*Acraea issoria*) 和矍眼蝶; 海拔≥1 400~1 600 m 的优势种为东方菜粉蝶、宽边黄粉蝶、无标黄粉蝶、肃蛱蝶 (*Sumalia daraxa*) 和孔矍眼蝶 (*Y. confusa*); 海拔≥1 600~1 800 m 的优势种为无标黄粉

蝶、波蛱蝶 (*Zemeros flegyas*)、矍眼蝶和孔矍眼蝶; 海拔≥1 800~2 000 m 的优势种为菜粉蝶、东方菜粉蝶和琉璃灰蝶 (*Celastrina argiolus*)。宽边黄粉蝶在 5 个海拔区间均为优势物种, 东方菜粉蝶在 4 个海拔区间为优势物种, 表明这 2 个物种在海拔分布上为明显优势类群。

由表 3 可知: 元阳县各海拔区间蝴蝶群落相似性系数在 0~0.5 之间, 以海拔≥600~800 m 和≥800~1 000 m 之间的相似度系数最高, 达 0.4804; 其次为海拔≥800~1 000 m 和≥1 000~1 200 m 之间, 为 0.4783; 其余各海拔之间的相似性系数均较低, 以海拔≥400~600 m 与其他海拔之间的相似度系数最低, 表明该海拔与其他海拔之间的相同物种数最少。各海拔之间极不相似水平占 38.89%, 中等不相似水平占 61.11%, 表明元阳县蝴蝶群落垂直分布特征明显。

2.2.4 不同乡镇蝴蝶多样性的分布特征

元阳县 14 个乡镇的蝴蝶种类和数量均有差异 (表 4)。以大坪乡物种数最多, 有 47 属 77 种 255 头; 其次为马街乡, 有 39 属 64 种 201 头;

再次为逢春岭乡, 有 34 属 57 种 171 头, 以小新街乡最少, 仅有 13 属 14 种 25 头。

各乡镇多样性指数在 2.4~3.9 之间, 以大坪乡多样性指数最高, 为 3.828 2; 以小新街乡最低, 仅为 2.456 1; 各乡镇多样性指数依次为大坪乡>马街乡>逢春岭乡>新街镇>俄扎乡>黄茅岭乡>黄草岭乡>沙拉托乡>牛角寨乡>南沙镇>上新城乡>攀枝花乡>嘎娘乡>小新街乡。丰富度指数在 4.0~14.0 之间, 依次为大坪乡>马街乡>逢春岭乡>新街镇>俄扎乡>黄草岭乡>黄茅岭乡>沙拉托乡>南沙镇>牛角寨乡>上新城乡>攀枝花乡>嘎娘乡>小新街乡。均匀度指数在 0.8~1.0 之间, 依次为上新城乡>嘎娘乡>沙拉托乡>小新街乡>俄扎乡>黄茅岭乡>新街镇>马街乡>牛角寨乡>黄草岭乡>大坪乡>逢春岭乡>攀枝花乡>南沙镇。优势度

指数在 0.05~0.30 之间, 依次为攀枝花乡>南沙镇>逢春岭乡>嘎娘乡=小新街乡=牛角寨乡>黄草岭乡>上新城乡>俄扎乡>沙拉托乡>黄茅岭乡>新街镇>大坪乡>马街乡。

各乡镇共有 34 个优势种, 但不同乡镇优势种差异明显, 以攀枝花乡和上新城乡优势种数量最多, 均有 7 种; 以逢春岭乡和牛角寨乡优势种最少, 均仅有 3 种。攀枝花乡优势种为东方菜粉蝶、黑纹粉蝶 (*P. melete*)、宽边黄粉蝶、无标黄粉蝶、巴黎翠凤蝶 (*P. paris*)、散纹盛蛱蝶 (*Symbrenthia lilaea*) 和肃蛱蝶; 沙拉托乡优势种为安迪黄粉蝶 (*E. andersoni*)、宽边黄粉蝶、蛇眼蛱蝶 (*J. lemonias*) 和孔矍眼蝶; 上新城乡优势种为东方菜粉蝶、宽边黄粉蝶、波蛱蝶、孔矍眼蝶、卓矍眼蝶、多型艳眼蝶 (*Callerebia polyphemus*) 和

表 3 不同海拔蝴蝶群落相似性系数
Tab. 3 Similarity coefficient of butterfly community in different altitudes

海拔/m altitude	≥200~400	≥400~600	≥600~800	≥800~1000	≥1000~1200	≥1200~1400	≥1400~1600	≥1600~1800
≥400~600	0.305 1							
≥600~800	0.263 2	0.190 0						
≥800~1000	0.329 3	0.235 3	0.480 4					
≥1000~1200	0.316 3	0.155 6	0.474 1	0.478 3				
≥1200~1400	0.202 7	0.207 5	0.297 0	0.315 1	0.348 8			
≥1400~1600	0.208 8	0.089 7	0.256 2	0.258 1	0.317 3	0.293 3		
≥1600~1800	0.184 2	0.160 7	0.269 2	0.310 8	0.344 8	0.327 6	0.342 5	
≥1800~2000	0.172 8	0.111 1	0.223 2	0.214 3	0.257 7	0.242 4	0.333 3	0.383 3

表 4 元阳县不同行政区蝴蝶群落数量特征
Tab. 4 Quantity characteristic of butterfly community in different towns from Yuanyang County

乡镇 town	科 family	属 genus	种 species	个体 individuals	多样性指数 <i>H'</i>	丰富度指数 <i>R</i>	均匀度指数 <i>J</i>	优势度指数 <i>D</i>
南沙 Nansha	4	30	44	210	3.166 9	8.041 7	0.836 9	0.176 2
新街 Xinjie	4	31	45	99	3.481 1	9.575 4	0.914 5	0.101 0
大坪 Daping	5	47	77	255	3.828 2	13.715 3	0.881 3	0.090 2
俄扎 Ezha	5	29	40	77	3.424 4	8.978 3	0.928 3	0.103 9
马街 Majie	4	39	64	201	3.782 9	11.879 4	0.909 6	0.069 7
嘎娘 Ganiang	4	14	16	25	2.622 5	4.660 0	0.945 9	0.160 0
逢春岭 Fengchunling	5	34	57	171	3.530 8	10.891 4	0.873 3	0.163 7
黄草岭 Huangcaoling	5	30	44	126	3.400 8	8.891 1	0.898 7	0.142 9
黄茅岭 Huangmaoling	4	28	41	98	3.422 3	8.724 2	0.921 6	0.102 0
牛角寨 Niujiaozhai	5	27	35	75	3.212 6	7.874 9	0.903 6	0.160 0
攀枝花 Panzhihua	4	16	21	40	2.631 5	5.421 7	0.864 3	0.300 0
沙拉托 Shalatuo	4	26	37	68	3.384 8	8.531 8	0.937 4	0.102 9
上新城 Shangxincheng	5	17	21	31	2.925 2	5.824 1	0.960 8	0.129 0
小新街 Xiaoxinjie	4	13	14	25	2.456 1	4.038 7	0.930 7	0.160 0

宽纹袖弄蝶 (*Notocrypta feisthamelii*); 逢春岭乡优势种为达摩凤蝶、散纹盛蛱蝶和矍眼蝶; 牛角寨乡优势种为东方菜粉蝶、宽边黄粉蝶和肃蛱蝶。其中, 宽边黄粉蝶在 9 个乡镇均为优势种, 东方菜粉蝶在 7 个乡镇为优势种, 孔矍眼蝶和肃蛱蝶在 4 个乡镇为优势种, 有 19 个种仅在 1 个乡镇为优势种, 表明大多数优势种分布区域较小。

各乡镇蝴蝶相似性系数在 0~0.5 之间 (表 5),

马街乡与逢春岭乡相似度系数最高 (0.4405), 其次为黄草岭乡与黄茅岭乡 (0.3934), 但均为中等相似; 小新街乡与俄扎乡相似系数最低, 为 0.0588。结果显示: 各乡镇之间的蝴蝶相似性系数均较低, 极不相似水平占 67.03%, 中等不相似水平占 32.97%, 表明元阳县蝴蝶水平分布差异明显, 呈现明显的水平分布特征。

表 5 元阳县不同乡镇蝴蝶相似性

Tab. 5 Similarity coefficient of butterfly in different town from Yuanyang County

乡镇 town	南沙 Nansha	新街 Xinjie	大坪 Daping	俄扎 Ezha	马街 Majie	嘎娘 Ganiang	逢春岭 Fengchunling	黄草岭 Huangcaoling	黄茅岭 Huangmaoling	牛角寨 Niuji- aoshai	攀枝花 Panz- hihua	沙拉托 Shalatuo	上新城 Shangxi- ncheng
新街 Xinjie	0.2714												
大坪 Daping	0.2222	0.2577											
俄扎 Ezha	0.2353	0.2319	0.2188										
马街 Majie	0.3171	0.3797	0.3558	0.2381									
嘎娘 Ganiang	0.0909	0.1731	0.0941	0.0980	0.1429								
逢春岭 Fengchunling	0.3649	0.3247	0.3400	0.2278	0.4405	0.1061							
黄草岭 Huangcaoling	0.2571	0.2535	0.3152	0.3125	0.3171	0.1111	0.3117						
黄茅岭 Huangmaoling	0.2319	0.2464	0.2967	0.2462	0.3291	0.1633	0.2727	0.3934					
牛角寨 Niuji- aoshai	0.1791	0.3115	0.2174	0.2712	0.3026	0.1591	0.2432	0.2742	0.2881				
攀枝花 Panzhihua	0.1404	0.2000	0.1667	0.1961	0.2143	0.1212	0.2188	0.2037	0.1273	0.2727			
沙拉托 Shalatuo	0.1912	0.2059	0.2955	0.2833	0.2625	0.1277	0.2208	0.2656	0.3000	0.2000	0.1154		
上新城 Shangxincheng	0.1017	0.2000	0.1264	0.1961	0.1806	0.1212	0.1143	0.1404	0.1923	0.2174	0.1053	0.1600	
小新街 Xiaoxinjie	0.0741	0.1346	0.0964	0.0588	0.1143	0.0714	0.1270	0.1154	0.1458	0.1951	0.1667	0.0851	0.0938

3 讨论

3.1 元阳蝴蝶物种多样性特征

元阳县地处云岭余脉哀牢山南段, 红河南岸, 境内山高谷深, 沟壑纵横, 属深切割中山地貌类型, 红河 (元江) 干热河谷地区干湿季明显, 雨热同季, 水平分布复杂, 垂直分布多变, 四季不明显, 立体气候明显, 形成了季雨林、稀树灌草丛、暖热性稀树灌草丛、暖热性阔叶林及针叶林、暖温性阔叶林及针叶林、温凉性阔叶林和温冷性阔叶林等丰富的植被类型^[21, 33-34]。复杂多变的地形地貌、丰富的植物资源、充足的光热量条

件形成了丰富、复杂的生境, 孕育了该地区丰富的生物多样性。本研究共调查到元阳县蝴蝶 5 科 87 属 166 种, 多于偏北的昆明等地区 (82 种), 也略多于邻近地区的西畴县 (152 种) 和同属干热河谷地区的元江县 (143 种), 但略少于同属干热河谷地区的怒江峡谷地区 (225 种) 和邻近的西双版纳地区 (175 种)^[13, 17, 19, 35-37]。元阳县较丰富的蝴蝶多样性与该地区丰富、复杂的生态环境相吻合, 往往生态系统越复杂, 生物多样性越高; 同时, 也与该地区纬度偏南有关, 纬度偏南地区往往具有更高的物种多样性^[38]。

3.2 元阳蝴蝶多样性分布的空间特征

元阳县蝴蝶分布与多样性存在明显的时空差异。在海拔分布上,垂直分布特征明显,不同海拔区间各多样性参数、优势种种类与数量均存在明显差异,具有明显的垂直分布特征。物种数和个体数以海拔 $\geq 600\sim 800$ m最多、 $\geq 400\sim 600$ m最少。海拔 $\geq 400\sim 600$ m蝴蝶物种最少,可能与该区域地处干热河谷下部、温度较高、湿度较小和寄主植物较少有关。宽边黄粉蝶在5个海拔区间均为优势物种,东方菜粉蝶在4个海拔区间为优势物种,表明这2个物种适应性较强,是海拔分布的优势类群。研究显示:蝴蝶与其他动、植物一样具有显著的垂直地带性特点,不同垂直带间蝴蝶物种差异明显,群落相似性系数较小,造成差异的主要原因可能与植被分布有关。植被是提供蝴蝶生存和繁衍的场所,直接影响蝴蝶的分布^[39-40],干热河谷独特的气候使影响复杂化,形成差异较大的立方体气候,导致水热条件的垂直分布,影响植被分布,进而对蝴蝶分布造成影响,因此,干热河谷地区往往具有其他地区不同的植被特征和生物多样性^[41-42]。

元阳县蝴蝶多样性也表现出明显的水平分布特征,各乡镇蝴蝶物种数、多样性指数和优势物种等也表现出明显的差异。物种数以大坪乡最多(47属77种),其次为马街乡(39属64种);优势种以攀枝花乡和上新城乡最多,均有7种,其中宽边黄粉蝶在9个乡镇均为优势种,东方菜粉蝶在7个乡镇为优势种。不同行政区划在地理空间上的差异也预示了蝴蝶栖息环境的分异。

蝴蝶的分布与多样性除与自身因素有关外,还与植被类型、海拔、温度、气候条件、天敌、人为干扰和历史活动变迁等密切相关^[43-47]。植被类型越复杂,蝴蝶物种越丰富^[48]。大坪乡和马街乡海拔跨度大,植被类型较为丰富,因此有更高的蝴蝶多样性。除植被外,人为因素也影响蝴蝶的多样性与分布,元阳梯田位于南沙镇,受人为干扰因素较大,该区域植被较为单一,蛱蝶科和粉蝶科蝴蝶种类较多,其他类群相对较少。温度也影响着蝴蝶的多样性,蝴蝶可以存活温度是 $16\sim 34$ °C,最活跃的温度是 $23\sim 34$ °C, 13 °C以下基本没有蝴蝶活动^[45]。元阳海拔西北高,属寒温带;南部低,属干热河谷地带,其蝴蝶多样性随海拔升高呈先增后减的趋势,中海拔地区往往有

较高的蝴蝶物种多样性^[12, 49-50],可能主要受温度和生境等影响。

4 结论

元阳县发现有5科18亚科87属166种蝴蝶,在分布和多样性上有明显的时空差异。时间上表现为秋季蝴蝶物种数和个体数远高于夏季;空间上呈现明显的垂直和水平分布特征,不同海拔和不同乡镇的蝴蝶物种数、优势物种和个体数均存在明显差异。在海拔分布上,物种数、个体数和丰富度指数以海拔 $\geq 600\sim 800$ m最高;多样性指数以海拔 $\geq 1000\sim 1200$ m最高,而海拔 $\geq 400\sim 600$ m的物种数、个体数、丰富度指数和多样性指数均最低;在水平分布上,以大坪乡物种数最多(77种),以小新街乡最少(14种)。元阳县蝴蝶多样性时空特征与其本身生物学特性、寄主植物、生境和人为干扰等因素有关。

[参考文献]

- [1] LAWTON J H. Abstracts of international congress of entomology[M]. Londrina: Embrapa Soja, 2000.
- [2] 刘乃一, 刘子豪, 虞磊, 等. 鹤落坪国家级自然保护区蝶类的物种多样性及区系组成[J]. 基因组学与应用生物学, 2018, 37(5): 1941. DOI: [10.13417/j.gab.037.001941](https://doi.org/10.13417/j.gab.037.001941).
- [3] DEVRIES P J, MURRAY D, LANDE R. Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest[J]. Biological Journal of the Linnaean Society, 1997, 62(3): 343. DOI: [10.1006/bjil.1997.0155](https://doi.org/10.1006/bjil.1997.0155).
- [4] THOMAS J A. Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2005, 360(1454): 339. DOI: [10.1098/rstb.2004.1585](https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1585).
- [5] NOWICKI P, SETTELE J, HENRY P Y, et al. Butterfly monitoring methods: the ideal and the real world[J]. Israel Journal of Ecology and Evolution, 2008, 54(1): 69. DOI: [10.1560/IJEE.54.1.69](https://doi.org/10.1560/IJEE.54.1.69).
- [6] KUMAR S, SIMONSON S E, STOHLGREN T J. Effects of spatial heterogeneity on butterfly species richness in Rocky Mountain National Park, CO, USA[J]. Biodiversity and Conservation, 2009, 18(3): 739. DOI: [10.1007/s10531-008-9536-8](https://doi.org/10.1007/s10531-008-9536-8).
- [7] 武春生, 徐培峰. 中国蝴蝶图鉴[M]. 福州: 海峡出版发行集团, 2017.
- [8] 查玉平, 骆启桂, 王国秀, 等. 后河国家级自然保护区蝴蝶群落多样性研究[J]. 应用生态学报, 2006, 17(2): 265. DOI: [10.13287/j.1001-9332.2006.0054](https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.2006.0054).
- [9] 李志刚, 李军, 张碧胜, 等. 广州市蝴蝶群落结构与多样性[J]. 生态学杂志, 2008, 27(6): 1047. DOI: [10.13292/j.1000-4890.2008.0200](https://doi.org/10.13292/j.1000-4890.2008.0200).
- [10] 李密, 周红春, 谭济才, 等. 湖南乌云界蝴蝶物种多样性

- 及区系特点研究[J]. 四川动物, 2011, 30(6): 897. DOI: 10.3969/j.issn.1000-7083.2011.06.012.
- [11] 翁锦涸, 吕文龙, 胡诗佳, 等. 广东古田自然保护区蝶类群落多样性[J]. 生态学杂志, 2017, 36(1): 132. DOI: 10.13292/j.1000-4890.201701.006.
- [12] 易浪, 董亚坤, 苗白鸽, 等. 云南高黎贡山地区蝴蝶群落多样性[J]. 生物多样性, 2021, 29(7): 950. DOI: 10.17520/biods.2020486.
- [13] 张翔, 高舒桐, 卢志兴, 等. 区域变动尺度上不同生境类型及环境因子对西双版纳蝴蝶多样性的影响[J]. 昆虫学报, 2022, 65(1): 73. DOI: 10.16380/j.kcxb.2022.01.008.
- [14] 王群, 郭志祥, 李进斌, 等. 云南哀牢山、无量山国家级自然保护区蝴蝶种群动态及多样性[J]. 生物多样性, 2020, 28(8): 921. DOI: 10.17520/biods.2019364.
- [15] 林中阳, 杨晨, 朱恩骄, 等. 云南省西畴县蝴蝶群落结构与多样性[J]. 四川农业大学学报, 2019, 37(3): 404. DOI: 10.16036/j.issn.1000-2650.2019.03.018.
- [16] 陈勇, 安科, 张辉. 云南生物多样性的现状及发展前景[J]. 山东林业科技, 2010, 40(2): 100. DOI: 10.3969/j.issn.1002-2724.2010.02.032.
- [17] 和秋菊, 易传辉, 王珊, 等. 昆明市蝴蝶群落多样性研究[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(3): 147.
- [18] 杨大荣. 西双版纳片断热带雨林蝶类群落结构与多样性研究[J]. 昆虫学报, 1998, 41(1): 48. DOI: 10.3321/j.issn:0454-6296.1998.01.008.
- [19] MIAO B G, PENG Y Q, YANG D R, et al. Climate and land use interactively shape butterfly diversity in tropical rainforest and savanna ecosystems of southwestern China[J]. Insect Science, 2021, 28(4): 1109. DOI: 10.1111/1744-7917.12824.
- [20] 王有慧, 施雯, 王灵敏, 等. 云南省元阳县蝴蝶种类与区系分析[J]. 西部林业科学, 2022, 51(6): 39. DOI: 10.16473/j.cnki.xblykx1972.2022.06.006.
- [21] 元阳县地方志办公室. 元阳县志[M]. 昆明: 云南民族出版社, 2009.
- [22] 高爱农, 王丽萍, 李坤明, 等. 云南省元阳县哈尼族彝族农业生物资源调查[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(2): 211. DOI: 10.13430/j.cnki.jpgr.2015.02.001.
- [23] 吕靓, 郭添, 杨京彪, 等. 云南省元阳县林业资源规划与评价[J]. 中央民族大学学报(自然科学版), 2012, 21(2): 5. DOI: 10.3969/j.issn.1005-8036.2012.02.002.
- [24] 文勇军. 元阳县森林生态旅游发展前景探讨[J]. 四川林勘设计, 2008(2): 33. DOI: 10.14051/j.cnki.xddy.2015.08.009.
- [25] 周尧. 中国蝶类志(上、下册)[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1999.
- [26] 寿建新, 周尧, 李宇飞. 世界蝴蝶分类名录[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2006.
- [27] OSADA S, UEMURA Y, UEHARA J. An illustrated checklist of the butterflies of Laos P. D. R.[M]. Tokyo: Mokuyo-sha, 1999.
- [28] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I: α 多样性的测度方法(上)[J]. 生物多样性, 1994, 2(3): 162.
- [29] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I: α 多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性, 1994, 2(4): 231.
- [30] 赵志模, 郭依泉. 群落生态学原理与方法[M]. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1990.
- [31] 洪雪萌. 赛罕乌拉国家级自然保护区蝶类多样性研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2019.
- [32] HE Q J, SHI W, LI C Y, et al. The first record of the monospecific genus *Rhinopalpa* (Lepidoptera: Nymphalidae) from China[J]. Biodiversity Data Journal, 2021, 9(5): e70975. DOI: 10.3897/BDJ.9.e70975.
- [33] 元阳县人民政府门户网站. 元阳县概况[EB/OL]. (2021-04-14)[2022-04-13]. http://www.yy.hh.gov.cn/mlly/yygk/202104/t20210414_512997.html
- [34] 欧晓昆. 云南省干热河谷地区的生态现状与生态建设[J]. 长江流域资源与环境, 1994, 3(3): 271.
- [35] 杨自忠, 毛本勇. 西双版纳勐腊自然保护区蝶类调查[J]. 大理师专学报, 2000(3): 88.
- [36] 毛本勇, 杨自忠, 白雪梅, 等. 苍山洱海国家级自然保护区蝴蝶及其分布格局[J]. 大理学院学报, 2009, 8(8): 49. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2345.2009.08.013.
- [37] 董大志, 大卫·卡凡诺, 李恒. 云南怒江峡谷的蝴蝶资源[J]. 西南农业大学学报, 2002, 24(4): 289. DOI: 10.3969/j.issn.1673-9868.2002.04.001.
- [38] 牛翠娟, 娄安如, 孙儒泳, 等. 基础生态学[M]. 3版. 北京: 高等教育出版社, 2015.
- [39] 李雷雷. 青海省祁连县蝶类多样性研究[D]. 西宁: 青海师范大学, 2019.
- [40] 谢宗平, 倪永清, 李志忠, 等. 祁连山北坡及河西走廊蝶类垂直分布及群落多样性研究[J]. 草业学报, 2009, 18(4): 195. DOI: 10.11686/cyx20090428.
- [41] 赵琳, 郎南军, 郑科, 等. 云南干热河谷生态环境特性研究[J]. 林业调查规划, 2006, 31(3): 114. DOI: 10.3969/j.issn.1671-3168.2006.03.029.
- [42] 余娇娥, 司宏敏, 吴雪涛, 等. 海拔梯度下元谋干热河谷植物群落特征[J]. 生态环境学报, 2018, 27(11): 2017. DOI: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2018.11.006.
- [43] 曹天文, 王瑞, 董晋明, 等. 山西省蝶类多样性与地带分布[J]. 昆虫学报, 2004, 47(6): 793. DOI: 10.3321/j.issn:0454-6296.2004.06.017.
- [44] 范洁. 鹞落坪自然保护区蝶类区系和多样性研究[D]. 合肥: 安徽大学, 2008.
- [45] 丁佳佳. 缙云山自然保护区蝴蝶群落生态学研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2010.
- [46] 张起玉. 泰山蝶类物种多样性及区系分析[D]. 泰安: 山东农业大学, 2011.
- [47] 朱恩骄, 张正旺, 和秋菊, 等. 金平马底底蝴蝶多样性与时空动态分析[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2021, 41(4): 168. DOI: 10.11929/j.swfu.202003063.
- [48] 王敏, 黄国华, 范晓凌, 等. 石门台自然保护区蝴蝶物种多样性研究[J]. 生物多样性, 2003, 11(6): 441. DOI: 10.3321/j.issn:1005-0094.2003.06.002.
- [49] 黎璇, 袁兴中, 邓合黎. 横断山区蝶类的垂直分布及其多样性[J]. 生态学杂志, 2009, 28(9): 1847. DOI: 10.13292/j.1000-4890.2009.0319.
- [50] 樊程, 曹紫娟, 李家练, 等. 四川老河沟自然保护区蝴蝶多样性研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2020, 56(4): 587. DOI: 10.13209/j.0479-8023.2020.050.

责任编辑: 何承刚