



主持人: 任明迅

Open Access



海南海口五源河国家湿地公园蝴蝶多样性及时空动态分析

杨梓煊^{1#}, 朱遵燕², 李加慧¹, 林晓丹^{1*}

(1. 海南大学 热带农林学院/农业农村学院/乡村振兴学院 海南 儋州, 571737 中国; 2. 海口雷州湿地研究所, 海南 海口, 570125 中国)

摘要: 蝴蝶作为一类重要的环境监测指示生物类群, 其群落的组成和多样性与生境类型有着密切联系, 其多样性及分布在一定程度上能很好反映当地生态环境质量。为掌握海南海口五源河国家湿地公园里的不同生境与蝴蝶多样性的关系, 本课题组自 2023 年 2 月至 2024 年 1 月, 用样线法对海南海口五源河国家湿地公园常绿阔叶灌木林、灌丛、农田、草地沼泽 4 种生境的蝴蝶进行了系统性调查, 探究了海南海口五源河国家湿地公园里的不同生境中蝴蝶分布的情况。本次调查共记录 2 107 头蝴蝶, 隶属 6 科 90 属 128 种, 其中, 区系组成成分中以东洋区物种为主, 不同科的种类组成中蛱蝶科的种类和数量最多; 群落多样性在时空上存在明显差异, 成虫月发生动态显示物种数和个体数变化均呈现双峰状, 分别在 5 月和 9 月达到峰值; 不同生境的蝴蝶物种组成、多样性指数等均存在较大差异, 其中, 常绿阔叶灌木林的蝴蝶群落多样性指数、丰富度指数和均匀度指数均最高, 草本沼泽的蝴蝶群落多样性指数、均匀度指数最低。本研究结果补充了海南海口五源河国家湿地公园蝴蝶资源的基础数据, 并为该地区蝴蝶多样性保护和利用及生态环境评估提供理论依据。

关键词: 蝴蝶; 生态分布; 群落多样性; 物种组成; 海南海口五源河国家湿地公园

中图分类号: Q968.1

文献标志码: A

文章编号: 1674-7054(2025)05-0774-12

杨梓煊, 朱遵燕, 李加慧, 等. 海南海口五源河国家湿地公园蝴蝶多样性及时空动态分析 [J]. 热带生物学报, 2025, 16(5): 774-785. doi: 10.15886/j.cnki.rdswwb.20240164

蝴蝶隶属于昆虫纲(Insecta)鳞翅目(Lepidoptera)锤角亚目(Rhopalocera), 对栖息地的生境结构、植物组成变化及气候变化特别敏感^[1-2], 应对生境变化反应速率比其寄主植物快 3~30 倍^[3-4], 其生活周期短、数量多、分布广, 易于观察、捕捉、标记、鉴定和监测, 常被作为监测环境变化的重要指示生物。对特定环境区域进行蝶类的群落组成及其多样性的研究, 不仅可以丰富物种资源数据, 还能

为生态监测提供理论依据^[5-6]。近年来, 中国许多地区开展了蝴蝶的群落结构与多样性、多样性与环境变化相关性等研究。孙明等^[7]对陕北地区的黄陵县与榆阳区的蝴蝶种

类及群落结构进行了调查, 共记录蝴蝶 78 种, 发现蝴蝶多样性与其生境密切相关, 植物覆盖度越高、蜜源植物越多的样区, 蝴蝶物种多样性和丰富度越高。王旭等^[8]对南岭中段区域的弄蝶生态分布及多样性进行调查, 记录弄蝶 83 种, 发现弄蝶的群落物种多样性指数存在随海拔梯度先升高后逐渐降低的现象, 即在中等海拔高度上群落物种多样性达到最大值, 这种生态分布符合生物多样性的中间高度膨胀假说。易浪等^[6]对横断山脉西部的高黎贡山地区开展蝴蝶群落多样性的分析, 记录蝶类 151 种, 并发现蝶类多样性随海拔、生境及季节变化的规律, 为加强区域物种多样性监测、

收稿日期: 2024-10-29

修回日期: 2025-01-21

基金项目: 中科院第八届青年人才托举工程项目(2022QNRC001); 海南省自然科学基金青年项目(320QN201); 海南大学科研启动项目(KYQD(ZR)20026); 蚂蚁森林海口五源河湿地公益保护地项目(MCF-S-2020-008)

***第一作者:** 杨梓煊(2000—), 男, 海南大学热带农林学院 2022 级硕士研究生。E-mail: 2440409490@qq.com

***通信作者:** 林晓丹(1991—), 女, 海南大学热带农林学院副教授。E-mail: 994239@hainanu.edu.cn

保护生物多样性提供了科学依据。黄敦元等^[9]对南岭山地北坡齐云山国家级自然保护区蝶类群落多样性的调查,记录蝶类 189 种,发现群落多样性及其稳定性与生境类型及人为活动密切相关。

海南岛地处中国最南端,是中国最大的热带岛屿,岛内地形复杂多样,气候为典型的热带海洋性气候;由于其独特的地理位置、优良的气候条件和多样化的生境,岛上保留了丰富的生物多样性资源^[10-11],是当下全球生物多样性热点地区之一^[12]。然而,关于海南岛的蝴蝶群落及其多样性的相关研究较少^[13-16]。海南海口五源河国家湿地公园坐落在海南省海口市秀英区,是一条重要生态廊道,园区内有多种生境,为动物提供了丰富的栖息地与繁衍场所,也为蝴蝶提供了优质的生活环境。本研究通过对海南海口五源河国家湿地公园的蝴蝶进行全面调查,分析了园区内蝴蝶的群落

多样性和时序动态,为进一步深入拓展该区域的蝴蝶资源保护、利用以及生态系统健康评价提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况 海南海口五源河国家湿地公园位于海南省海口市秀英区,总面积 1 300.58 hm²,其中,湿地面积 958.39 hm²,湿地率为 73.69%,是海口市的“生命之源”,地势东南高西北低,水系纵横交错,主要水体包括东南部永庄水库、五源河和海口湾部分海域^[17]。

1.2 研究方法 根据海南海口五源河国家湿地公园实际地理情况,采用样线法,选择常绿阔叶灌木林、灌丛、农田和草本沼泽 4 种生境类型,共设置 8 条长度 1 km 的样线(表 1),生境类型与干扰程度划分参照中华人民共和国生态环境部发布的

表 1 海南海口五源河国家湿地公园样线分布信息

Tab. 1 Distribution of transects in Wuyuan River National Wetland Park, Haikou, Hainan

生境类型 Habitat types	样线 Transect	位置 Location	人为干扰 Anthropogenic interference	干扰强度 Interference intensity
常绿阔叶灌木林 Laurifruticeta	A1	19.959 722° ~ 19.956 944°N	放牧	+
		110.239 444° ~ 110.242 500°E	Grazing	
	A2	19.962 222° ~ 19.961 389°N	放牧, 水坝建设	+
		110.241 944° ~ 110.245 556°E	Grazing, Dam construction	
灌丛 Shrubbery	B1	19.954 444° ~ 19.958 611°N	放牧	+
		110.257 778° ~ 110.258 333°E	Grazing	
	B2	20.020 833° ~ 20.018 611°N	放牧	+
		110.222 500° ~ 110.224 722°E	Grazing	
农田 Farmland	C1	20.014 444° ~ 20.013 056°N	放牧, 毁林、毁草开垦	++
		110.235 000° ~ 110.230 833°E	Grazing, Destroy forest or grass for reclamation	
	C2	20.006 944° ~ 20.005 556°N	放牧, 毁林、毁草开垦	++
		110.232 778° ~ 110.236 389°E	Grazing, Destroy forest or grass for reclamation	
草本沼泽 Emersiherbosa	D1	19.999 722° ~ 19.997 500°N	放牧	++
		110.232 500° ~ 110.232 222°E	Grazing	
	D2	20.058 056° ~ 20.050 556°N	放牧, 旅游开发	+++
		110.206 389° ~ 110.203 889°E	Grazing, tourism development	

注: 按照生境干扰程度, 将其分为 3 类: + 为干扰强度弱; ++ 为干扰强度中等; +++ 为干扰强度强。

Note: The disturbance degree of the habitat divided into three categories: +, weak interference intensity; ++, indicates moderate interference intensity; +++, indicates strong interference intensity.

《生物多样性观测技术导则——蝴蝶》^[18]。本研究于 2023 年 2 月至 2024 年 1 月的每月下旬开展调查,选择晴朗微风蝴蝶活动的时间(9:00—17:00),调查时采用直接观察法记录样线左右 2.5 m,上方 5 m 范围内所遇见的全部蝴蝶,如有无法目测识别的则将其采集带回制成标本,参考专业书籍进行鉴定^[19-20]。

1.3 数据分析 根据群落生态学的统计方法,使用 Shannon-Wiener 多样性指数(H')、Margalef 物种丰富度指数(R)、Berger-Parker 物种优势度指数(D)和 Pielou 物种均匀度指数(J)来评估海南海口五源河湿地公园不同生境与不同类群蝴蝶种群的多样性状况。

$$P_i = N_i/N, \tag{1}$$

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i, \tag{2}$$

$$R = (S - 1)/\ln N, \tag{3}$$

$$D = N_{\max}/N, \tag{4}$$

$$J = H'/S, \tag{5}$$

式中, P_i 是第 i 种的个体比例; N_i 是第 i 种的个体数; N 是全部物种的个体总数; S 是物种数; $N_{\max}$ 是群落优势种的个体数。

对于两两生境之间的相似度,采用 Jaccard 相似性系数(C)进行测定。

$$C = c/(a + b - c), \tag{6}$$

式中, C 是相似性系数; a 、 b 为两个不同群落的物种数; c 为 2 个不同群落共有的物种数。当相似性系数 $C=0 \sim 0.25$ 时为极不相似; $C=0.25 \sim 0.50$ 时为中等不相似; $C=0.50 \sim 0.75$ 时为中等相似; $C=0.75 \sim 1.00$ 时则为极相似。

2 结果与分析

2.1 物种组成 从图 1 可知,总体调查曲线随着个体数的不断积累,呈先急剧增加,后逐渐平缓趋于水平,表明调查抽样强度充分。

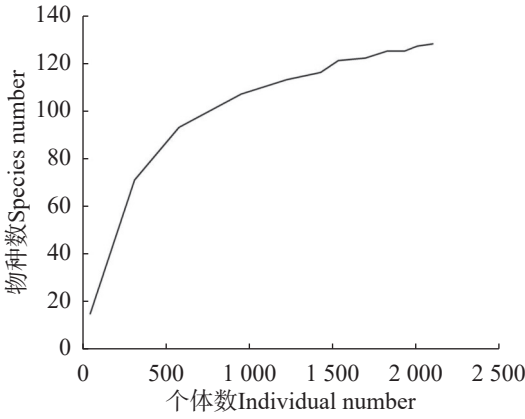


图 1 海南海口五源河国家湿地公园蝴蝶物种累计曲线
Fig. 1 Butterfly species accumulation curve in Wuyuan River National Wetland Park, Haikou, Hainan

在为期 1 年(2023 年 2 月—2024 年 1 月)的调查中,共记录 2 107 头蝴蝶,隶属 6 科 90 属 128 种(附表 1),不同科的种类组成有较大差异,其中蛱蝶科(Nymphalidae)的种数与个体数最多,分别达到了 28 种与 604 头;多样性指数和物种丰富度指数蛱蝶科均最高,灰蝶科(Lycaenidae)次之;物种优势度指数最高为蛱蝶科(Riodinidae),凤蝶科(Papilionidae)次之;物种均匀度指数最高为粉蝶科(Pieridae),蛱蝶科次之(表 2)。区系组成成分表明 128 种蝴蝶中,广布种 12 种,占比 9.38%;东洋区物种 116 种,占比 90.63%。

2.2 蝴蝶群落的时空动态 海南海口五源河国家湿地公园蝴蝶的种类与个体数随时间变化。海南海口五源河湿地公园的蝴蝶物种数从 2 月到 5 月持

表 2 海南海口五源河国家湿地公园蝴蝶群落的多样性指数分析

Tab. 2 The analysis of butterfly diversity index in Wuyuan River National Wetland Park, Haikou, Hainan

科名 Family	物种数 Species number	个体数 Individual number	多样性指数 Diversity index H'	丰富度指数 Richness index R	优势度指数 Dominance index D	均匀度指数 Evenness index J
弄蝶科Hesperiidae	20	178	2.684	3.667	0.152	0.896
灰蝶科Lycaenidae	29	465	2.915	4.559	0.095	0.866
蛱蝶科Nymphalidae	47	604	3.451	7.183	0.101	0.896
凤蝶科Papilionidae	20	405	2.542	3.165	0.274	0.848
粉蝶科Pieridae	10	439	2.243	1.479	0.173	0.974
蛱蝶科Riodinidae	2	16	0.662	0.361	0.625	0.954

续增加,从5月到8月回落,在9月小幅增长,随后缓慢下降至11月,12月又小幅增长后持续下降至翌年1月(2023年2月至2024年1月)(图2-A)。成虫月发生动态曲线表明物种数变化呈现双峰状,分别在5月和9月达到峰值。个体数的月份动态变化与物种数动态趋于一致。

4种生境蝴蝶的种类与个体数的时序动态变化存在差异。常绿阔叶灌木林的蝴蝶物种数在2—3月大幅度增加,4—5月有小幅下降,4—5月上升到最高值64种,5—8月持续下降,8—9月再次小幅上升,9—11月持续下降,11—12月小幅上升,12—翌年1月持续下降到最低值8种(图2-B);灌丛相较于常绿阔叶灌木林其蝴蝶物种数增长的幅度较缓,3—5月持续增加,于5月达到最高值49种,5—8月回落,8—10月小幅增长,10—12月下降,12—翌年1月小幅增加;农田的蝴蝶物种数变化趋势与常绿阔叶灌木林一致,分别在5月上升到最高值38种和2月达到最低值9种;草本沼泽的物种数始终保持在20种及以下,但也在5月达到最高值20种和2月达到最低值3种。4种生境的个体数动态变化与物种数动态趋于一致(图2-C)。

2.3 不同生境中蝴蝶群落的多样性 4种生境的蝴蝶群落多样性指数结果(表3)表明多样性指数(H')和丰富度指数(R)的大小依次为常绿阔叶灌木林生境>灌丛生境>农田生境>草本沼泽生境,优势度指数(D)的大小依次为草本沼泽生境>农田生境>灌丛生境>常绿阔叶灌木林生境,均匀度指数(J)的大小依次为常绿阔叶灌木林生境>灌丛生境>草本沼泽生境>农田生境。以上4个指数分析结果均表明,不同生境的植被组成越复杂,人为干扰越少,蝴蝶的物种多样性越高,反之植被越是单一、受人为干扰越严重,其蝴蝶的多样性越低。

不同季节的蝴蝶群落多样性指数结果(表4)表明多样性指数(H')和物种丰富度指数(R)的大小依次为春季最高,分别达到了4.3128和15.4282,夏季次之,冬季最低分别为4.6631和10.0203;优势度指数(D)的大小依次为夏季最高0.0908,秋季次之,春季最低0.0343;均匀度指数(J)的大小依次为秋季最高0.9141,春季次之,夏季最低0.8979。

4个生境在不同季节的蝴蝶群落多样性指数结果(表5)呈现一定差异。具体来看,多样性指数

(H')和物种丰富度指数(R)的大小无论在哪个生境,均依次为春季>夏季>秋季>冬季;而在同一

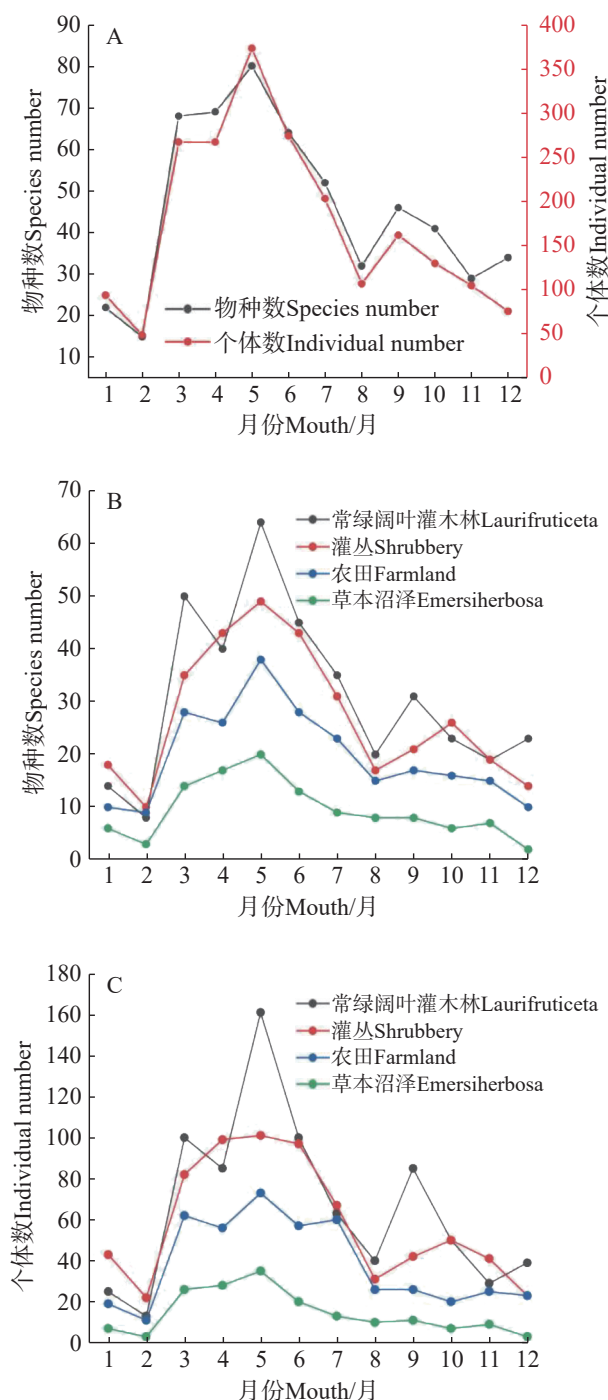


图2 海南海口五源河国家湿地公园蝴蝶的物种数与个体数时序动态

Fig. 2 The temporal dynamics of butterfly species and individual numbers in Wuyuan River National Wetland Park, Haikou, Hainan

注:A.蝴蝶物种数与个体数时序动态;B.4种生境的蝴蝶物种数时序动态;C.4种生境的蝴蝶个体数时序动态

Note: A. The temporal dynamics of butterfly species and individual numbers; B. Time-series dynamics of butterfly species number in four habitats; C. Time-series dynamics of butterfly individual number in four habitats.

表 3 4 种生境蝴蝶群落结构的多样性指数分析

Tab. 3 The analysis of butterfly diversity index in four habitats

生境类型 Habitat types	物种数 Species number	个体数 Individual number	多样性指数 Diversity index H'	丰富度指数 Richness index R	优势度指数 Dominance index D	均匀度指数 Evenness index J
常绿阔叶灌木林Laurifruticeta	101	790	4.282 7	14.987 9	0.041 8	0.928 0
灌丛Shrubbery	82	698	4.001 1	12.369 8	0.075 9	0.908 0
农田Farmland	61	447	3.701 2	9.831 9	0.073 8	0.900 3
草本沼泽Emersiherbosa	36	172	3.238 5	6.799 4	0.093 0	0.903 7

表 4 不同季节蝴蝶群落结构的多样性指数分析

Tab. 4 The analysis of butterfly diversity index in different seasons

季节 Season	物种数 Species number	个体数 Individual number	多样性指数 Diversity index H'	丰富度指数 Richness index R	优势度指数 Dominance index D	均匀度指数 Evenness index J
春Spring	106	903	4.312 8	15.428 2	0.034 3	0.924 8
夏Summer	94	584	4.079 6	14.599 9	0.090 8	0.897 9
秋Autumn	72	397	3.971 2	11.865 1	0.060 5	0.928 6
冬Winter	55	219	3.663 1	10.020 3	0.059 4	0.914 1

表 5 4 种生境在不同季节蝴蝶群落结构的多样性指数分析

Tab. 5 The analysis of butterfly diversity index in different seasons in four habitats

生境类型 Habitat types	季节 Season	物种数 Species number	个体数 Individual number	多样性指数 Diversity index H'	丰富度指数 Richness index R	优势度指数 Dominance index D	均匀度指数 Evenness index J
常绿阔叶灌木林 Laurifruticeta	春Spring	82	346	4.181 4	13.854 6	0.046 2	0.948 9
	夏Summer	68	203	3.930 4	12.610 1	0.064	0.931 5
	秋Autumn	51	164	3.602 2	9.804 2	0.091 5	0.916 2
	冬Winter	39	77	3.463 5	8.748 1	0.090 9	0.945 4
灌丛 Shrubbery	春Spring	65	282	3.961 5	11.343 7	0.046 1	0.949
	夏Summer	58	195	3.649 5	10.809 8	0.138 5	0.898 8
	秋Autumn	40	133	3.360 6	7.974 9	0.112 8	0.911
	冬Winter	29	88	3.159 6	6.253 7	0.102 3	0.938 3
农田 Farmland	春Spring	47	191	3.526 7	8.758 1	0.094 2	0.916
	夏Summer	47	143	3.365 6	9.268 9	0.139 9	0.874 2
	秋Autumn	31	71	3.268	7.037 8	0.098 6	0.951 7
	冬Winter	23	42	2.968 1	5.886	0.119	0.946 6
草本沼泽 Emersiherbosa	春Spring	29	89	3.135	6.238	0.089 9	0.931
	夏Summer	18	43	2.701 4	4.519 8	0.139 5	0.934 6
	秋Autumn	15	27	2.589 6	4.247 8	0.148 1	0.956 3
	冬Winter	9	13	2.138 4	3.119	0.153 8	0.973 2

季节中,多样性指数(H')和物种丰富度指数(R)的大小均依次为常绿阔叶灌木林生境>灌丛生境>农田生境>草本沼泽生境。均匀度指数(J)指数结果表明,在不同季节下,常绿阔叶灌木林生境的均匀度指数在 0.91~0.95 波动,草本沼泽生境的均匀度指数在 0.93~0.98 波动,灌丛生境和农田生境的均匀度指数生境相对波动较大,分别在 0.89~0.95 和 0.87~0.96 波动。

2.4 不同生境中蝴蝶群落的相似性 根据 Jaccard 相似性系数分析不同生境的相似性,结果(表 6)表明灌丛生境与农田生境之间的相似性系

数 0.643 7 最高,在 0.50~0.75,为中等相似,蝴蝶共有种类有 56 种,表明其生境差异相对较小,蝴蝶群落结构差异相对不明显;常绿阔叶灌木林生境与灌丛生境之间的相似性系数 0.5424,仅次于灌丛生境与农田生境,也为中等相似;常绿阔叶灌木林生境与草本沼泽生境之间的相似性系数 0.2252 最低,在 0~0.25,为极不相似,共有物种数仅为 25 种,表明生境之间差异极大,蝴蝶群落结构差异明显。其余两两生境之间的相似性系数均在 0.25~0.50,为中等不相似,生境的蝴蝶群落结构存在一定差异。

表 6 4 种生境之间蝴蝶的共有种数与相似性系数

Tab. 6 Number of butterfly species and similarity coefficient in four habitats

生境类型 Habitat types	常绿阔叶灌木林 Laurifruticeta	灌丛 Shrubbery	农田 Farmland	草本沼泽 Emersiherbosa
常绿阔叶灌木林 Laurifruticeta		0.5378	0.4087	0.2232
灌丛 Shrubbery	64		0.6437	0.3258
农田 Farmland	47	56		0.4265
草本沼泽 Emersiherbosa	25	29	29	

3 讨 论

本研究为海南海口五源河国家湿地公园的蝴蝶群落进行了首次系统性的调查与研究。2023 年 2 月至 2024 年 1 月,共记录了 2107 头蝴蝶,隶属 6 科 90 属 128 种,其中,蛱蝶科的物种多样性最高,与中国许多地区如西双版纳、武夷山、秦岭等的蝶类研究结论相同^[21-23],推测与蛱蝶科的成虫食性广、飞行活跃,且本身种类多等原因相关,因此能适应的生境更复杂。

蝴蝶群落的季节性受多个环境因素影响,如寄主植物、蜜源植物、气候条件等,是环境因素综合作用的结果^[23]。海南海口五源河国家湿地公园蝴蝶群落的季节动态呈现双峰状,与澳大利亚和中国的云南等热带和亚热带地区的蝶类多样性调查结果相同^[11,24-26]。海南海口五源河国家湿地公园蝴蝶物种数的第一个峰值在 5 月,从 3 月开始爆发性增加,由于春季存在大量的植物嫩叶与花蜜为蝴蝶提供食物,4 月底迎来海南当年的第一个大雨季,降水增加会显著影响蝴蝶的代谢速率、生长繁殖和激素分泌等生理活动^[21],推测在降水与食

物的双重影响下,蝴蝶多样性增加,于 5 月达到最高;8 月的物种数与个体数明显下降,可能由于此时正处于许多物种的世代交替期;9 月继续上升达到第二个峰值,此时全年发生的蝴蝶种类完成了世代交替,春夏季蝴蝶繁育的后代成功羽化并以成虫的方式越冬。同时,蝶类多样性的季节变化是环境因子和其本身的生物学特性共同影响的结果,不同地区的季节变化均有区别。例如中国不同地区蝴蝶的发生高峰期不同。西双版纳的蝴蝶群落经过李金涛等^[21]与王朝雅等^[25]的研究发现,在 4 月与 8 月分别有明显的高峰,其中蝴蝶的物种数与个体数均在雨季达到最高值,与本研究结果一致。胡锦涛等^[27]研究发现广西十万大山国家森林公园的蝴蝶个体数从 4 月开始增加,到 5 月基本稳定并持续到 9 月,可能与调查月份期间当地气候适宜蝴蝶生存和大多数调查月份处于雨季有关。韩婉诗等^[28]研究发现,广东乳源南水湖国家湿地公园的蝴蝶秋季数量明显高于春季和夏季,与调查期中的春夏季持续大量降雨,湿度大且高温不利于蝴蝶活动有关。

文献 [23,29] 分析结果表明,不同生境的蝶类

多样性与植被组成及人为干扰程度密切相关,与一些地区如越南北部和中国云南的研究结果一致。草本沼泽生境是 4 种生境中遭遇人为干扰最严重的区域,许多原生植被被景观草坪和公路替代,人员活动十分密集,直接影响了蝴蝶的栖息环境和寡食性蝶类的主要食物来源。同时本研究调查发现,海南海口五源河国家湿地公园各个生境间放牧与入侵植物(如飞机草、马樱丹等)对蝶类可能存在潜在威胁,文献 [30] 与本研究结果均发现放牧会促进植物群落的重新构建,而随着入侵植物对原生植物生态位的挤占,在一定程度上直接或间接影响到蝶类的食物来源。

了解一个地区蝶类多样性和各生境的物种组成差异,是开展该区域的蝴蝶资源利用、保护及生态系统健康评价的基础。本研究结果表明,海南海口五源河国家湿地公园的蝴蝶群落时空变化受季节影响明显,不同生境的蝴蝶组成存在显著差异,因此海南海口五源河国家湿地公园的蝴蝶生物多样性保护应以全生境保护为宜,兼顾不同的蝴蝶类群,其中栖息地的保护至关重要,应尽可能减少生境的破坏与人为干扰。

致谢:感谢海南大学李金花副教授对本文撰写给予指导。

参考文献:

- [1] WINFREE R, BARTOMEUS I, CARIVEAU D P. Native pollinators in anthropogenic habitats[J]. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2011, 42(1): 1–22.
- [2] MACDONALD Z G, NIELSEN S E, ACORN J H. Negative relationships between species richness and evenness render common diversity indices inadequate for assessing long-term trends in butterfly diversity[J]. *Biodiversity and Conservation*, 2017, 26(3): 617–629.
- [3] MAES D, VAN DYCK H. Butterfly diversity loss in Flanders (north Belgium): Europe's worst case scenario? [J]. *Biological Conservation*, 2001, 99(3): 263–276.
- [4] 尚素琴, 吴兴波, 王召龙, 等. 兴隆山国家级自然保护区不同生境的蝴蝶群落结构与种-多度分布[J]. *生物多样性*, 2020, 28(8): 983–992.
- [5] 徐志峰, 钟问, 张东康, 等. 新疆吉木萨尔县蝴蝶群落多样性[J]. *生物多样性*, 2020, 28(8): 993–1002.
- [6] 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): 950–959.
- [7] 孙明, 王兴, 郭子坤, 等. 陕北地区黄陵县与榆阳区蝴蝶多样性[J]. *西北农业学报*, 2023, 32(6): 942–951.
- [8] 王旭, 周光益, 李兆佳, 等. 南岭中段弄蝶空间分布格局及多样性分析[J]. *生态环境学报*, 2021, 30(1): 117–124.
- [9] 黄敦元, 黄世贵, 王建皓, 等. 齐云山国家级自然保护区蝴蝶群落多样性[J]. *生物多样性*, 2020, 28(8): 958–964.
- [10] 孟祥瑞, 李加慧, 林晓丹. 海南岛钹螺属尤螺亚属(双翅目: 螺科)一新种及一海南新纪录种[J/OL]. *热带生物学报*, 2024: 1–8 [2024-10-29]. <https://doi.org/10.15886/j.cnki.rdswwb.20240071>.
- [11] 何泽华, 李加慧, 林晓丹. 基于 DNA 条形码的棕榈裸螺雄虫的发现与描述[J]. *热带生物学报*, 2024, 15(1): 94–99.
- [12] 高述超, 陈毅青, 陈宗铸, 等. 海南岛森林生态系统碳储量及其空间分布特征[J]. *生态学报*, 2023, 43(9): 3558–3570.
- [13] 肖贝文, 叶琳雄, 胡荣, 等. 海南南丽湖国家湿地公园蝴蝶种类及区系分析[J]. *热带生物学报*, 2017, 8(3): 341–347.
- [14] 张竟可, 朱麟. 东寨港红树林蝴蝶群落多样性初步调查[J]. *海南师范大学学报(自然科学版)*, 2017, 30(3): 276–282.
- [15] 陈仁利, 周光益, 赵厚本, 等. 海南尖峰岭蝴蝶种群的胁迫因子及其生态保护[J]. *林业资源管理*, 2018, 1(1): 24–30.
- [16] 林树鹏, 翁小理, 李丽敏, 等. 海南五指山保国村蝴蝶调查及区系分析[J]. *热带农业科学*, 2022, 42(2): 42–47.
- [17] 陈海, 吴师强, 王小芳, 等. 海南岛五源河国家湿地公园沉积物及水质状况时空分布特征[J]. *热带林业*, 2023, 51(4): 78–84.
- [18] 中华人民共和国国家环境保护部. 生物多样性观测技术导则蝴蝶: HJ 710.9—2014 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2015.
- [19] 武春生, 徐培峰. 中国蝴蝶图鉴[M]. 福州: 海峡出版发行集团, 2017: 1–1440.
- [20] 朱建青, 谷宇, 陈志兵, 等. 中国蝴蝶生活史图鉴[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2018: 1–598.
- [21] 李金涛, 苗白鸽, 彭艳琼. 西双版纳热带植物园蝴蝶的多样性及变化[J]. *环境昆虫学报*, 2023, 45(3): 563–572.
- [22] 闫振天, 郑威, 白启, 等. 福建武夷山国家公园蝴蝶区系调查和分析[J]. *生态与农村环境学报*, 2024, 40(9): 1230–1238.
- [23] 张超, 李娟, 程海云, 等. 秦岭西段地区蝴蝶群落多样性与环境因子相关性[J]. *生物多样性*, 2023, 31(1): 22272.
- [24] 何凯, 李斌强, 杨晓军, 等. 寻甸不同生境类型的蝴蝶多样性时空动态分析[J]. *西南林业大学学报*, 2024, 44(6): 116–127.
- [25] 王朝雅, 李金涛, 刘畅, 等. 西双版纳热带植物园蝴蝶多样性稳定的年际变化及幼虫与植物的互作网络结构[J]. *生物多样性*, 2023, 31(12): 23305.

- [26] GRIMBACHER P S, STORK N E. Seasonality of a diverse beetle assemblage inhabiting lowland tropical rain forest in Australia[J]. *Biotropica*, 2009, 41(3): 328 – 337.
- [27] 胡锦, 李俊, 吴海盼, 等. 广西十万大山国家森林公园地区蝴蝶群落结构与多样性[J]. *生态学杂志*, 2021, 40(5): 1478 – 1490.
- [28] 韩婉诗, 黄宇亮, 李建宏, 等. 广东乳源南水湖国家湿地公园蝶类群落多样性及其时序动态研究[J]. *林业调查规划*, 2020, 45(1): 52 – 59.
- [29] VAN VU L, BONEBRAKE T, VU M Q, et al. Butterfly diversity and habitat variation in a disturbed forest in northern Vietnam[J]. *The Pan-Pacific Entomologist*, 2015, 91(1): 29 – 38.
- [30] 宋月青. 草地斑块化退化和草食动物放牧对植物多样性的影响及调控机制[D]. 长春: 东北师范大学, 2023. doi:10.27011/d.cnki.gdbsu.2023.001652

Spatiotemporal dynamics of butterfly diversity in Wuyuan River National Wetland Park, Haikou, Hainan

YANG Zixuan^{1#}, ZHU Zunyan², LI Jiahui¹, LIN Xiaodan^{1*}

(1. School of Tropical Agriculture and Forestry/School of Agriculture and Rural Affairs/School of Rural Revitalization, Hainan University, Danzhou, Hainan 571737, China; 2. Haikou Duotan Wetlands Institute, Haikou, Hainan 570125, China)

Abstract: Butterfly is an important indicator organism for environmental monitoring, its community composition and diversity are closely related to habitat type, and its diversity and distribution can well reflect local ecological and environmental quality to a certain extent. In order to explore the relationship between habitats and butterfly diversity, a systematic survey of butterflies in four habitats of Wuyuan River National Wetland Park, Haikou, Hainan Province was conducted from February 2023 to January 2024 by using line transects method, and the distribution of butterflies in different habitats of Wuyuan River National Wetland Park was analyzed. In the survey a total of 2 107 individuals of butterfly belonging to 6 families 90 genera 128 species were recorded, most species were from Oriental Region, and Nymphalidae contain the most species and abundance. There were significant spatiotemporal differences in community diversity, and the monthly dynamics of adult insects indicate that the changes of species and individual numbers were bimodal with peaks in May and September, respectively. There were obvious differences in species composition and diversity index in different habitats. The diversity index, richness index and evenness index of butterfly community in laurifruticeta were the highest, and the diversity index and evenness index of butterfly community in emersiherbosa were the lowest. This survey improved the basic data of butterfly resources in Wuyuan River National Wetland Park, and provided references for the conservation and utilization of butterfly diversity and the ecological environment assessment.

Keywords: butterfly; ecological distribution; community diversity; species composition; Wuyuan River National Wetland Park, Haikou, Hainan

(责任编辑: 叶 静)

附表 1 海南海口五源河国家湿地公园不同生境的蝴蝶种类与数量

Tab. 1 Butterfly species and quantity in different habitats of Wuyuan River National Wetland Park, Haikou, Hainan

科名及种名 Family and species	生境Habitat				总计 Total	区系分布 Fauna distribution
	A	B	C	D		
弄蝶科Hesperiidae						
黄斑弄蝶 <i>Ampittia dioscorides</i>	13	6	5	2	26	O
腌翅弄蝶 <i>Astictopterus jama</i>		4			4	O
褐伞弄蝶 <i>Bibasis harisa</i>	2				2	O
刺胫弄蝶 <i>Baoris farri</i>		1	2		3	O
杓弄蝶 <i>Borbo cinnara</i>	2	2	3	1	8	O
蕉弄蝶 <i>Erionota</i> sp.	3				3	O
椰弄蝶 <i>Gangara thyrasis</i>	1	2	2		5	O
三斑趾弄蝶 <i>Hasora badra</i>	3				3	O
雅弄蝶 <i>Iambrix salsala</i>	13		2		15	O
珞弄蝶 <i>Lotongus sarala</i>	6				6	O
窄纹袖弄蝶 <i>Notocrypta paralysos</i>	6	12			18	O
角翅弄蝶 <i>Odontoptilum angulata</i>	11	15	1		27	O
曲纹稻弄蝶 <i>Parnara ganga</i>	1	1	6	2	10	O
南亚谷弄蝶 <i>Pelopidas agna</i>	2	4	4	2	12	O
隐纹谷弄蝶 <i>Pelopidas mathias</i>		1	1	1	3	W
黄纹孔弄蝶 <i>Polytremis lubricans</i>	4				4	W
黄襟弄蝶 <i>Pseudocoladenia dan</i>	4	1			5	O
素弄蝶 <i>Suastus gremius</i>				1	1	O
沾边裙弄蝶 <i>Tagiades litigiosa</i>	7	4			11	O
竹长标弄蝶 <i>Telicota bambusae</i>	6	3	2	1	12	O
灰蝶科Lycaenidae						
钮灰蝶 <i>Acytolepis puspa</i>	33				33	O
蓝咖灰蝶 <i>Catochrysops panormus</i>	21	16			37	O
咖灰蝶 <i>Catochrysops strabo</i>	18				18	O
紫灰蝶 <i>Chilades lajus</i>	8	15	12	9	44	O
银线灰蝶 <i>Cigaritis lohita</i>	8	16	13	2	39	O
尖翅银灰蝶 <i>Curetis acuta</i>	9				9	W
普福莱灰蝶 <i>Freyeria putli</i>				1	1	O
彩灰蝶 <i>Heliophorus epicles</i>		18	13	7	38	O
素雅灰蝶 <i>Jamides alecto</i>	22				22	O
雅灰蝶 <i>Jamides bochus</i>	17	5			22	O
锡冷雅灰蝶 <i>Jamides celeno</i>	5	11			16	O
亮灰蝶 <i>Lampides boeticus</i>		3		4	7	W

续表 1 Tab. 1 Continued

科名及种名 Family and species	生境Habitat				总计 Total	区系分布 Fauna distribution
	A	B	C	D		
灰蝶科Lycaenidae						
细灰蝶Leptotes plinius	18	11	4		33	O
玛灰蝶Mahathala ameria	10	15	5		30	O
美姬灰蝶Megisba malaya	9	4			13	O
古楼娜灰蝶Nacaduba kurava				1	1	O
一点灰蝶Neopithecops zalmora		20			20	O
珀灰蝶Pratapa deva		1			1	O
疑波灰蝶Prosotas dubiosa				1	1	O
波灰蝶Prosotas nora				2	2	O
麻燕灰蝶Rapala manea	5				5	O
莱灰蝶Remelana jangala		1			1	O
生灰蝶Sinthusa chandrana			1		1	O
熙灰蝶Spalgis epeus	5				5	O
酥灰蝶Surendra quercetorum	2	2			4	O
豹斑双尾灰蝶Tajuria maculata	1				1	O
珍灰蝶Zeltus amasa	1				1	O
酢酱灰蝶Zizeeria maha	2	8	13	11	34	O
毛眼灰蝶Zizina otis	2	4	9	11	26	O
蛱蝶科Nymphalidae						
波蛱蝶Ariadne ariadne	7	31	7	4	49	O
新月带蛱蝶Athyma selenophora	5			1	6	O
红锯蛱蝶Cethosia biblis		2	1		3	O
白带锯蛱蝶Cethosia cyane	3	3	3		9	O
螯蛱蝶Charaxes marmax	2				2	O
幸运辘蛱蝶Cirrochroa tyche	2				2	O
蓝穹眼蝶Coelites nothis	19				19	O
黄襟蛱蝶Cupha erymanthis	9	8	4		21	O
绿裙蛱蝶Cynitia whiteheadi	1				1	O
八目丝蛱蝶Cyrestis cocles	6	11			17	O
虎斑蝶Danaus genutia	6	11	6		23	W
凤眼方环蝶Discophora sondaica	1				1	O
蠹叶蛱蝶Doleschallia bisaltide	1				1	O
翠袖锯眼蝶Elymnias hypermnestra	1	11	12		24	O
幻紫斑蝶Euploea core	6	13	11	6	36	O
默紫斑蝶Euploea klugii		7			7	O

续表 1 Tab. 1 Continued

科名及种名 Family and species	生境Habitat				总计 Total	区系分布 Fauna distribution
	A	B	C	D		
蛱蝶科Nymphalidae						
蓝点紫斑蝶Euploea midamus	1	13	2		16	O
妒丽紫斑蝶Euploea tulliolus	12	9	6	2	29	O
芒蛱蝶Euripus nyctelius	2				2	O
红斑翠蛱蝶Euthalia lubentina	2				2	O
尖翅翠蛱蝶Euthalia phemius			4		4	O
幻紫斑蛱蝶Hypolimnias bolina	9	9	11	5	34	O
金斑蛱蝶Hypolimnias misippus	4	3			7	O
拟旖斑蝶Ideopsis similis	1	8			9	O
美眼蛱蝶Junonia almana	3	1	1		5	O
波纹眼蛱蝶Junonia atlites	3	1	4	6	14	O
黄裳眼蛱蝶Junonia hierta	11				11	O
蛇眼蛱蝶Junonia lemonias		3	11	2	16	O
暮眼蝶Melanitis leda	5	1			6	O
睇暮眼蝶Melanitis phedima	5				5	O
小眉眼蝶Mycalesis mineus		7			7	O
拟裴眉眼蝶Mycalesis perseoides			12	3	15	W
裴斯眉眼蝶Mycalesis perseus	5				5	W
珂环蛱蝶Neptis clinia	8				8	O
中环蛱蝶Neptis hylas	12	18	21	10	61	W
娜环蛱蝶Neptis nata		4			4	O
小环蛱蝶Neptis sappho			7		7	W
金蟠蛱蝶Pantoporia hordonia	7				7	O
绢斑蝶Parantica aglea	14				14	O
珥蛱蝶Phalanta phalantha		14			14	O
窄斑凤尾蛱蝶Polyura athamas	4				4	O
罗蛱蝶Rohana parisatis	8	2			10	O
散纹盛蛱蝶Symbrenthia lilaea	10	11			21	O
青斑蝶Tirumala limniace	2	3	3		8	O
嵩青斑蝶Tirumala septentrionis	1	1	2		4	O
瑶蛱蝶Yoma sabina	4				4	O
矍眼蝶Ypthima baldus	6	8	7	9	30	O
凤蝶科Papilionidae						
统帅青凤蝶Graphium agamemnon	14	9	6	3	32	O
绿凤蝶Graphium antiphates	21	3			24	O
木兰青凤蝶Graphium doson	11				11	O

续表 1 Tab. 1 Continued

科名及种名	生境Habitat				总计	区系分布
Family and species	A	B	C	D	Total	Fauna distribution
凤蝶科Papilionidae						
纹凤蝶 <i>Graphium macareus</i>	5				5	O
红绶绿凤蝶 <i>Graphium nomius</i>	2				2	O
青凤蝶 <i>Graphium sarpedon</i>	18	7	2		27	O
燕凤蝶 <i>Lamproptera curius</i>	1				1	O
绿带燕凤蝶 <i>Lamproptera meges</i>	29	2			31	O
红珠凤蝶 <i>Pachliopta aristolochiae</i>	7	4	4		15	O
碧凤蝶 <i>Papilio bianor</i>	6				6	W
斑凤蝶 <i>Papilio clytia</i>	2	4	1		7	O
达摩凤蝶 <i>Papilio demoleus</i>	7	6	4		17	O
玉斑凤蝶 <i>Papilio helenus</i>	3	1	3	2	9	O
美凤蝶 <i>Papilio memnon</i>	10	10	12	5	37	O
宽带凤蝶 <i>Papilio nephelus</i>	6	11	4		21	O
巴黎翠凤蝶 <i>Papilio paris</i>	17	6			23	O
玉带凤蝶 <i>Papilio polytes</i>	23	53	24	11	111	O
蓝凤蝶 <i>Papilio protenor</i>	6	3	1		10	O
裳凤蝶 <i>Troides helena</i>	10	1	1		12	O
粉蝶科Pieridae						
利比尖粉蝶 <i>Appias libythea</i>	5	23	13	7	48	O
迁粉蝶 <i>Catopsilia pomona</i>		43	33		76	O
梨花迁粉蝶 <i>Catopsilia pyranthe</i>		6	21		27	O
锯黄迁粉蝶 <i>Catopsilia scylla</i>	15	11	3		29	O
槲黄粉蝶 <i>Eurema blanda</i>	9	16	23	15	63	O
宽边黄粉蝶 <i>Eurema hecabe</i>	7	12	16	16	51	W
鹤顶粉蝶 <i>Hebomoia glaucippe</i>	21	2	2		25	O
纤粉蝶 <i>Leptosia nina</i>	11	21	6	1	39	O
青粉蝶 <i>Pareronia anais</i>	29	10	1		40	O
菜粉蝶 <i>Pieris rapae</i>		7	29	5	41	W
蛱蝶科Riodinidae						
蛇目褐蛱蝶 <i>Abisara echerius</i>	3	6	1		10	O
波蛱蝶 <i>Zemeros flegyas</i>		2	4		6	O
合计Total	790	698	447	172	2106	

注: A:常绿阔叶灌木林生境; B:灌丛生境; C:农田生境; D:草本沼泽生境

O:东洋区物种; W:广布种

Note: A: Laurifrutiseta habitat; B: Shrubbery habitat; C: Farmland habitat; D: Emersiherbosa habitat

O: Oriental species; W: Widespread species