



海南东郊椰林蝶类多样性及其季节动态分析

刘博 覃伟权 阎伟

Diversity and Seasonal Dynamics of Butterflies in the Dongjiao Coconut Forest in Hainan

Liu Bo, Qin Weiquan, Yan Wei

引用本文:

刘博, 覃伟权, 阎伟. 海南东郊椰林蝶类多样性及其季节动态分析[J]. 西南林业大学学报, 2020, 40(6):118–123. doi: 10.11929/j.swfu.201908016

Liu Bo, Qin Weiquan, Yan Wei. Diversity and Seasonal Dynamics of Butterflies in the Dongjiao Coconut Forest in Hainan[J]. *Journal of Southwest Forestry University(Natural Science)*, 2020, 40(6):118–123. doi: 10.11929/j.swfu.201908016

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11929/j.swfu.201908016>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

不同抚育措施对尾巨桉人工林生长动态及其林下植被多样性的影响

Effects of Different Tending Measures on Growth Dynamics of *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* Plantation and Variation of Vegetation Diversity Under Forest

西南林业大学学报. 2018, 38(5): 58 <https://doi.org/10.11929/j.issn.2095-1914.2018.05.010>

岷山中段高山峡谷区主要森林群落林下植物多样性研究

Understory Plant Diversity of Major Communities in the Alpine and Canyon Region of the Middle Part of Minshan Mountains

西南林业大学学报. 2017, 37(2): 88 <https://doi.org/10.11929/j.issn.2095-1914.2017.02.015>

亚热带5种森林类型林下植物物种多样性及其环境解释

Environmental Interpretation and Species Diversity of Understory Vegetation in 5 Subtropical Forest Types

西南林业大学学报. 2020, 40(2): 53 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.201901016>

兔眼蓝莓幼果内生真菌多样性及其抑菌活性的鉴定

Identification of Endophytic Fungal Diversity and Antifungal Activity in the Young Fruit of *Vaccinium ashei* Reade

西南林业大学学报. 2020, 40(6): 1 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.201909072>

不同生长优势等级云南松针叶表型多样性分析

Needles Phenotypic Diversity Analysis in Different Dominance Hierarchies of *Pinus yunnanensis*

西南林业大学学报. 2019, 39(5): 1 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.201812060>

蓝莓根际土壤真菌多样性及根腐病拮抗菌的筛选

Screening of Fungal Diversity and Root Rot Antagonistic Bacteria in Rhizosphere Soil of *Vaccinium* sp.

西南林业大学学报. 2019, 39(6): 77 <https://doi.org/10.11929/j.swfu.201901028>

DOI: 10.11929/j.swfu.201908016

引文格式: 刘博, 覃伟权, 阎伟. 海南东郊椰林蝶类多样性及其季节动态分析 [J]. 西南林业大学学报 (自然科学), 2020, 40(6): 118-123.

海南东郊椰林蝶类多样性及其季节动态分析

刘博 覃伟权 阎伟

(中国热带农业科学院椰子研究所, 海南文昌 571339)

摘要: 2016年12月至2018年11月使用样线法对海南东郊椰林中的蝶类群落多样性及季节变化进行调查, 分析海南东郊椰林蝶类多样性及季节变化特点。结果表明: 海南东郊椰林蝶类昆虫隶属9科54属, 共80种。其中物种丰富度以蛱蝶科最高, 达到20种; 粉蝶科次之, 为13种; 环蝶科和珍蝶科最低分别为1种。个体数以粉蝶科最高, 达到317头; 灰蝶科次之, 为199头; 环蝶科最少, 为38头。种级多样性($H(S)$)以蛱蝶科最高, 为2.67; 凤蝶科次之, 为2.10; 环蝶科和珍蝶科最低, 为0。属级多样性指数($H(G)$)以蛱蝶科最高, 为2.36; 灰蝶科次之, 为1.97; 环蝶科和珍蝶科最低, 为0。蝶类群落的多样性数随季节变化而变化, 蝶类物种丰富度6—8月最高, 达到75种; 3—5月次之, 为72种; 12月—翌年2月最低, 为36种。等级多样性指数($H(FGS)$)3—5月最高, 达到9.37; 6—8月次之, 为9.33; 12月—翌年2月最低, 为7.77。均匀度指数3—5月最高, 为2.19; 优势度指数12—2月最高, 为0.15。蝶类种-多度曲线趋于对数正态分布。

关键词: 蝶类; 多样性; 东郊椰林; Shannon-Wiener 指数; 丰富度; 均匀度

中图分类号: S718.7

文献标志码: A

文章编号: 2095-1914(2020)06-0118-06

Diversity and Seasonal Dynamics of Butterflies in the Dongjiao Coconut Forest in Hainan

Liu Bo, Qin Weiquan, Yan Wei

(Coconut Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Wenchang Hainan 571339, China)

Abstract: To clarify the diversity and seasonal variation of butterfly in the Dongjiao coconut forest. An investigation of butterfly diversity was performed by the sample line method in Hainan Dongjiao coconut forest from December 2016 to November 2018. The results indicated that there were 80 species belonging to 54 genera in 9 families were collected. Among them, species richness was highest for the family Nymphalidae ($S = 20$), followed by Pieridae ($S = 13$), the lowest were for Amathusiidae and Acraeidae ($S = 1$). The number of individuals was highest for Pieridae ($n = 317$), the second was for Lycaenidae ($n = 199$), the lowest was for Amathusiidae ($n = 38$). The diversity of the species was highest for Nymphalidae ($H(S) = 2.67$), followed by Papilionidae ($H(S) = 2.10$), the lowest were for Amathusiidae and Acraeidae ($H(S) = 0$). The diversity of the genus was highest for Nymphalidae ($H(G) = 2.36$), followed by Lycaenidae ($H(G) = 1.97$), the lowest were for Amathusiidae and Acraeidae ($H(G) = 0$). The butterfly diversity indexes changes in the seasons. Species richness was highest from June to Aug., which species richness values were 75; the second was from Mar. to May, which values were 72; the low-

收稿日期: 2019-08-14; 修回日期: 2019-09-17

基金项目: 海南省重点研发计划项目 (ZDYF2018136) 资助; 林业科技发展项目 (KJZXSA2018025) 资助。

第1作者: 刘博 (1987—), 男, 硕士。研究方向: 森林昆虫多样性。Email: liubo303@126.com。

通信作者: 阎伟 (1983—), 男, 硕士, 副研究员。研究方向: 有害生物综合防治。Email: andy206@126.com。

est was from Dec. to Feb., which values were 36. Diversity index ($H(FGS)$) was highest from Mar. to May, which values were 9.37; the second was from June to Aug., which values were 9.33; the lowest was from Dec. to Feb., which values were 7.77. Species evenness was highest from Mar. to May, the values were 2.19. Species dominance was the highest from Dec. to Feb., the values were 0.15. The butterfly species abundance curves conformed to the lognormal distribution.

Key words: butterfly; diversity; Dongjiao coconut forest; Shannon-Wiener index; richness; evenness

昆虫多样性作为生物多样性的重要组成部分,其在维持区域生态平衡中具有重要作用。蝶类物种数量繁多,对栖息地质量要求较高、对环境变化能快速反应,寄主植物专一性强,且体型较大、易于采集和观察,是重要的检测和评价环境的指示生物,因此蝴蝶的多样性(Shannon-Wiener)指数、蝴蝶数量与环境关系的定量分析,可用于环境生物多样性评估的指标^[1-7]。

近年来,我国许多地区开展了蝴蝶群落的多样性研究^[8-11],而对海南岛蝴蝶群落多样性的研究报道较少,仅李中文等对琼山地区凤蝶种类及季节性变化进行了研究^[12],李麒麟等对三亚市蝴蝶群落多样性进行了调查与研究^[13],张竞等对东寨港红树林蝴蝶群落多样性进行了初步调查^[14]。东郊椰林地处海南文昌东部,生态环境非常适合椰子林和蒲桃林群落生长。自汉代引种椰树至今,椰林面积达 $2 \times 10^4 \text{ hm}^2$,现已发展成为我国著名的椰子产区,具有重要的经济效益和生态效益^[15]。目前对东郊椰林生态系统中蝶类多样性研究较少,本研究根据2016年12月至2018年11月的调查资料,对海南东郊椰林蝶类资源极其多样性进行了研究,以期对海南东郊椰林蝶类资源的保护和可持续利用提供参考。

1 研究方法

1.1 研究区域概况

东郊椰林地处海南文昌东郊半岛,东、南濒临南海、西隔八门湾与文城镇相望。地势低平,海拔均小于10 m;年平均气温 $24.4 \text{ }^\circ\text{C}$,降水量 1529.8 mm ,日照时数 2026 h ,年活动积温达 $8928 \text{ }^\circ\text{C}$,太阳辐射总量 $482 \text{ kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$,年平均相对湿度在 $85\% \sim 88\%$,属热带北缘海洋季风气候类型;土壤以滨海砂土为主,湿度较高($0 \sim 20 \text{ cm}$ 含水量均大于 21.9%),pH值为 $6 \sim 7$ 。

1.2 调查方法

采用固定样线法进行蝶类群落调查,在东郊椰

林选取椰海村、八门湾绿道2个地点,各设置一条样线,样线长度约为 2.5 km 。2016年12月至2018年11月每个季节(Q_1 :12—2月, Q_2 :3—5月, Q_3 :6—8月, Q_4 :9—11月)调查一次,使用网捕、拍照和观察(针对熟悉但难以捕捉的蝶类则直接记录)3种方法沿样线进行调查,采集并记录发现的蝴蝶种类和数量,调查时间为9:00—11:00,天气为晴天。采集到的标本制作成干制针插标本保存于中国热带农业科学院椰子研究所昆虫标本室,蝴蝶标本依据《海南岛蝴蝶》、《中国蝴蝶图鉴》、《中国灰蝶志》、《中国动物志》等进行分类鉴定^[16-20]。

1.3 数据处理

根据调查记录及标本统计数据,使用Excel对相关多样性公式进行计算分析^[21-24]。

1) 物种丰富度指数:使用物种数 S 表示。

2) 相对多度:

$$R_i = 100N_i/N \quad (1)$$

式中: N_i 为第 i 个物种的个体数量, N 为群落总个体数。

3) Berger-Parker 优势度指数:

$$D = N_{\max}/N \quad (2)$$

式中: N_{\max} 为优势种群数量; N 为所有物种的种群数量。

4) Pielou 均匀度指数:

$$J = H'/\ln S \quad (3)$$

式中: H' 为Shannon-Wiener指数, S 为物种数量。

5) Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (4)$$

式中: S 表示总的物种数, P_i 表示第 i 个种占总物种数的比值。

等级多样性指数:

$$H(FGS) = H(F) + H(G) + H(S) \quad (5)$$

式中: $H(F)$ 、 $H(G)$ 、 $H(S)$ 分别为科级、属级和种级的多样性指数,各级多样性指数均采用Shannon-Wiener指数。

2 结果与分析

2.1 蝶类群落组成及数量特征

经过调查和标本鉴定,获得海南东郊椰林蝶类昆虫9科54属80种(表1)。根据总物种数目统计,蛱蝶科物种丰富度指数最高达到20,占比25.0%。各科按照物种丰富度指数大小排列,依次为:蛱蝶科(Nymphalidae)、粉蝶科

(Pieridae)、斑蝶科(Danidae)、灰蝶科(Lycaenidae)、凤蝶科(Papilionidae)、弄蝶科(Hesperiidae)、眼蝶科(Satyridae)、环蝶科(Amathusiidae)、珍蝶科(Acraeidae)。就总个体数来看,粉蝶科昆虫数量最多,有317头,占比26.4%。各科昆虫按照个体数由高到低排列依次为:粉蝶科、灰蝶科、斑蝶科、蛱蝶科、眼蝶科、凤蝶科、弄蝶科、珍蝶科、环蝶科。

表1 海南东郊椰林蝶类群落数量特征

Table 1 Quantitative indices of butterflies community diversity in Hainan Dongjiao coconut forest

科	属数					种数					个体数					丰富度
	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	全年	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	全年	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	全年	
凤蝶科	2	2	2	2	2	6	10	10	9	10	12	43	41	15	111	10
粉蝶科	6	7	8	8	8	9	11	13	11	13	48	110	101	58	317	13
斑蝶科	4	4	5	5	5	7	10	11	10	12	15	41	62	48	166	12
蛱蝶科	5	13	13	9	15	6	17	18	10	20	11	49	55	18	133	20
眼蝶科	2	4	5	4	5	2	4	5	4	5	9	24	56	23	112	5
环蝶科	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	18	3	38	1
珍蝶科	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	25	17	0	42	1
灰蝶科	3	11	9	7	11	3	11	9	7	11	8	72	74	45	199	11
弄蝶科	2	6	6	6	6	2	7	7	6	7	5	36	31	13	85	7
合计	25	49	50	42	54	36	72	75	58	80	109	416	455	223	1203	80

随着季节的变化,蝶类群落结构也随之发生改变。总物种丰富度和个体数变化趋势一致,物种丰富度指数和个体数均在6—8月最高,3—5月、9—11月、12—2月物种丰富度和个体数量依次降低。东郊椰林蝶类的种群数量与气温关系密切,随着温度的升高物种数和个体均呈现增多的趋势,说明较高的平均温度更适宜蝶类的繁衍。

各科物种丰富度和个体数的数量也随季节变化而有所变化。6—8月蛱蝶科物种丰富度指数最高为18,其后依次为粉蝶科、斑蝶科、凤蝶科、灰蝶科、弄蝶科、眼蝶科、环蝶科、珍蝶科;9—11月粉蝶科物种丰富度指数最高为11,其后依次是斑蝶科、蛱蝶科、凤蝶科、灰蝶科、弄蝶科、眼蝶科、环蝶科、珍蝶科;12—2月粉蝶科物种丰富度指数最高为9,其后依次是斑蝶科、凤蝶科、蛱蝶科、灰蝶科、眼蝶科、弄蝶科、环蝶科、珍蝶科。3—5月蛱蝶科物种丰富度指数最高为17,其后依次是粉蝶科、灰蝶科、凤蝶科、斑蝶科、弄蝶科、眼蝶科、环蝶科、珍蝶科。各季蝴蝶个体数均以粉蝶科为最高,其中3—5月数值最大为110头,6—8月、9—11月、12—2月

依次为101、58、48头。

2.2 蝶类群落优势物种

从表2可看出:海南东郊椰林的蝶类群落的优势种为菜粉蝶(*Pieris rapae*),相对多度6.73;宽边黄粉蝶(*Eurema hecabe*),相对多度6.07;纤粉蝶(*Leptosia nina*),相对多度4.90;翠袖锯眼蝶(*Elymnias hypermnestra*),相对多度4.24;净雅灰蝶(*Jamides pura*),相对多度3.57;古楼娜灰蝶(*Nacaduba kurava*),相对多度3.57。

表2 海南东郊椰林蝶类优势物种

Table 2 The dominant species of butterflies in Hainan Dongjiao coconut forest

种名	相对多度				
	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	全年
菜粉蝶		6.97	-	7.17	6.73
宽边黄粉蝶	14.68	-	-	-	6.07
纤粉蝶	-	-	-	-	4.90
翠袖锯眼蝶	-	-	8.35		4.24
净雅灰蝶	-	-	-	-	3.57
古楼娜灰蝶	-	-	-	-	3.57

随着季节的变化优势种类也有所变化，12—2月优势种是宽边黄粉蝶，相对多度为14.68；3—5月优势种为菜粉蝶，相对多度为6.97；6—8月优势种为翠袖锯眼蝶，相对多度为8.35；9—11月优势种为菜粉蝶，相对多度为7.17（表2）。

各科蝶类优势种分别为：凤蝶科玉带凤蝶（*Papilio polytes*），相对多度2.08；粉蝶科菜粉蝶，相对多度6.73；斑蝶科幻紫斑蝶（*Euploea core*），相对多度3.16；蛱蝶科波蛱蝶（*Ariadne ariadne*），相对多度1.66；眼蝶科翠袖锯眼蝶，相对多度4.24；环蝶科串珠环蝶（*Faunis eumeus*），相对多度3.16；珍蝶科斑珍蝶（*Acraea terpsicore*），相对多度3.49；灰蝶科净雅灰蝶，相对多度3.57；古楼娜灰蝶，相对多度3.57；弄蝶科金斑弄蝶（*Cephrenes acalle*），相对多度2.58（表3）。

表3 海南东郊椰林蝶类各科优势物种

Table 3 The dominant species of butterflies in each family in Hainan Dongjiao coconut forest

种名	相对多度								
	凤蝶科	粉蝶科	斑蝶科	蛱蝶科	眼蝶科	环蝶科	珍蝶科	灰蝶科	弄蝶科
菜粉蝶	-	6.73	-	-	-	-	-	-	-
翠袖锯眼蝶	-	-	-	-	4.24	-	-	-	-
净雅灰蝶	-	-	-	-	-	-	-	3.57	-
古楼娜灰蝶	-	-	-	-	-	-	-	3.57	-
斑珍蝶	-	-	-	-	-	-	3.49	-	-
幻紫斑蝶	-	-	3.16	-	-	-	-	-	-
串珠环蝶	-	-	-	-	-	3.16	-	-	-
金斑弄蝶	-	-	-	-	-	-	-	-	2.58
玉带凤蝶	2.08	-	-	-	-	-	-	-	-
波蛱蝶	-	-	-	1.66	-	-	-	-	-

表4 海南东郊椰林蝶类群落多样性指数

Table 4 Indices of each diversity of the butterflies in Hainan Dongjiao coconut forest

季节	个体数	物种数	Shannon-Wiener指数				Berger-Parker优势度指数	Pielou均匀度指数	平均温度
			H(F)	H(G)	H(S)	H(FGS)			
Q ₁	109	36	1.6905	2.8682	3.2158	7.7745	0.1468	2.1695	19.2
Q ₂	416	72	2.0408	3.4534	3.8741	9.3683	0.0697	2.1906	25.0
Q ₃	455	75	2.0648	3.4269	3.8358	9.3275	0.0835	2.1604	28.3
Q ₄	223	58	1.8465	3.2874	3.6702	8.8041	0.0717	2.1683	24.9
全年	1203	80	2.0202	3.4721	3.8959	9.3882	0.0673	2.1424	24.4

注：平均温度数据来源于国家气象信息中心中国地面累年值月值数据集（1981—2010）。

2.3 蝶类物种-多度关系

在X轴为倍程刻度（Log₃对数级数）、Y轴为普通算术刻度的坐标系中，以蝶类个体数为横坐标，物种数为纵坐标来描绘海南东郊椰林不同季节蝶类种-多度曲线（图1）。结果表明，全年蝶类种-多度曲线服从Preston对数正态分布，且拟合效果较好，富集种和稀有种的个体数量少于中间状态的物种数。就各季节来看，3—5月、6—8月、12—2月、9—11月基本服从对数正态分布，其中3—5月拟合效果最好，6—8月次之。

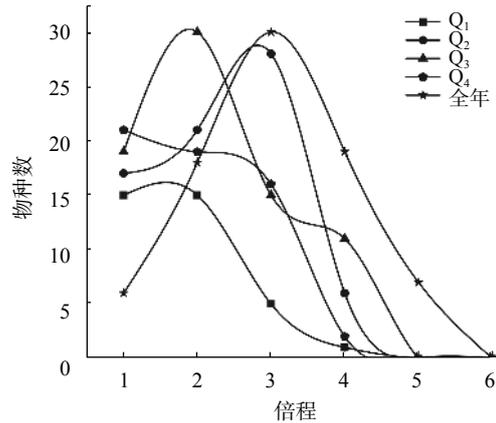


图1 不同季节蝶类群落种-多度曲线

Fig. 1 Species abundance curves for butterfly in different seasons

2.4 蝶类群落多样性

从各季蝶类多样性（表4）来看，等级多样性指数最高值出现在3—5月，多样性指数为9.3683，其后依次为6—8月、9—11月、12—2月；均匀度指数最高值出现在3—5月，其后依次是12—2月、9—11月、6—8月；优势度指数12—2月最高，为0.1468，其后依次是6—8月、9—11月、3—5月；说明3—5月蝶类群落多样性最高，群落结构最为稳定，12—2月优势种的集中度较高，蝶类群落多样性最低。全年等级多样性指数达到9.3882，均匀度指数达2.1424。

从各科多样性数据来看(表5), 蛱蝶科属级多样性最高为2.3572, 各科属级多样性指数由高到低排列依次为: 蛱蝶科、灰蝶科、粉蝶科、弄蝶科、眼蝶科、斑蝶科、凤蝶科、环蝶科、珍蝶科。根据种级多样性指数数据统计, 蛱蝶科种级多样性最高为2.6737, 各科种级多样性指数由高到低排列依次为: 蛱蝶科、凤蝶科、斑蝶科、

粉蝶科、灰蝶科、眼蝶科、环蝶科、珍蝶科。从各季节多样性数据来看, 各科蝴蝶种级多样性在3—5月或9—11月最高, 12—2月最低; 各科属级多样性随季节的变化趋势不一致, 其中蛱蝶科、灰蝶科、粉蝶科、弄蝶科属级多样性变化趋势与种级多样性变化趋势较为一致, 其余各科变化趋势不明显, 这可能与这些科的属数量较少相关。

表5 海南东郊椰林蝶类各科昆虫多样性指数

Table 5 Indices of each diversity of the butterflies in each family in Hainan Dongjiao coconut forest

科	属级多样性 $H(G)$					种级多样性 $H(S)$					Pielou均匀度指数
	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	全年	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	全年	
凤蝶科	0.5623	0.5130	0.5555	0.5004	0.5334	1.6326	2.1105	2.0549	2.0262	2.1016	0.4462
粉蝶科	1.4898	1.6689	1.7328	1.6348	1.6818	1.7768	2.0199	2.0790	1.8809	2.0184	0.3505
斑蝶科	1.2351	0.9650	0.7986	1.0822	1.0604	1.8065	2.0476	1.8672	2.0469	2.0968	0.4102
蛱蝶科	1.2945	2.3045	2.2616	2.0911	2.3572	1.5403	2.6139	2.5817	2.1972	2.6737	0.5467
眼蝶科	0.6870	1.2981	1.0091	1.2215	1.2549	0.6870	1.2981	1.0091	1.2215	1.2549	0.2660
环蝶科	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
珍蝶科	-	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0
灰蝶科	0.9743	2.0177	1.9111	1.8110	1.9691	0.9743	2.0177	1.9111	1.8110	1.9691	0.3720
弄蝶科	0.6730	1.4743	1.6171	1.5247	1.5570	0.6730	1.7007	1.8019	1.5247	1.7318	0.3898

3 结论与讨论

2016年12月至2018年11月对海南东郊椰林蝶类昆虫资源进行了调查, 共记录蝴蝶种类80种, 隶属于9科54属。其中, 粉蝶科、眼蝶科、灰蝶科为优势类群, 菜粉蝶为优势种。蝶类物种丰富度6—8月最高, 12—2月最低; 等级多样性指数($H(FGS)$)3—5月最高, 12—2月最低; 均匀度指数3—5月最高; 优势度指数12—2月最高。蝶类种-多度曲线符合Preston对数正态分布。

东郊椰林蝶类物种数量高于海南南丽湖国家湿地公园(45种)、东寨港红树林(39种), 低于三亚亚龙湾(181种), 占海南省蝶类记录的13.1%^[14, 25-27]。东郊椰林各科蝶类物种占比与海南林区相比^[16], 东郊椰林蝶类中凤蝶科、粉蝶科、斑蝶科物种占比偏高, 而灰蝶科、弄蝶科物种占比偏低, 缺少喙蝶科和蛱蝶科蝴蝶。造成这一差异的原因与椰林植被群落结构相关, 椰林植被群落结构中, 椰子树占据冠层, 乔木层植被缺乏, 垂直结构植被丰富度较低, 缺少喙蝶科(Libytheidae)和蛱蝶科(Riodinidae)生态位。此外, 椰林中存在大量旅游开发项目与农村, 其间种植有大量芸香科(Rutaceae)、番荔枝科(Anno-

naceae)、十字花科(Brassicaceae)、禾本科(Poaceae)、豆科(Leguminosae)、桑科(Moraceae)、夹竹桃科(Apocynaceae)等可食用或绿化植物, 为粉蝶科、灰蝶科、眼蝶科、凤蝶科、斑蝶科昆虫提供充足的寄主, 导致粉蝶科、眼蝶科、灰蝶科等物种具有较高的优势度。

[参 考 文 献]

- [1] Oostermeijer J G B, van Swaay C A M. The relationship between butterflies and environmental Indicator values: a tool for conservation in a changing landscape [J]. Biological Conservation, 1998, 86(3): 271-280.
- [2] Fleishman E, Austin G T, Brussard P F, et al. A comparison of butterfly communities in native and agricultural riparian habitats in the Great Basin, USA [J]. Biological Conservation, 1999, 89(2): 209-218.
- [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] Saarinen K. A comparison of butterfly communities

- along field margins under traditional and intensive management in SE Finland [J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2002, 90(1): 59–65.
- [5] 刘桂林, 庞虹, 周昌清, 等. 东莞莲花山自然保护区蝴蝶群落多样性研究 [J]. *应用生态学报*, 2004, 15(4): 571–574.
- [6] 漆波, 杨萍, 邓合黎. 长江三峡库区蝶类群落的物种多样性 [J]. *生态学报*, 2006, 26(9): 3049–3059.
- [7] 王义平, 吴鸿, 徐华潮. 浙江重点生态地区蝶类生物多样性及其森林生态系统健康评价 [J]. *生态学报*, 2008, 28(11): 5259–5269.
- [8] 梅杰, 冉辉, 杨天友, 等. 贵州梵净山国家级自然保护区蝴蝶多样性 [J]. *生态学杂志*, 2015, 34(2): 504–509.
- [9] 徐世才, 王莉, 沈雪健, 等. 陕西子午岭国家级自然保护区不同生境蝶类昆虫多样性 [J]. *林业资源管理*, 2016(5): 103–106, 143.
- [10] 尚素琴, 张红勇, 田赋斌, 等. 甘肃省兴隆山国家级自然保护区蝶类区系组成与多样性 [J]. *草业科学*, 2017, 34(6): 1314–1322.
- [11] 戈昕宇, 洪雪萌, 马方舟, 等. 内蒙古赛罕乌拉自然保护区蝶类群落多样性 [J]. *生态学杂志*, 2018, 37(8): 2376–2383.
- [12] 李中文, 周荔平, 林道伟. 琼山地区凤蝶种类及其季节性变化 [J]. *海南师范学院学报(自然科学版)*, 2003, 16(1): 81–85.
- [13] 李麒麟, 林焯贤, 符芳义. 三亚市蝴蝶多样性调查 [J]. *生态学杂志*, 2016, 35(12): 3360–3363.
- [14] 张竞可, 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] 唐本安, 唐敏, 陈春福, 等. 海南东郊椰林生态系统土壤动物群落特征 [J]. *生态学报*, 2006, 26(1): 26–32.
- [16] 顾茂彬, 陈佩珍. 海南岛蝴蝶 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1997.
- [17] 王敏, 范晓凌. 中国灰蝶志 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2002.
- [18] 武春生. 中国动物志·昆虫纲: 第五十二卷: 鳞翅目·粉蝶科 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [19] 袁锋, 袁向群, 薛国喜. 中国动物志: 五十五卷: 鳞翅目·弄蝶科 [M]. 北京: 科学出版社, 2015.
- [20] 武春生, 徐增峰. 中国蝴蝶图鉴: 1~4 卷 [M]. 福州: 海峡书局出版社, 2017.
- [21] Pielou E C. 数学生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [22] 蒋志刚, 纪力强. 鸟兽物种多样性测度的 G-F 指数方法 [J]. *生物多样性*, 1999, 7(3): 220–225.
- [23] 尤平, 李后魂, 王淑霞, 等. 天津七里海湿地蛾类多样性 [J]. *昆虫学报*, 2003, 46(5): 617–621.
- [24] 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): 441–453.
- [25] 顾茂彬, 陈佩珍, 姜婷婷, 等. 海南岛亚龙湾蝴蝶资源调查与开发利用研究 [J]. *林业科学研究*, 2000, 13(3): 333–341.
- [26] 李中文. 海南岛蝶类资源及其可持续利用策略 [J]. *中国林副特产*, 2008(1): 72–74.
- [27] 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.

(责任编辑 张坤)

