DOI: 10.20103/j.stxb.202108212327
段明祎,朱慧,曲叶宽,王文慧,姜斯琪,袁轲,任炳忠.松嫩平原不同生境蝴蝶群落多样性及其保护建议.生态学报,2023,43(18):7682-7692.
Duan M Y, Zhu H, Qu Y K, Wang W H, Jiang S Q, Yuan K, Ren B Z.Diversity of butterfly communities in different habitats in Songnen Plain and conservation suggestions.Acta Ecologica Sinica,2023,43(18):7682-7692.

松嫩平原不同生境蝴蝶群落多样性及其保护建议

段明祎[1],朱 慧[1,2,*],曲叶宽[1],王文慧[1],姜斯琪[1],袁 轲[1],任炳忠[1]
1 东北师范大学生命科学学院,植被生态科学教育部重点实验室,吉林松嫩草地生态系统国家野外科学观测研究站, 长春 130024
2 吉林省动物资源保护与利用重点实验室, 长春 130024

摘要:随着气候变化加剧和人类活动影响,生物多样性变化及其保护逐渐受到广泛关注。蝴蝶作为开花植物的传粉媒介和生态环境监测及评价的关键指示者,其多样性变化能够在一定程度上反映生境状况,因此,有必要清晰认识不同生境中的蝴蝶多样性变化。为明确松嫩平原蝴蝶资源和不同生境的群落多样性差异,采用样线法于 2016 年 5 月—2018 年 8 月对松嫩平原的割草草地、湿地、农田、放牧利用草地及恢复草地共五种生境类型进行调查研究。结果发现,调查共记录蝴蝶 5108 头,隶属于 6 科 21 属26 种,其中牧女珍眼蝶(*Coenonympha amaryllis*)和红珠灰蝶(*Plebejus argyrognomon*)为优势种类,分别占蝴蝶个体总数的 25.61%和 31.66%,且在五种生境类型中均有分布。不同生境类型中,蝴蝶群落的物种丰富度指数和均匀度指数无明显差异,而恢复草地生境的蝴蝶群落 Shannon-Wiener 多样性指数较高,优势度指数较低。农田生境中的蝴蝶个体数量较少,且群落组成与其他四种生境之间均具有显著差异。五种生境类型中的蝴蝶数量和多样性均呈现一定的月动态和年动态变化趋势。除湿地和农田外,其余三种生境中蝴蝶物种和个体数量从 5 月到 8 月均持续升高。四种生境的蝴蝶物种数量、个体数量(除农田外)在 2018 年均出现明显下降趋势。物种丰富度指数等指标的月动态和年动态在不同生境类型间存在较大差异。这些结果表明,生境类型和人类活动与蝴蝶多样性变化关系密切,表现为单一生境中蝴蝶多样性较低,复杂生境有利于保护蝴蝶多样性。本研究有助于厘清松嫩平原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评估该区域生态环境提供一定理论支撑。

关键词:蝴蝶多样性;松嫩平原;生境;群落组成;时间动态

Diversity of butterfly communities in different habitats in Songnen Plain and conservation suggestions

DUAN Mingyi[1], ZHU Hui[1,2,*], QU Yekuan[1], WANG Wenhui[1], JIANG Siqi[1], YUAN Ke[1], REN Bingzhong[1]
1 *School of Life Sciences, Key Laboratory of Vegetation Ecology of the Ministry of Education, Jilin Songnen Grassland Ecosystem National Observation and Research Station, Northeast Normal University, Changchun* 130024, *China*
2 *Jilin Provincial Key Laboratory of Animal Resource Conservation and Utilization, Changchun* 130024, *China*

Abstract: With the intensification of climate change and human activities, the change and conservation strategy of biodiversity is increasingly paid more attention. Considering as important pollination vectors of flowering plants and a key ecological indicator for monitoring and evaluating environmental conditions, the changes in butterfly diversity could significantly reflect habitat status to a certain extent. Therefore, it is necessary to clearly understand alterations in butterfly diversity between different habitat types. To clarify butterfly species and differences in butterfly diversity between different habitat types in Songnen Plain, this study was conducted to investigate and sample butterflies in five habitat types, including mown grassland, wetland, farmland, grazed grassland and restored grassland using transect method from May 2016 to August 2018 in Songnen Plain. Results showed that a total of 5108 butterfly individuals were recorded, belonging to

基金项目:国家重点研发计划(2022YFF1300605);“111”引智基地项目(B16011);生态环境部生物多样性保护专项(SDZXWJZ1011)
收稿日期:2021-08-21; **网络出版日期**:2023-05-08
* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: zhuh824@ nenu.edu.cn

26 species of 21 genera and 6 families, of which *Coenonympha amaryllis* and *Plebejus argyrognomon* were the dominant species. They accounted for 25.61% and 31.66% of the total number of butterflies, respectively, and were distributed in all five habitat types. The species richness index and evenness index of butterfly communities among the five habitat types were not significantly different, but Shannon-Wiener index in the restored grassland habitat was higher than that of the other four habitat types, and the dominance index was lower. There were fewer butterfly individuals in the farmland habitat, and significant differences in butterfly community composition between farmland and the other four habitat types also were found. From the perspective of quantitative properties with time, there were annual and monthly dynamic changes in butterfly abundance and species richness in the five habitat types. The results found that species richness and abundance of butterfly in the three grassland types, including mown grassland, grazed grassland, and restored grassland increased from May to August, except wetland habitat and farmland habitat. In 2018, butterfly species richness and abundance in mown grassland, wetland, and grazed and restored grasslands decreased, compared to 2016 and 2017. Significant differences in the monthly and annual dynamics of species richness and diversity index of butterfly community among five habitat types were detected in Songnen Plain. These results suggest that change in butterfly diversity is closely related with habitat types and human activity, with lower butterfly diversity in simple habitat, and it is favor for conservation in butterfly diversity in complex habitat. The finding from this study is helpful to clarify essential data of butterflies in Songnen Plain, and provides theoretical support for conservation and utilization of butterfly diversity, and assessment of ecological environment in this area.

Key Words: butterfly diversity; Songnen Plain; habitat; community composition; temporal dynamics

“生物多样性”一词最早是由 Fisher 和 Williams 于 1943 年在研究昆虫物种多度关联时提出[1],作为人类赖以生存的重要物质基础,与生态系统功能和服务息息相关,其中物种多样性是生物多样性最重要的维度之一,是群落组成的核心[2]。随着气候变化加剧和人类活动的影响,物种多样性变化以及如何保护成为生态学研究的热点问题[3]。昆虫是地球上种类和数量最多的动物类群,是食物网中的重要组成部分,在传粉、种子扩散及营养循环等方面扮演着关键角色,强烈影响生态系统结构与功能,致使其多样性变化是不可忽视的[4]。蝴蝶隶属于昆虫纲(Insecta)鳞翅目(Lepidoptera)锤角亚目(Rhopalocera),在生活史不同阶段与寄主植物建立了相互依存、协同进化的密切联系。同时,蝴蝶对生境改变反应敏感,当生境发生不同程度的变化,能够快速、准确响应[5]。因此,蝴蝶常作为监测生态环境、反应生境质量的重要指示物种[6—7]。

早在 1847 年,英国昆虫学者提出保护蝴蝶多样性,自此,相关研究学者对 60 余种蝴蝶的个体生态学展开详细研究[8]。1976 年,英国启动长期的蝴蝶监测项目(英国蝴蝶监测计划, Butterfly Monitoring Scheme, UKBMS),为保护蝴蝶提供重要的实践参考。美国、德国、日本和澳大利亚等国家也相继开始长期监测蝴蝶[9]。到 20 世纪末,关于蝴蝶多样性研究已取得极大进展,陆续完成蝴蝶资源调查以及蝴蝶多样性变化、发展动态、区系成分等,同时也对蝴蝶多样性保护提出相应的措施[10—11]。

我国幅员辽阔,蝴蝶种类较为丰富,对蝴蝶资源及多样性的研究自 20 世纪 70—80 年代逐渐开展,并受到广泛重视。2016 年,我国正式启动全国范围内的蝴蝶观测项目,初步形成覆盖全国的蝴蝶多样性监测网络[12],包括各省级、国家级自然保护区[13—14]、森林公园[15—16]等代表性地区,覆盖了农田、湿地、草地、阔叶林、混交林等生境,对蝴蝶多样性开展研究。我国东北地区的蝴蝶多样性研究以往都集中在东部山区,如长白山自然保护区[17]、松花湖自然保护区[18]、石湖自然保护区[19]以及集安地区[20]。松嫩平原是东北平原的重要组成部分,处于我国温带半干旱半湿润区域,是松花江和嫩江等冲击形成的平原,其生境类型多样化,包括湿地、草地和农田,植物种类丰富,能够支持多种蝴蝶生存。然而,对松嫩平原的蝴蝶多样性资源,特别是该区域的各生境类型间的蝴蝶多样性差异缺乏清晰的认识。因此,本研究对吉林省松嫩平原地区蝴蝶资源和多样性进行连续 3 年研究,有助于了解该地区蝴蝶资源和多样性的基础数据,为该地区各生境蝴蝶多样性保护提供相应的数据支撑。

1 研究地点与方法

1.1 研究区域

本次调查区域选择在松嫩平原西部进行,位于吉林省松原市前郭尔罗斯蒙古族自治县(简称前郭县),地处东经 123°35′—125°18′,北纬 44°17′—45°28′之间。松嫩平原是东北平原的最大组成部分,位于大小兴安岭与长白山脉及松辽分水岭之间的松辽盆地的中部区域,主要由松花江和嫩江冲积而成。松嫩平原地区气候为温带大陆性季风气候,四季分明,春季干旱多风,夏季湿热多雨,秋季凉爽、昼夜温差较大,冬季寒冷降雪少、冰冻期长。据近 30 年气象资料统计,松嫩平原地区年平均气温约为 4.9℃,年平均降水量约为 468.2 mm,全年蒸发量约为 1600.2 mm,年平均日照时数约为 2879 h,无霜期 130—140 d[21]。松嫩平原自然资源丰富,土壤肥沃,为植物的生长发育和野生动物的繁衍、栖息提供了良好的生态环境。为明确吉林省境内松嫩平原蝴蝶群落的数量及多样性特征,于 2016—2018 年对该区域蝶类资源进行系统调查并分析,为松嫩平原的蝴蝶资源状况及其保护与利用提供基础资料。

1.2 样线设置

在调查区域内选择割草草地、湿地、农田、放牧利用草地以及恢复草地 5 种生境类型,共设置 5 条长度为 2 km 的固定样线进行蝴蝶多样性调查,各样线详细信息见表 1,干扰程度划分参照《生物多样性观测技术导则 蝴蝶》(HJ 710.9—2014),样线空间分布如图 1 所示。

表 1 调查样线所在地点、生境类型、优势植物种类与干扰程度

Table 1 Location, habitat type, dominant plant species and disturbance degree of sampling transects

样线 Transect	地点 Location	生境类型 Habitat types	优势植物种类 Dominant plant species	干扰强度 Interference intensity
样线Ⅰ Transect Ⅰ	外三	割草草地	羊草 *Leymus chinensis*	弱
样线Ⅱ Transect Ⅱ	查干湖	湿地	狭叶香蒲 *Typha angustifolia*、芦苇 *Phragmites australis*	弱
样线Ⅲ Transect Ⅲ	海勃日戈镇	农田	水稻 *Oryza sativa*	弱
样线Ⅳ Transect Ⅳ	乌兰图嘎镇	放牧利用草地	羊草 *L. chinensis*	弱
样线Ⅴ Transect Ⅴ	查干花镇	恢复草地	黄花菜 *Hemerocallis citrina*、野鸢尾 *Iris dichotoma*	弱

1.3 调查方法

本研究采用样线法对研究区域内蝴蝶种类与数量进行调查,调查方法依据《生物多样性观测技术导则 蝴蝶》(HJ 710.9—2014)。于 2016—2018 年 5 月中旬至 8 月末对每条样线调查四次,每月进行一次。调查选择天气晴朗无风日,9:00—15:30 时间段进行,两次调查的时间间隔至少 20 d。调查人员以 1—1.5 km/h 的速度匀速前进,记录每条样线的左右两侧 2.5 m 范围内、上方 5 m 以及前方 5 m 范围内见到的所有蝴蝶种类及数量,不重复计数同一只个体和身后的蝴蝶。遇到无法确定的蝴蝶种类,进行少量网捕并暂时保存,带回实验室制成标本,依据《东北蝶类志》和《吉林省蝶类志》等资料进行分类鉴定。最后统计所有蝴蝶科的数量(Number of Family, NF)、属的数量(Number of Genus, NG)和种的数量(Number of Species, NS)以及每种蝴蝶的个体数量(Number of Individuals, NI)。

1.4 数据分析

1.4.1 多样性指标

(1)相对多度(Relative abundance, *RA*):

$$RA = N_i / N \times 100\%$$

式中,N_i为第 i 种的个体数量,N 为全部物种的个体总数。以相对多度大于等于 10%为优势种类,在 1%—10%之间为常见种类,小于 1%为稀有种类。

图 1　松嫩平原 5 条蝴蝶多样性调查样线的分布图

Fig.1　Distribution of five sampling transects for butterfly diversity in Songnen Plain

(2)Margalef 物种丰富度指数(Species richness index, R):

$$R=(S-1)/\ln N$$

式中,S 为物种数量,N 为全部物种的个体总数。

(3)Shannon-Wiener 多样性指数(Diversity index, H'):

$$H'=-\sum P_i \ln P_i$$

式中,$P_i=N_i/N$,P_i为第 i 种的个体比例,N_i为第 i 种的个体数量,N 为全部物种的个体总数。

(4)Pielou 均匀度指数(Evenness index, J):

$$J=H'/\ln S$$

式中,J 为均匀度,H'为 Shannon-Wiener 多样性指数,S 为物种数量。

(5)Berger-Parker 优势度指数(Dominance index, D):

$$D=N_{max}/N_t$$

式中,N_{max}为优势种的种群数量,N_t为全部物种的数量。

1.4.2　不同生境类型蝴蝶群落组成差异分析

为检验不同生境类型蝴蝶群落的组成之间是否具有显著差异,采用 R 3.6.3 软件的 pairwiseAdonis 软件包对 2016—2018 年 5 种生境类型的蝴蝶群落组成进行置换多元方差分析(Permutational multivariate analysis of variance, PERMANOVA)。

2　研究结果

2.1　松嫩平原蝴蝶群落物种组成

2016—2018 年间共记录蝴蝶 5108 头,隶属于 6 科 21 属 26 种(表 2)。总体看,牧女珍眼蝶和红珠灰蝶的个体数量较多,分别占蝴蝶个体总数的25.61%、31.66%,为该地区蝴蝶的优势种类;豹蛱蝶属未知种1、眼灰

表 2 松嫩平原不同生境蝴蝶物种名录及每种蝴蝶的相对多度/%

Table 2 Butterfly species list and relative abundance (%) of each species in different habitats in Songnen Plain

科 Family	属 Genus	种 Species	相对多度 RA/%					
			割草草地 Mown grassland	湿地 Wetland	农田 Farmland	放牧利用草地 Grazed grassland	恢复草地 Restored grassland	合计 Total
蛱蝶科 Nymphalidae	斑豹蛱蝶属 *Speyeria*	银斑豹蛱蝶 *Speyeria aglaja*	0.80	—	0.39	0.40	—	0.23
	红蛱蝶属 *Vanessa*	小红蛱蝶 *Vanessa cardui*	0.11	—	1.57	0.10	0.09	0.16
		大红蛱蝶 *Vanessa indica*	0.11	0.13	—	—	1.26	0.59
	豹蛱蝶属 *Argynnis*	豹蛱蝶属未知种 1 *Argynnis* sp. 1	—	—	—	0.10	—	0.02
	钩蛱蝶属 *Polygonia*	黄钩蛱蝶 *Polygonia c—aureum*	—	0.79	—	—	—	0.12
	网蛱蝶属 *Melitaea*	网蛱蝶 *Melitaea protomedia*	—	—	—	—	0.27	0.12
		罗网蛱蝶 *Melitaea romanovi*	—	—	—	—	3.41	1.49
		蛱蝶科未知种 1 Nymphalidae sp. 1	0.11	0.26	1.96	—	0.04	0.18
灰蝶科 Lycaenidae	灰蝶属 *Lycaena*	橙灰蝶 *Lycaena dispar*	10.32	—	9.80	0.30	1.08	2.78
	蓝灰蝶属 *Everes*	蓝灰蝶 *Everes argiades*	0.34	16.40	0.78	1.72	14.99	9.42
	眼灰蝶属 *Polyommatus*	眼灰蝶 *Polyommatus icarus*	—	—	—	0.10	—	0.02
	琉璃灰蝶属 *Celastrina*	琉璃灰蝶 *Celastrina argiolus*	—	0.26	—	—	—	0.04
	豆灰蝶属 *Plebejus*	茄斑豆灰蝶 *Plebejus subsolanus*	1.49	0.13	—	0.10	0.22	0.39
		豆灰蝶 *Plebejus argus*	0.11	—	—	—	0.27	0.14
		红珠灰蝶 *Plebejus argyrognomon*	52.52	55.38	3.92	17.86	24.69	31.66
		灰蝶科未知种 1 Lycaenidae sp. 1	0.69	1.44	1.18	9.99	20.51	11.28
眼蝶科 Satyridae	珍眼蝶属 *Coenonympha*	牧女珍眼蝶 *Coenonympha amaryllis*	21.10	2.23	1.96	51.66	26.48	25.61
粉蝶科 Pieridae	蓝粉蝶属 *Pseudopontia*	蓝粉蝶 *Pseudopontia paradoxa*	—	—	—	1.21	—	0.23
	云粉蝶属 *Pontia*	云粉蝶 *Pontia edusa*	4.47	8.79	52.16	3.03	1.44	5.89
	豆粉蝶属 *Colias*	斑缘豆粉蝶 *Colias erate*	2.98	8.66	10.98	8.48	3.32	5.44
	粉蝶属 *Pieris*	菜粉蝶 *Pieris rapae*	3.67	2.89	14.51	3.94	0.90	2.94
		粉蝶科未知种 1 Pieridae sp. 1	—	0.13	0.39	0.10	—	0.06
弄蝶科 Hesperiidae	赭弄蝶属 *Ochlodes*	小赭弄蝶 *Ochlodes venata*	0.46	1.57	—	0.61	0.18	0.51
		白斑赭弄蝶 *Ochlodes subhyalina*	—	0.39	—	—	—	0.06
	黑弄蝶属 *Daimio*	黑弄蝶 *Daimio tethys*	—	—	—	—	0.04	0.02
凤蝶科 Papilionidae	凤蝶属 *Papilio*	金凤蝶 *Papilio machaon*	0.69	0.52	0.39	0.30	0.81	0.63

RA:相对多度 Relative abundance;表中“—”表示,生境中该种蝴蝶未出现

蝶、琉璃灰蝶、粉蝶科未知种 1、白斑赭弄蝶、黑弄蝶数量较少,占比不足 0.1%,为该地区蝴蝶稀有种类。蓝灰蝶、红珠灰蝶、灰蝶科未知种 1、牧女珍眼蝶、云粉蝶、斑缘豆粉蝶、菜粉蝶、金凤蝶在 5 种生境类型中均有分布,而豹蛱蝶属未知种 1、黄钩蛱蝶、网蛱蝶、罗网蛱蝶、眼灰蝶、琉璃灰蝶、蓝粉蝶、白斑赭弄蝶、黑弄蝶均只分布在放牧利用草地中。

每种蝴蝶的相对多度在每种生境类型中都存在显著差异(表 2)。在割草草地生境的蝴蝶群落中,优势种类为红珠灰蝶、牧女珍眼蝶和橙灰蝶,分别占比 52.52%、21.10%、10.32%;在湿地生境蝴蝶群落中,优势为红珠灰蝶和蓝灰蝶,分别占比 55.38%、16.40%;农田生境的蝴蝶优势种类则是云粉蝶、菜粉蝶和斑缘豆粉蝶,分别占比 52.16%、14.51%、10.98%;放牧利用草地生境的蝴蝶群落中,优势蝴蝶种类只有牧女珍眼蝶和红珠灰蝶,分别占比 51.66%、17.86%;牧女珍眼蝶、灰蝶科未知种 1、红珠灰蝶和蓝灰蝶为恢复草地生境的优势种类,各占比 26.48%、20.51%、24.69%、14.99%(表 2)。

2.2　不同生境类型蝴蝶群落数量特征

在蝶类的科、属、及种水平上,5 种生境类型间无明显差异。对于蝴蝶个体数量而言,恢复草地生境最多,而农田生境最少(表 3)。蝴蝶群落的物种丰富度指数和均匀度指数在 5 种生境类型之间也无明显差异,而多样性指数和优势度指数略有不同,其中,恢复草地生境蝴蝶群落的 Shannon-Wiener 多样性指数最高,但优势度指数最低(表 3)。

表 3　不同生境类型蝴蝶群落多样性

Table 3　Diversity of butterfly communities in different habitat types

生境类型 Habitat types	科数 NF	属数 NG	种数 NS	个体数 NI	物种丰富度指数 *R*	多样性指数 *H′*	均匀度指数 *J*	优势度指数 *D*
割草草地 Mown grassland	6	13	16	872	2.215	1.511	0.545	0.525
湿地 Wetland	6	14	16	762	2.260	1.508	0.544	0.554
农田 Farmland	5	13	13	255	2.166	1.592	0.621	0.522
放牧利用草地 Grazed grassland	6	16	17	991	2.319	1.568	0.553	0.517
恢复草地 Restored grassland	6	14	18	2228	2.205	1.851	0.640	0.265

NF:科数 Number of Family;NG:属数 Number of Genus;NS:种数 Number of Species;NI:个体数 Number of Individuals;*R*:物种丰富度指数 Species richness index; *H′*:Shannon-Wiener 多样性指数 Diversity index;*J*:均匀度指数 Evenness index;*D*:优势度指数 Dominance index

2.3　不同生境类型蝴蝶数量和多样性的月际变化及差异

不同生境类型蝴蝶群落的物种及个体数量、物种丰富度指数及 Shannon-Wiener 多样性指数呈现出的月际间变化趋势多样。对于物种数量,割草草地、农田、放牧利用草地和恢复草地生境的蝴蝶物种数量在月际间均持续升高,而湿地生境则先升高后降低。其中,割草草地 8 月的蝴蝶物种数量显著高于 5 月,放牧利用草地和恢复草地 8 月的蝴蝶物种数量显著高于 5 月和 6 月,而湿地和农田生境的物种数量在月份间无显著差异(图 2)。

湿地和草地的四种生境中蝴蝶个体数量均持续升高,且 8 月的个体数量显著较高,农田生境则呈现先升高后降低的趋势,月份间无显著差异(图 2)。农田生境中的蝴蝶物种丰富度呈现出相反的变化,先降低后升高,7 月的物种丰富度显著较低。湿地生境的物种丰富度则在 8 月显著较低,整体下降幅度较小。割草草地、放牧利用草地和恢复草地生境的物种丰富度月份间均无显著差异。但从变化趋势上看,割草草地生境的物种丰富度持续升高,放牧利用草地生境较稳定,月份间小幅度变化,恢复草地生境到 8 月则出现下降趋势(图 2)。

蝴蝶群落多样性指数在不同生境内均倾向于较大幅度变动。割草草地生境呈现持续升高的变化趋势;湿地生境先升高后降低;农田生境主要呈现降低后升高的趋势。这三种生境蝴蝶群落的多样性指数月份间均无显著差异。放牧利用草地生境的多样性指数先降低后较大幅度升高,7 月和 8 月的多样性指数显著高于 6 月;恢复草地生境在大幅度升高后又降低,7 月的多样性指数显著高于 5 月和 6 月(图 2)。

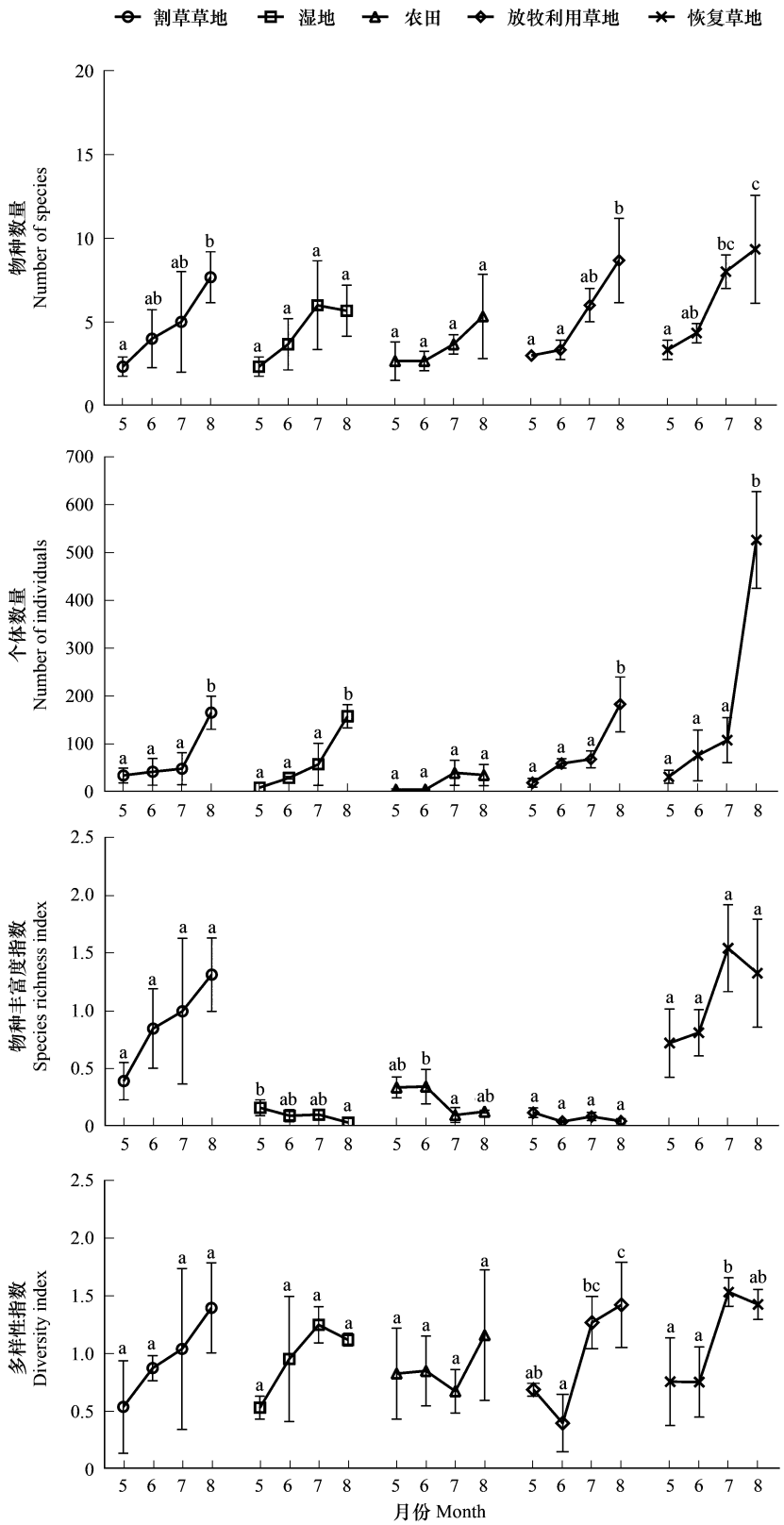

图 2 不同生境类型蝴蝶群落的数量和多样性的月动态

Fig.2 Monthly variation of abundance and diversity of butterfly communities in different habitat types

不同小写字母表示月份间存在显著差异($P<0.05$)

2.4　不同生境类型蝴蝶数量和多样性的年际变化

2016—2018 年连续调查发现,各生境类型的蝶类物种数量和个体数量呈现年际间的不同变化。割草草地、农田和恢复草地生境的蝴蝶群落蝶类物种数量先增加后减少,湿地及放牧利用草地生境则持续减少。对于个体数量而言,割草草地及放牧利用草地生境蝴蝶群落先增加后减少,湿地生境持续减少,农田生境无明显变化趋势,恢复草地生境在 2016 与 2017 年间无明显变化,而 2018 年明显减少(图 3)。

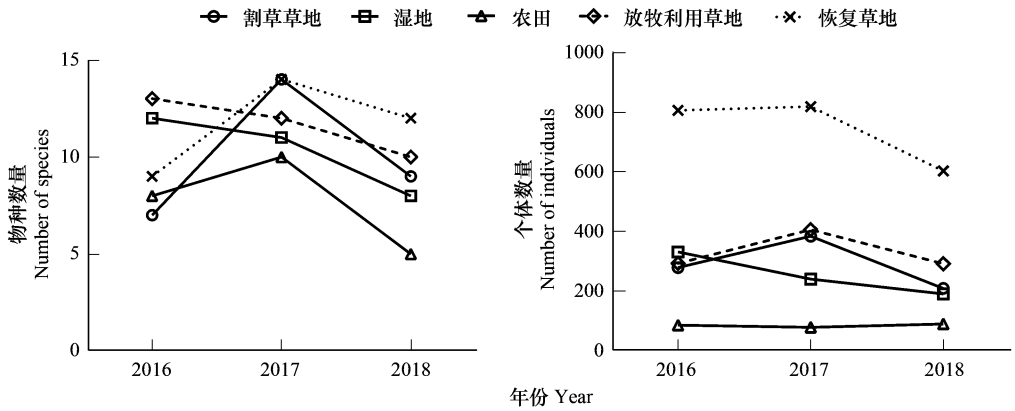

图 3　不同生境类型蝴蝶群落的物种数量及个体数量的年际变化

Fig.3　Annual variation of species and individual numbers in butterfly communities of different habitat types

对不同生境类型蝴蝶群落的物种丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数、均匀度指数及优势度指数进行统计,结果表明,各生境类型蝴蝶群落的多样性指标呈年际变化,且不同生境类型呈现的变化趋势也不尽相同。对于物种丰富度指数而言,割草草地、农田和恢复草地生境先升高后降低,湿地及放牧利用草地生境持续降低;在 Shannon-Wiener 多样性指数水平上,割草草地、农田和恢复草地生境先升高后降低,湿地生境持续升高,放牧利用草地生境则持续降低;从各生境类型均匀度指数的年际变化趋势来看,割草草地和湿地生境持续升高,农田和放牧利用草地生境先升高后降低,恢复草地生境则持续降低;类似地,割草草地生境的优势度指数持续降低,湿地、恢复草地生境先升高后降低,农田生境则先降低后升高,而放牧利用草地生境的优势度指数持续升高(图 4)。

2.5　不同生境类型蝴蝶群落组成差异

5 种生境类型蝴蝶群落的主成分分析(Principal component analysis, PCA)如图 5 所示,PC1 轴具有 18.3%的解释度,PCA2 轴具有 11.3%的解释度。PERMANOVA 分析结果表明,农田生境的蝴蝶群落组成结构与割草草地($R^2=0.243$, $P=0.01$)、湿地($R^2=0.176$, $P=0.01$)、放牧利用草地($R^2=0.229$, $P=0.01$)和恢复草地生境($R^2=0.212$, $P=0.01$)之间均具有显著差异,湿地生境蝴蝶群落组成结构也与放牧利用草地生境($R^2=0.176$, $P=0.02$)具有显著差异。此外,其他生境类型蝴蝶群落组成结构之间均不具有显著差异。

3　讨论与分析

本研究是首次对吉林省西部松嫩平原地区的蝴蝶群落进行系统性调查与研究。连续三年共记录蝴蝶 6 科 21 属 26 种,牧女珍眼蝶和红珠灰蝶为该区域优势蝴蝶种类。截止目前,吉林省地区共记录蝴蝶种类 267 种[17,22],松嫩平原地区的已知蝴蝶种类仅占吉林省蝴蝶种类总数的 8%左右。有关吉林省境内的蝶类资调查研究中,长白山自然保护区所记录的蝴蝶物种共有 196 种,隶属于 7 科 98 属[17];松花湖自然保护区近年来共调查的蝴蝶物种共有 85 种,隶属于 7 科 46 属[18];石湖自然保护区蝶类资源的调查结果显示,该地区共有蝴蝶 134 种,隶属于 8 科 86 属[19];集安地区经调查发现蝴蝶共 104 种,隶属于 8 科 64 属[20]。可以看出,本研究所调查的松嫩平原蝴蝶种类相对较少,这可能是由于该区域的生境较为简单,主要以草地、农田以及少部分湿

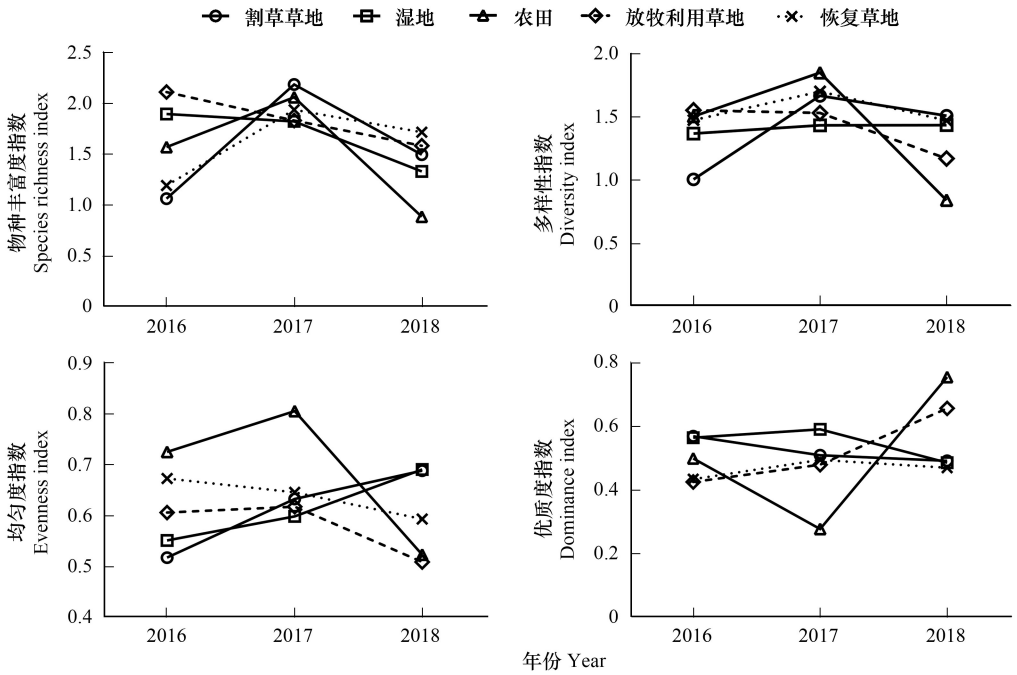

图 4 不同生境类型蝴蝶多样性的年际变化

Fig.4 Annual variation of butterfly community diversity in different habitat types

地为主,可能无法提供良好的生境及食物资源,致使蝴蝶种类较少。

在影响蝴蝶群落的空间分布及数量特征的诸多因素中,生境和植被类型是导致蝴蝶群落组成结构差异的主要因素[23—25]。蝴蝶与寄主植物联系紧密的原因除植物为蝴蝶提供食物资源外,植物群落也是蝴蝶进行体温调节和交配等行为的场所[26—28]。本研究发现,植被类型较为单一的农田生境内蝴蝶物种丰富度和个体数量均相对较低。相比于农田,其他四种生境的植物种类较为丰富,除羊草、黄花菜、狭叶香蒲和芦苇等主要植被外,还存在其他可供蝴蝶作为寄主的植物种类,如拂子茅(*Calamagrostis epigeios*)、箭头唐松草(*Thalictrum simplex*)和狗尾草(*Setaria viridis*)等[17, 29]。这可能使得这四种生境中的蝴蝶物种和个体数量较多。在湖北天门地区的蝴蝶资源调查同样发现,农田生境的蝴蝶物种数量较少,与本研究相符[30]。本研究进一步通过聚类方法分析表明,农田生境与湿地和草地生境之间蝴蝶群落组成相似度较低。在以往的研究中,也发现过类似的现象。例如,内蒙古赛罕乌拉自然保护区内的农田生境与湿地生境蝴蝶群落组成不相似[31];同样位于内蒙古境内的锡林郭勒草原自然保护区中,湿地生境与草甸生境蝴蝶群落间也不相似[32];在云南高黎贡山地区,农业种植区间的蝴蝶群落与高黎贡山自然保护区的蝴蝶群落极不相似[33]。然而,也存在与本研究结果不一致的实例。如宁夏贺兰山自然保护区的农田生境和湿地生境蝴蝶群落组成则较为相似[14]。

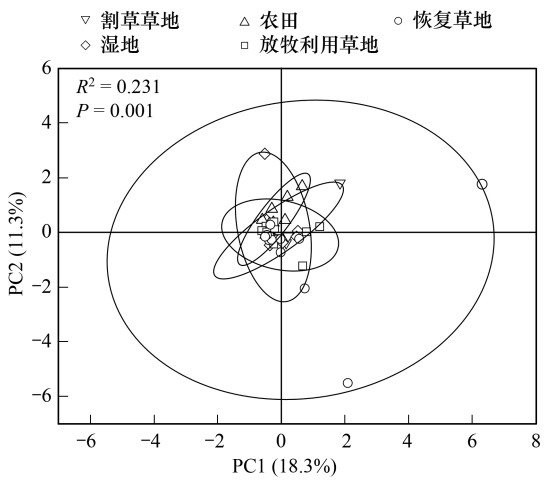

图 5 不同生境类型的蝴蝶群落主成分分析

Fig.5 Principal component analysis of butterfly communities in different habitat types

4　松嫩平原蝴蝶多样性保护建议

蝴蝶是昆虫纲中的重要一类,具有重要的生态价值、经济价值以及美学价值,因此有必要对蝴蝶展开相关的保护策略,特别在栖息地、食物等方面应给予更多关注。栖息地的保护是维护生物多样性的基本原则[34]。当前,已有较多研究一致性认为生境丧失和破碎化是蝴蝶多样性降低的主要原因[7, 35—36],全面保护蝴蝶生存和繁殖的生境是保护蝴蝶多样性的重要途径,保护生境的措施包括有:建立保护区、人工完善生态环境(种植寄主植物等)等[37]。在松嫩平原,主要生境为草地、湿地和农田,且草地和湿地生境中的蝴蝶多样性较高,保护草地和湿地就能为蝴蝶提供良好的栖息地。对于草地和湿地来说,应减少人为扰动,如草地过度放牧、湿地生境的过度开发等;同时也要减少农田开垦,从而为蝴蝶的生存与繁殖提供良好生境。食物资源也是影响蝴蝶种群繁衍的另一重要因素,保护寄主植物对保护蝴蝶多样性也较为重要[38—40]。有些蝴蝶幼虫属多食性,有些属寡食性,因此增加植物多样性(包括开花植物)将有益于蝴蝶在幼虫阶段及成虫阶段都能够寻找到充足的食物资源。在松嫩平原的草地生境中,可以利用人工播种等方式,丰富植物多样性。特别是,杂类草(开花植物)的增加能够为蝴蝶提供最佳寄主,以便为蝴蝶提供食物。在今后的蝴蝶多样性保护中可以构建“生境+寄主”的“生态圈”[41],实现对蝴蝶多样性的保护。同时,为了更好地保护蝴蝶多样性,应从以下几方面开展工作:第一,要加强基础研究,特别是蝴蝶与寄主互作关系以及二者互作对气候变化及人类活动干扰的响应等方面;第二,降低人为对生境的干扰,本研究区域主要以农田和草地为主,因此应减少农田开垦面积,制定合理的草地利用管理政策,加强草地保护;第三,减少化学农药的使用,化学农药的使用可能是昆虫,特别是资源昆虫多样性降低的主要因素之一,在病虫害和田间杂草的防控方面应注重绿色防控手段;第四,积极宣传,增强人们对蝴蝶多样性的保护意识等。

5　结论

通过 2016—2018 年对吉林省松嫩平原地区蝴蝶多样性进行调查研究,发现该区域蝴蝶种类数量较少,不同生境类型中蝴蝶个体数量具有一定差异,且不同生境类型蝴蝶群落的组成也存在显著差异。同时,五种生境类型的蝴蝶数量特征在月际与年际间存在动态变化。

本研究明确了吉林省松嫩平原地区蝴蝶种类及多样性特征,为在该地区继续开展蝴蝶多样性监测和调查提供参考数据,并在一定程度上为该地区蝴蝶多样性的保护提供了理论基础。然而,本研究进行蝴蝶多样性调查年限较短,仍然需要通过对该地区蝴蝶多样性进行长期监测和调查,进而深入探讨蝴蝶多样性变化规律及其影响因素,为该区域蝴蝶多样性保护提供新思路。

参考文献(References):

[1] Fisher R A, Steven Corbet A, Williams C B. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. The Journal of Animal Ecology, 1943, 12(1): 42.

[2] 马克平. 试论生物多样性的概念. 生物多样性, 1993, 1(1): 20-22.

[3] 苏宏新, 马克平.生物多样性和生态系统功能对全球变化的响应与适应: 进展与展望. 自然杂志, 2010, 32(6): 344-347, 352.

[4] Yang L H, Gratton C. Insects as drivers of ecosystem processes. Current Opinion in Insect Science, 2014, 2: 26-32.

[5] Thomas J A. Monitoring change in the abundance and distribution of insects using butterflies and other indicator groups. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences, 2005, 360(1454): 339-357.

[6] Grill A, Cleary D F R. Diversity patterns in butterfly communities of the Greek nature reserve Dadia. Biological Conservation, 2003, 114(3): 427-436.

[7] Bonebrake T C, Ponisio L C, Boggs C L, Ehrlich P R. More than just indicators: a review of tropical butterfly ecology and conservation. Biological Conservation, 2010,143(8): 1831-1841.

[8] 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.

[9] 房丽君, 徐海根, 关建玲. 欧洲蝴蝶监测的历史、现状与我国的发展对策. 应用生态学报, 2013, 24(9): 2691-2698.

[10] Corbet A S. The Butterflies of the Malay Peninsula. 4nd ed. Kuala Lumpur: Malaysian Nature Society, 1992.

[11] Pullin A S, McLean I F G, Webb M R. Ecology and conservation of *Lycaena dispar*: British and European perspectives. Ecology and Conservation of Butterflies. Dordrecht: Springer Netherlands, 1995: 150-164.

[12] 马方舟, 徐海根, 陈萌萌, 童文君, 王晨彬, 蔡蕾. 全国蝴蝶多样性观测网络(China BON-Butterflies)建设进展. 生态与农村环境学报, 2018, 34(1): 27-36.

[13] 翁锦泅, 吕文龙, 胡诗佳, 郑基焕, 李志刚. 广东古田自然保护区蝶类群落多样性. 生态学杂志, 2017, 36(1): 132-136.

[14] 李欣芸, 杨益春, 贺泽帅, 杨贵军. 宁夏贺兰山自然保护区蝴蝶群落多样性及其环境影响因子. 环境昆虫学报, 2020, 42(3): 660-673.

[15] 钟华瀚, 胡润涛, 袁李飞, 陈鑫, 石心怡, 周延. 老山国家森林公园蝴蝶物种调查及分析. 江苏林业科技, 2018, 45(6): 34-38, 43.

[16] 郑晓鸣, 王敏彪, 叶和军, 刘萌萌, 李泽建. 丽水白云国家森林公园蝴蝶物种多样性与地理区系分析. 南方林业科学, 2019, 47(1): 15-18, 22.

[17] 魏忠民. 长白山蝴蝶的分布及其物种多样性研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2010.

[18] 刘思, 苏连辉, 王金波. 松花湖自然保护区蝶类群落多样性研究. 吉林林业科技, 2015, 44(1): 40-44.

[19] 周繇. 吉林省石湖自然保护区蝶类资源的调查. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2004, 28(6): 98-102.

[20] 王纯, 王吉, 王直诚, 罗枫, 赵雪松. 吉林省集安地区蝴蝶种类和生态考察报告. 昆虫天敌, 2005, 27(4): 153-159.

[21] 王智颖. 松嫩平原盐碱地分布及空间变化研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2020.

[22] 阎明真, 王力, 杨桂凤, 张笑波. 吉林省蝶类名录. 吉林林学院学报, 1997, 13(3): 176-186.

[23] 胡冰冰, 李后魂, 梁之聘, 赵铁建, 任秀柏. 八仙山自然保护区蝴蝶群落多样性及区系组成. 生态学报, 2010, 30(12): 3226-3238.

[24] Nidup T, Dorji T, Tshering U. Taxon diversity of butterflies in different habitat types in Royal Manas National Park. Journal of Entomology and Zoology Studies, 2014, 2(6): 292-298.

[25] Castro A, Espinosa C I. Seasonal diversity of butterflies and its relationship with woody-plant resources availability in an Ecuadorian tropical dry forest. Tropical Conservation Science, 2015, 8(2): 333-351.

[26] Bobo K S, Waltert M, Fermon H, Njokagbor J, Mühlenberg M. From forest to farmland: butterfly diversity and habitat associations along a gradient of forest conversion in southwestern Cameroon. Journal of Insect Conservation, 2006, 10(1): 29-42.

[27] Harsh S, Jena J, Sharma T, Sarkar P K. Diversity of butterflies and their habitat association in four different habitat types in Kanha-Pench corridor, Madhya Pradesh, India. International Journal of Advanced Research, 2015, 3(1): 779-785.

[28] Asmah S, Ghazali A, Syafiq M, Yahya M S, Peng T L, Norhisham A R, Puan C L, Azhar B, Lindenmayer D B. Effects of polyculture and monoculture farming in oil palm smallholdings on tropical fruit-feeding butterfly diversity. Agricultural and Forest Entomology, 2017, 19(1): 70-80.

[29] 韩大勇, 杨允菲, 李建东. 1981—2005 年松嫩平原羊草草地植被生态对比分析. 草业学报, 2007, 16(3): 9-14.

[30] 冯佩, 钟肖, 叶穗, 马琪琪, 齐静雯, 李传仁, 张建民. 湖北天门地区蝴蝶种类分布及多样性分析. 河南农业大学学报, 2020, 54(4): 650-656.

[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] 苏日娜, 王旭娜, 钱宏革, 白晓拴. 锡林郭勒草原国家级自然保护区蝴蝶群落多样性调查及分析. 生态与农村环境学报, 2020, 36(10): 1301-1308.

[33] 易浪, 董亚坤, 苗白鸽, 彭艳琼. 云南高黎贡山地区蝴蝶群落多样性. 生物多样性, 2021, 29(7): 950-959.

[34] 蒲正宇, 周德群, 姚俊, 史军义.中国蝶类生物多样性生存现状及其新的保护模式探索. 生态经济, 2011, 27(11): 148-151, 165.

[35] Vasconcelos S, Rodrigues P, Palma.L, Mendes L F, Palminha A, Catarino L, Beja P. Through the eye of a butterfly: assessing biodiversity impacts of cashew expansion in West Africa. Biological Conservation, 2015, 191: 779-786.

[36] Habel J C, Schmitt T, Gros P, Ulrich W. Breakpoints in butterfly decline in Central Europe over the last century. Science of the Total Environment, 2022, 851(2): 158315.

[37] van Schalkwyk J V, Pryke J S, Samways M J, Gaigher R. Corridor width and orientation are complementary design variables for butterflies in conservation corridors. Landscape Ecology, 2022, 37(10): 2535-2549.

[38] Quinn R M, Gaston K J, Roy D B. Coincidence in the distributions of butterflies and their foodplants. Ecography, 1998, 21(3): 279-288.

[39] Pocewicz A, Morgan P, Eigenbrode S D. Local and landscape effects on butterfly density in northern Idaho grasslands and forests. Journal of Insect Conservation, 2009, 13(6): 593-601.

[40] Curtis R J, Brereton T M, Dennis R L H, Carbone C, Isaac N J B. Butterfly abundance is determined by food availability and is mediated by species traits. Journal of Applied Ecology, 2015, 52(6): 1676-1684.

[41] 刘欣, 董晶丽, 黄运梅, 曾燕娜, 祝江华, 陈锡昌, 陈翠丽, 陶君.广东象头山国家级自然保护区蝶类资源保护与利用. 特种经济动植物, 2022, 25(6): 84-91.