

网络出版时间:2020-01-14 17:04 DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2020.07.008
网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20200114.1125.016.html

甘肃兴隆山自然保护区蝶类监测与多样性分析

吴兴波¹,周惠丽²,张红勇²,彭鹤年¹,王召龙¹,白映禄¹,尚素琴¹

(1 甘肃农业大学 植物保护学院 甘肃省农作物病虫害生物防治工程实验室,甘肃 兰州 730070;
2 甘肃兴隆山国家级自然保护区管理局,甘肃 榆中 730117)

【摘要】 【目的】通过对兴隆山自然保护区蝴蝶种群动态的长期监测,进一步了解该保护区内的生态环境变化,进而制定科学的保护策略以维护保护区物种多样性。【方法】2016—2018 年连续 3 年对兴隆山自然保护区 5 个林场(麻家寺、官滩沟、兴隆山、马坡和上庄)进行蝶类生物多样性监测,选取 6 条样线,即:样线 I(代家窑)、样线 II(火烧沟)、样线 III(范家山)、样线 IV(香沟门)、样线 V(红庄子)、样线 VI(徐家峡)。计算各样线蝶类多样性指数,包括物种丰富度、优势度指数、均匀度指数和相似性系数等,并分析兴隆山自然保护区蝶类的群落特征和区系组成。【结果】2016—2018 年连续 3 年共采集蝴蝶标本 4 618 号,经鉴定隶属 7 科 64 属 100 种,其中眼蝶科(2 473 号)是保护区的优势类群,喙蝶科(仅 1 号)为保护区的稀有种。多样性分析表明:样线多样性为样线 I>样线 VI>样线 III>样线 IV>样线 II>样线 V,均匀度指数为样线 II>样线 V>样线 VI>样线 I>样线 IV>样线 III,物种丰富度为样线 III>样线 IV>样线 I>样线 VI>样线 V>样线 II。相似性分析表明:样线 II 和样线 V 为极不相似,样线 I 和样线 III、样线 I 和样线 IV、样线 III 和样线 IV 均为中等相似,其余样线两两间为中等不相似。区系组成表明:兴隆山自然保护区 100 种蝴蝶中古北种 56 种,占蝴蝶总种数的 56%;东洋种 2 种,占蝴蝶总种数的 2%;广布种 42 种,占蝴蝶总种数的 42%。【结论】单一生态系统中蝴蝶群落的种数、个体数、多样性指数较低,复杂生态系统的蝴蝶群落具有较高的多样性指数。

【关键词】 兴隆山;自然保护区;蝶类监测;多样性指数;物种丰富度;优势度指数

【中图分类号】 Q969.437.8 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-9387(2020)07-0067-08

Monitoring and diversity analysis of butterflies in Xinglong Mountain National Nature Reserve of Gansu

WU Xingbo¹,ZHOU Huili²,ZHANG Hongyong²,PENG Henian¹,
WANG Zhaolong¹,BAI Yinglu¹,SHANG Suqin¹

(1 Biological Engineering Laboratory of Crop Diseases and Pests of Gansu Province,College of Plant Protection,
Gansu Agricultural University,Lanzhou,Gansu 730070,China;2 Administration of Xinglong Mountain National Nature Reserve in
Gansu Province,Yuzhong,Gansu 730117,China)

Abstract: 【Objective】 Long-term monitoring of butterfly population dynamics was conducted to improve the understanding of changes in ecological environment in Xinglong Mountain Nature Reserve and provide strategies for scientific protection of species diversity. 【Method】 Butterfly diversity monitoring was conducted at five forest stations in Xinglong Mountain National Nature Reserve (Majiasi, Guantangou, Xinglongshan, Mapo and Shangzhuang) for 3 consecutive years during 2016—2018. Six sample lines were set based on different ecological types including line I (Daijiayao), line II (Huoshaogou), line III (Fanjiashan), line IV (Xinggoumen), line V (Hongzhuangzi) and line VI (Xujiaxia). The diversity index, spe-

【收稿日期】 2019-07-04
【基金项目】 环境生态部全国生物多样性监测项目(SDZXWJZ012016034)
【作者简介】 吴兴波(1993—),男,甘肃兰州人,在读硕士,主要从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail:623176249@qq.com
【通信作者】 尚素琴(1972—),女,甘肃兰州人,副教授,博士,主要从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail:Shangsq@gsau.edu.cn

cies richness, similarity coefficients, and the butterfly fauna were calculated and analyzed as well. 【Result】 A total of 4 618 butterflies were collected, belonging to 7 families, 64 genera and 100 species during 2016—2018. The family Satyridae (2 473) was the dominate group, while Libytheidae only had one individual as the rare group. The diversity index was in the order of line I > line VI > line III > line IV > line II > line V. The evenness index was in the order of line II > line V > line VI > line I > line IV > line III. The richness index was in the order of line III > line IV > line I > line VI > line V > line II. The similarity coefficients showed that the species of line II and line V were extremely dissimilar. The species of line I and line III, line I and line IV, as well as line III and line IV were moderately similar, and the species of other lines were moderately dissimilar. The fauna showed that 56 species of Palearctic accounted for 56% of the total butterfly species, 2 species of Oriental species accounted for 2%, and 42 species of Widespread species accounted for 42%. 【Conclusion】 The species number, individual number, diversity index and species richness of butterfly community in single ecosystems were low, while they were high in complex ecosystems.

Key words: Xinglong Mountain; nature reserve; butterfly monitoring; diversity index; species richness; dominance index

生物多样性是人类赖以生存的物质基础,对维持区域可持续发展具有重要意义,研究和保护生物多样性已成为当今世界关注的热点问题^[1-3]。昆虫因生长周期短、易采样、易识别、种群波动大、活动范围小、对环境敏感,故常被选作环境监测的指示类群^[4]。蝶类对周围环境变化敏感,当生境改变时,蝶类会首先做出反应,因此,分析蝴蝶种群的生物多样性,对于环境变化的监测有决定性作用。研究蝶类群落特征与环境之间的变化关系,具有一定的生态学意义^[5-8]。

兴隆山国家级自然保护区位于甘肃省兰州市榆中县境内,属祁连山的东延余脉。其地貌以两大石质山地和山间谷地为主要特征,区内气候多样,大片的林区与茂密的灌丛植被为动物提供了丰富的栖息地和繁衍场所,同时也为蝶类提供了优质的生活环境^[9-10]。张远林等^[10-12]记载该保护区蝶类 4 总科 8 科 70 属 103 种,此后鲜有报道。甘肃农业大学昆虫系统学及多样性课题组自 2012 年开始对该保护区的蝶类进行分类研究,尚素琴等^[13]和田赋斌等^[14]记述兴隆山蝶类 8 科 71 属 128 种。但关于保护区蝶类种群动态变化与其生境之间的关系,尚无文献报道。

近年来,环境恶化及植被减少对蝶类种群动态变化的影响较大,为明确该保护区内蝶类物种多样性变化情况,甘肃农业大学昆虫系统学及多样性课题组于 2016—2018 年连续 3 年在保护区的 5 个林场选取 6 条样线进行蝶类监测,旨在通过对蝴蝶种群动态的长期监测,进一步了解保护区内生态环境的变化,进而制定科学的保护策略,以维护保护区的

物种多样性。

1 材料与方法

1.1 调查样线设置

样区的设定及组成:依据兴隆山自然保护区 5 个林场(兴隆山、麻家寺、马坡、官滩沟、上庄)的地理分布以及生境共设 6 条调查样线,每条样线长 2 km。具体如下:

样线 I (代家窑):位于麻家寺管理站,样线前 600 m 植被主要有花椒、沙棘、榛子、锦儿鸡等;中段 600 m 为农田,主要有胡麻、紫花苜蓿、百合等;接下来的 400 m 是农林交错区,主要有杨树、桦树等阔叶林;最后 400 m 多为灌丛,有少量的阔叶林,海拔 2 195~2 251 m,人为干扰因素适中。

样线 II (火烧沟):位于官滩沟管理站向西 1 km 处,属于封山育林区,海拔 2 295~2 491 m,人为干扰因素较弱,主要植被有油松、落叶松、青海云杉等针阔叶混交林,还有少量灌丛、杂草等。

样线 III (范家山):位于兴隆山景区,主要植被有灌丛和针阔叶混交林,有油松、青海云杉、侧柏、圆柏、刺柏、小檗、沙棘、锦儿鸡等,海拔 2 203~2 322 m,常年进入景区的游客对该生境有较大影响,人为干扰因素适中。

样线 IV (香沟门):位于官滩沟管理站约 2 km 处。前 400 m 为村庄,主要种植百合、玫瑰、油菜等经济作物,周围多为荨麻、藜、野草莓等杂草,还有车前子、党参、大黄、益母草、蒲公英等中草药和红柳、沙棘等灌木丛,海拔 2 109~2 368 m,人为干扰因素相对较弱。

样线 V(红庄子):位于上庄管理站,前 600 m 为高山草甸,多为杂草,海拔 2 595~2 848 m,温度常年较低,人为干扰因素较弱,林区并未发现蝴蝶。

样线 VI(徐家峡):位于马坡管理站向北约 1 km 处,主要有油松、落叶松、桦树、小檗、黄芪、当归、党参等植被,海拔 2 171~2 354 m,人为干扰因素适中。

1.2 调查方法

1.2.1 调查时间 2016—2018 年连续 3 年于每年 5—8 月份调查蝶类发生情况,每月调查 1 次,共计 4 次,时间固定在 09:00—17:00。每条样线采集 1 d。

1.2.2 数据记录 采用网捕法在线路两侧 10 m 范围内进行采集,当场确定的蝴蝶种类记录并将其释放,不能确定的蝴蝶种类编号装入三角纸袋,带回实验室制成针插标本进行鉴定。

1.2.3 蝴蝶标本鉴定 依据《中国蝶类志》^[15]、《中国蝴蝶分类与鉴定》^[16]、《甘肃省小陇山蝶类志》^[17]、《世界蝴蝶分类名录》^[18]等进行蝴蝶种类鉴定。

1.3 数据处理

参考文献,蝶类多样性分析采用以下参数^[19]:

①用 Shannon-Wiener 指数计算物种多样性(H'): $H' = -\sum p_i \ln p_i$, $p_i = N_i/N$ 。

式中: p_i 是第 i 种占该种群个体比例, N_i 为第 i 种的个体数, N 为该种群全部物种的个体总数。

②等级多样性指数: $H'(GS) = H'(G) + H'(S)$ 或 $H'(FGS) = H'(F) + H'(G) + H'(S)$ 。

式中: $H'(GS)$ 为属、种级多样性; $H'(FGS)$ 为科、属、种级多样性,即总多样性; $H'(G)$ 为属级多样性指数; $H'(S)$ 为种级多样性指数; $H'(F)$ 为科级多样性指数。

③用 Margalef 丰富度指数计算物种丰富度: $R = (S-1)/\ln N$ 。

式中: S 为物种数, N 为该种群全部物种的个体总数。

④用 Berger-Perker 指数计算优势度:

$D = N_{\max}/N$ 。

式中: $N_{\max}$ 为优势种的种群数量, N 为该种群全部物种的个体总数。

⑤用 Pielou 指数计算均匀度: $J = H'/\ln S$ 。

式中: H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数, S 为物种数。

⑥用 Jaccard 相似性系数计算生境之间的物种相似性: $I = c/(a+b-c)$ 。

式中: a 为 A 生境的物种数, b 为 B 生境的物种数, c 为 A 和 B 生境的共有物种数。根据 Jaccard 的相似性系数原理,当 I 为 0~0.25 时,为极不相似;当 I 为 0.25~0.50 时,为中等不相似;当 I 为 0.50~0.75 时,为中等相似;当 I 为 0.75~0.10 时,为极相似。

2 结果与分析

2.1 兴隆山自然保护区蝴蝶群落种类及区系组成

2016—2018 年在兴隆山自然保护区连续 3 年共采集蝴蝶标本 4 618 号,经鉴定这 4 618 号蝴蝶标本隶属 7 科 64 属 100 种。由表 1 可知,粉蝶科 7 属 19 种、眼蝶科 15 属 20 种、蛱蝶科 17 属 25 种、灰蝶科 19 属 25 种,分别占蝶类总种数的 19%, 20%, 25%, 25%。凤蝶科种类较少,为 1 属 4 种,喙蝶科在 3 年中仅采集到 1 号标本,经鉴定为朴喙蝶。

在属级,粉蝶属(5 种)为优势属,其次为凤蝶属和眼灰蝶属,均为 4 种,含 3 种的有豆粉蝶属、绢粉蝶属、云粉蝶属、闪蛱蝶属、网蛱蝶属和霾灰蝶属等 6 属; 14 属仅包括 2 种,其余属为单种,有 41 属,占总属数的 64.1%,表明保护区蝴蝶的属级多样性较高。

在种级,13 种蝶类超过了 100 号,为保护区的优势种,其中亚洲白眼蝶 994 号,其次为阿芬眼蝶(446 号)、黄环链眼蝶(407 号)、单环蛱蝶(341 号),其余 9 种均在 100~200。而碧凤蝶、莫氏小粉蝶、白矩朱蛱蝶、孔雀蛱蝶、曲带闪蛱蝶、朴喙蝶等 20 种均为 1 号,是保护区的稀有种;美凤蝶、黑纹粉蝶、东方菜粉蝶、多眼蝶等 14 种的数量少于 5 号,为少见种,建议保护区对这 34 种蝴蝶加以保护。

兴隆山自然保护区蝶类按照动物地理区划分为古北种、东洋种和广布种 3 种,其中古北种 56 种,占蝴蝶总种数的 56%;东洋种 2 种,占总种数的 2%;广布种 42 种,占总种数的 42%。

2.2 兴隆山自然保护区蝴蝶的群落特征

由表 1 可知,在兴隆山自然保护区蝶类中,灰蝶科在属(19 属)、种(25)上最多,眼蝶科数量最多(2 473 号),说明灰蝶科在种类上占明显优势,眼蝶科在数量上占明显优势。兴隆山自然保护区蝶类群落特征如表 2 所示。由表 2 可知,蝶类物种丰富度依次为灰蝶科>蛱蝶科>粉蝶科>眼蝶科>弄蝶科>凤蝶科>喙蝶科,且喙蝶科在 3 年中仅采集到 1 只,是保护区内的稀有种,因而物种丰富度为 0。蝶类均匀度指数为凤蝶科>粉蝶科>灰蝶科>弄蝶

科>蛱蝶科>眼蝶科>喙蝶科;属、种级多样性为灰

科>喙蝶科。优势度指数为喙蝶科>弄蝶科>凤蝶

蝶科>蛱蝶科>粉蝶科>眼蝶科>弄蝶科>凤蝶

科>蛱蝶科>眼蝶科>灰蝶科>粉蝶科。

表 1 兴隆山自然保护区蝴蝶的种类及区系组成

种类 Category			数量 Number							区系 成分 Fauna
科 Family	属 Genus	种 Species	样线 I Line I	样线 II Line II	样线 III Line III	样线 IV Line IV	样线 V Line V	样线 VI Line VI	总计 Total	
凤蝶科 Papilionidae	凤蝶属 <i>Papilio</i>	碧凤蝶 <i>P. bianor</i>	1	0	0	0	0	0	1	W
		柑橘凤蝶 <i>P. xuthus</i>	7	0	0	0	0	0	7	W
		金凤蝶 <i>P. machaon</i>	4	0	1	1	0	0	6	W
		美凤蝶 <i>P. memnon</i>	1	0	1	0	0	0	2	O
粉蝶科 Pieridae	豆粉蝶属 <i>Colias</i>	斑缘豆粉蝶 <i>C. erate</i>	41	0	5	6	1	2	55	P
		橙黄豆粉蝶 <i>C. fieldii</i>	41	0	15	18	33	6	113	W
		黎明豆粉蝶 <i>C. heos</i>	8	0	5	1	6	1	21	P
		暗色绢粉蝶 <i>A. bieti</i>	140	0	1	16	1	0	158	W
	绢粉蝶属 <i>Aporis</i>	箭纹绢粉蝶 <i>A. procris</i>	4	0	52	16	0	57	129	W
		绢粉蝶 <i>A. crataegi</i>	44	3	12	3	1	2	65	W
		钩粉蝶属	63	22	45	9	0	6	145	P
		<i>Gonepteryx</i>	1	7	0	1	0	0	9	O
	粉蝶属 <i>Pieris</i>	尖钩粉蝶 <i>G. mahaguru</i>	1	7	0	1	0	0	9	O
		欧洲粉蝶 <i>P. brassicae</i>	30	0	49	12	0	9	100	W
		菜粉蝶 <i>P. rapae</i>	6	0	2	23	5	7	43	W
		黑纹粉蝶 <i>P. melete</i>	0	2	0	0	0	0	2	W
	云粉蝶属 <i>Pontia</i>	东方菜粉蝶 <i>P. canidia</i>	0	0	3	0	0	0	3	W
		大展粉蝶 <i>P. extensa</i>	0	0	0	1	0	0	1	W
		云粉蝶 <i>P. edusa</i>	3	0	0	5	4	0	14	P
		绿云粉蝶 <i>P. chloridice</i>	1	0	0	0	5	0	6	P
	襟粉蝶属 <i>Anthocharis</i>	箭纹云粉蝶 <i>P. callidice</i>	0	0	1	0	0	0	1	P
		红襟粉蝶 <i>A. cardamines</i>	0	3	4	6	1	0	14	P
	小粉蝶属 <i>Leptidea</i>	莫氏小粉蝶 <i>L. morsei</i>	0	0	0	1	0	0	1	P
		突角小粉蝶 <i>L. amurensis</i>	2	2	1	6	0	0	11	P
眼蝶科 Satyridae	阿芬眼蝶属 <i>Aphantopus</i>	阿芬眼蝶 <i>A. hyperanthus</i>	120	10	55	208	28	25	446	P
	毛眼蝶属 <i>Lasiommata</i>	斗毛眼蝶 <i>L. deidamia</i>	11	0	5	6	0	6	28	W
	舜眼蝶属 <i>Loxerebia</i>	白瞳舜眼蝶 <i>L. saxicola</i>	0	7	0	12	0	0	19	P
		横波舜眼蝶 <i>L. delavayi</i>	1	0	0	41	0	0	42	P
		多眼蝶属 <i>Kirinia</i>	0	0	0	3	0	0	3	P
		<i>K. epaminondas</i>	0	0	0	3	0	0	3	P
	白眼蝶属 <i>Melanargia</i>	亚洲白眼蝶 <i>M. asiatica</i>	321	37	179	366	3	88	994	P
		甘藏白眼蝶 <i>M. ganymedes</i>	0	0	0	7	0	0	7	P
		云眼蝶属 <i>Hyponephele</i>	13	0	8	3	0	1	25	P
		<i>H. lupina</i>	35	2	54	20	1	11	123	P
	链眼蝶属 <i>Lopinga</i>	牧云眼蝶 <i>H. incer</i>	35	2	54	20	1	11	123	P
		黄环链眼蝶 <i>L. achine</i>	114	10	100	102	13	68	407	P
		得链眼蝶 <i>L. deidamia</i>	0	0	1	0	0	2	3	P
		夔眼蝶属 <i>Ypthima</i>	0	0	1	3	0	4	8	W
	珍眼蝶属 <i>Coenonympha</i>	<i>Y. megalomma</i>	0	0	0	0	0	3	3	W
		<i>Y. zyzzomacula</i>	0	0	0	0	0	3	3	W
		牧女珍眼蝶 <i>C. amaryllis</i>	47	0	11	50	13	11	132	P
		藏眼蝶属 <i>Tatinga</i>	0	0	1	3	0	2	6	P
	仁眼蝶属 <i>Eumenis</i>	藏眼蝶 <i>T. tibetana</i>	0	0	1	3	0	2	6	P
	山眼蝶属 <i>Paralasa</i>	仁眼蝶 <i>E. autonoe</i>	20	4	8	10	0	0	42	P
		山眼蝶 <i>P. batanga</i>	1	0	3	0	4	0	8	W
		蛇眼蝶属 <i>Minois</i>	29	4	14	117	0	0	164	P
		蛇眼蝶 <i>M. dryas</i>	29	4	14	117	0	0	164	P
蛱蝶科 Nymphalidae	眼蝶属 <i>Satyrus</i>	玄裳眼蝶 <i>S. ferula</i>	4	0	0	0	0	0	4	P
	红眼蝶属 <i>Erebia</i>	红眼蝶 <i>E. alcmena</i>	7	0	0	2	0	0	9	W
	蛱蝶属 <i>Nymphalis</i>	白矩朱蛱蝶 <i>N. vaar-album</i>	00	0	0	0	1	0	1	W
		福蛱蝶属 <i>Fabriciana</i>	0	0	3	0	0	0	3	W
		蟠福蛱蝶 <i>F. nerippe</i>	7	0	0	17	1	2	27	W
		红蛱蝶属 <i>Vanessa</i>	0	1	2	1	0	2	6	W
	环蛱蝶属 <i>Neptis</i>	小红蛱蝶 <i>V. cardui</i>	2	0	5	1	4	1	13	W
		单环蛱蝶 <i>N. rivularis</i>	31	29	44	57	1	152	314	P
		重环蛱蝶 <i>N. alvina</i>	1	0	4	6	0	9	20	P
		线蛱蝶属 <i>Limenitis</i>	8	4	4	8	0	2	26	W
	孔雀蛱蝶属 <i>Inachis</i>	戟眉线蛱蝶 <i>L. homeyeri</i>	7	0	1	1	0	0	9	W
		蓝线蛱蝶 <i>L. dubernardi</i>	7	0	1	1	0	0	9	W
		孔雀蛱蝶 <i>I. io</i>	0	0	1	0	0	0	1	P
		老豹蛱蝶属 <i>Argyronome</i>	6	12	10	22	0	24	74	W
	斑豹蛱蝶属 <i>Speyeria</i>	老豹蛱蝶 <i>A. laodice</i>	6	12	10	22	0	24	74	W
		银斑豹蛱蝶 <i>S. aglaja</i>	4	0	1	1	1	0	7	P
		闪蛱蝶属 <i>Apatura</i>	0	5	1	0	0	48	54	W
		柳紫闪蛱蝶 <i>A. ilia</i>	0	5	1	0	0	48	54	W
	曲带闪蛱蝶 <i>A. laverna</i>	曲带闪蛱蝶 <i>A. laverna</i>	0	1	0	0	0	0	1	W

表 1(续) Continued table 1

种类 Category			数量 Number							区系成分 Fauna
科 Family	属 Genus	种 Species	样线 I Line I	样线 II Line II	样线 III Line III	样线 IV Line IV	样线 V Line V	样线 VI Line VI	总计 Total	
蛱蝶科 Nymphalidae	宝蛱蝶属 <i>Boloria</i>	细斑闪蛱蝶 <i>A. metis</i>	1	0	0	0	0	0	1	W
		龙女宝蛱蝶 <i>B. pales</i>	0	0	1	0	39	0	40	P
	网蛱蝶属 <i>Melitaea</i>	罗网蛱蝶 <i>M. romanovi</i>	2	0	0	0	0	2	4	W
		大网蛱蝶 <i>M. scotosia</i>	1	0	0	0	0	0	1	W
		菌网蛱蝶 <i>M. agar</i>	0	0	0	4	0	0	4	P
		曲斑珠蛱蝶 <i>I. eugenia</i>	1	0	0	0	19	0	20	P
	珠蛱蝶属 <i>Issoria</i>	网纹蜜蛱蝶 <i>M. dictynna</i>	6	0	4	0	0	0	10	P
	蜜蛱蝶属 <i>Mellicta</i>	荨麻蛱蝶 <i>A. urticae</i>	6	0	1	2	3	0	12	P
	麻蛱蝶属 <i>Aglais</i>	珍蛱蝶 <i>C. gong</i>	4	7	12	20	49	12	104	W
	珍蛱蝶属 <i>Clossiana</i>	中华黄葩蛱蝶 <i>P. sinensis</i>	2	0	1	1	0	3	7	P
葩蛱蝶属 <i>Patsua</i>	钩蛱蝶属 <i>Polygonia</i>	白钩蛱蝶 <i>P. calbum</i>	1	1	1	0	0	7	10	P
灰蝶科 Lycaenidae	新灰蝶属 <i>Neolycaena</i>	白斑新灰蝶 <i>N. tengstroemi</i>	0	0	1	0	0	0	1	P
	眼灰蝶属 <i>Polyommatus</i>	斑眼灰蝶 <i>P. wiskotti</i>	0	0	1	6	0	0	7	P
		仪眼灰蝶 <i>P. icadius</i>	4	0	2	3	0	2	11	P
		多眼灰蝶 <i>P. eros</i>	30	3	30	8	3	14	88	P
		维纳斯眼灰蝶 <i>P. venus</i>	1	0	0	0	0	0	1	P
	璓灰蝶属 <i>Maculinea</i>	璓灰蝶 <i>M. alcon</i>	13	0	0	0	0	0	12	P
		大斑璓灰蝶 <i>M. arionides</i>	0	0	0	0	0	1	1	P
		胡麻璓灰蝶 <i>M. teleia</i>	1	0	0	0	0	0	1	P
		婀灰蝶属 <i>Albulina</i>	婀灰蝶 <i>A. orbitula</i>	0	0	0	0	23	6	29
	斯灰蝶属 <i>Strymonidia</i>	菲斯灰蝶 <i>S. phyllodendri</i>	35	0	0	3	0	1	39	P
	红珠灰蝶属 <i>Lycaeides</i>	红珠灰蝶 <i>L. argyrognomon</i>	0	0	2	1	0	0	3	P
		青海红珠灰蝶 <i>L. qinghaiensis</i>	0	0	0	1	0	0	1	P
		黄灰蝶属 <i>Japonica</i>	黄灰蝶 <i>J. lutea</i>	4	2	4	5	0	18	33
	枯灰蝶属 <i>Cupido</i>	枯灰蝶 <i>C. minimus</i>	0	0	1	8	1	0	10	W
	戈灰蝶属 <i>Glaucopsyche</i>	黎戈灰蝶 <i>G. lycormas</i>	1	0	0	3	2	0	6	P
	金灰蝶属 <i>Chrysozephyrus</i>	裂斑金灰蝶 <i>C. disparatus</i>	2	0	0	0	0	3	5	W
	琉璃灰蝶属 <i>Celastrina</i>	琉璃灰蝶 <i>C. argiola</i>	0	1	2	4	0	0	7	W
	艳灰蝶属 <i>Favonius</i>	亲艳灰蝶 <i>F. cognatus</i>	6	2	1	8	3	7	27	P
	灰蝶属 <i>Lycaena</i>	红灰蝶 <i>L. phlaeas</i>	0	0	0	1	0	0	1	W
	梳灰蝶属 <i>Ahlbergia</i>	尼采梳灰蝶 <i>A. nicevillei</i>	0	0	0	1	0	0	1	W
	点灰蝶属 <i>Agrodiaetus</i>	阿点灰蝶 <i>A. amandus</i>	0	0	0	1	0	0	1	P
	线灰蝶属 <i>Thecla</i>	线灰蝶 <i>T. betulae</i>	0	0	2	0	0	0	2	P
	尧灰蝶属 <i>Iozephyrus</i>	尧灰蝶 <i>I. betulinus</i>	1	0	0	0	0	0	1	P
	洒灰蝶属 <i>Satyrrium</i>	幽洒灰蝶 <i>S. iyonis</i>	13	1	13	17	0	21	65	P
	蓝灰蝶属 <i>Everes</i>	蓝灰蝶 <i>E. argiades</i>	19	0	0	0	0	0	19	W
	弄蝶科 Hesperiidae	珠弄蝶属 <i>Erynnis</i>	珠弄蝶 <i>E. tages</i>	3	0	1	2	0	0	6
深山珠弄蝶 <i>E. montanus</i>			0	0	1	0	0	0	1	P
点弄蝶属 <i>Muschampia</i>		星点弄蝶 <i>M. tessellum</i>	0	0	3	5	0	0	8	P
赭弄蝶属 <i>Ochlodes</i>		小赭弄蝶 <i>O. venata</i>	16	0	12	12	0	7	47	W
		宽边赭弄蝶 <i>O. ochracea</i>	0	0	0	31	0	0	31	W
链弄蝶属 <i>Heteropterus</i>		链弄蝶 <i>H. morpheus</i>	0	0	0	2	0	0	2	P
喙蝶科 Libytheidae	喙蝶属 <i>Libythea</i>	朴喙蝶 <i>L. lepita</i>	0	0	1	0	0	0	1	W
合计			1 359	183	811	1 341	269	655	4 618	

注：P. 古北种；O. 东洋种；W. 广布种。
Note：P. Palaearctic species, O. Oriental species, W. Widespread.

表 2 兴隆山自然保护区蝶类群落特征

Table 2 Characteristics of butterfly community in Xinglong Mountain Nature Reserve

科名 Family	多样性指数 Diversity index			优势度指数 <i>D</i>	均匀度指数 <i>J</i>	物种丰富度 <i>R</i>
	属级 <i>H' (G)</i>	种级 <i>H' (S)</i>	属、种级 <i>H' (GS)</i>			
凤蝶科 Papilionidae	0	1.162 7	1.162 7	0.437 5	0.838 7	1.082 0
粉蝶科 Pieridae	1.509 9	2.307 5	3.817 4	0.177 3	0.783 7	2.650 0
眼蝶科 Satyridae	1.785 3	1.854 4	3.639 7	0.401 9	0.619 0	2.431 8
蛱蝶科 Nymphalidae	1.988 9	2.165 7	4.154 6	0.408 3	0.672 8	3.611 7
灰蝶科 Lycaenidae	2.234 8	2.437 2	4.672 0	0.235 9	0.757 2	4.053 0
弄蝶科 Hesperidae	0.643 7	1.225 6	1.869 3	0.494 7	0.684 0	1.098 0
喙蝶科 Libytheidae	0	0	0	1	0	0

2.3 不同样线蝴蝶群落多样性

由表 3 可以看出,样线 I 的属级、种级和总多样性最高,多样性指数分别为 2.787 1,3.013 3 和 7.001 7,样线 VI 的科级多样性最高,为 1.298 6;样线 IV 的科级多样性最低,为 0.985 2;而样线 I 的科级多样性仅排在样线 IV 之前,为 1.201 3,属级、种级

和总多样性最低的是样线 V,分别为 2.531 3,2.639 1和 6.452 2;物种丰富度样线 III>样线 IV>样线 I>样线 VI>样线 V>样线 II;优势度指数样线 IV>样线 I>样线 VI>样线 III>样线 II>样线 V;均匀度指数样线 II>样线 V>样线 VI>样线 I>样线 IV>样线 III。

表 3 不同生境蝴蝶群落的多样性指数

Table 3 Diversity index of butterfly community in different habitats

样线 Line	多样性指数 Diversity index				优势度指数 D	均匀度指数 J	物种丰富度 R
	科级 H'(F)	属级 H'(G)	种级 H'(S)	总多样性 H'(FGS)			
样线 I Line I	1.201 3	2.787 1	3.013 3	7.001 7	0.236 2	0.730 1	8.455 2
样线 II Line II	1.212 3	2.607 2	2.709 5	6.529 0	0.202 2	0.822 1	4.990 9
样线 III Line III	1.201 4	2.642 7	2.808 3	6.701 2	0.220 7	0.680 4	9.106 8
样线 IV Line IV	0.985 2	2.690 1	2.857 1	6.532 4	0.272 9	0.684 4	8.887 4
样线 V Line V	1.281 8	2.531 3	2.639 1	6.452 2	0.182 2	0.783 7	5.004 7
样线 VI Line VI	1.298 6	2.659 8	2.793 0	6.751 4	0.232 1	0.752 1	6.168 4

总体来看,兴隆山自然保护区蝴蝶群落的物种数、个体数、多样性指数和物种丰富度基本一致。样线 I 和样线 IV 均表显现出较高的物种数、个体数、多样性指数以及物种丰富度,说明这两种生境中的植被类型较多,植物群落稳定而复杂,环境质量相对较好,适合蝶类生存。在兴隆山自然保护区中,亚洲白眼蝶的数量为 994 号,占蝴蝶总数量的 21.5%,是

该保护区的优势种群。

2.4 不同样线蝴蝶群落的相似性

如表 4 所示,样线 II 和样线 V 的相似性系数最低,为 0.244 4,为极不相似;样线 I 和样线 III、样线 I 和样线 IV、样线 III 和样线 IV 的相似性系数均为 0.50~0.75,为中等相似;其余样线两两间的相似性系数均为 0.25~0.50,为中等不相似。

表 4 不同样线中相同蝴蝶种数(对角线上)及相似性系数(对角线下)

Table 4 Species of same butterfly in different lines (above the diagonal) and similarity coefficient (below the diagonal)

样线 Line	样线 I Line I	样线 II Line II	样线 III Line III	样线 IV Line IV	样线 V Line V	样线 VI Line VI
样线 I Line I		20	42	44	24	33
样线 II Line II	0.289 9		23	23	11	17
样线 III Line III	0.512 2	0.348 5		47	23	34
样线 IV Line IV	0.530 1	0.333 3	0.587 5		23	33
样线 V Line V	0.358 2	0.244 4	0.338 2	0.323 9		17
样线 VI Line VI	0.471 4	0.333 3	0.492 8	0.452 1	0.320 8	

3 讨论

3.1 兴隆山自然保护区蝶类的多样性

近年来,人为干扰因素的增加及环境的不断恶化对保护区内蝴蝶资源的影响严重。本研究 2016—2018 年连续 3 年监测共记录蝴蝶 7 科 64 属 100 种,与 2004 年的 8 科 70 属 103 种^[10-12]相比,美凤蝶、大展粉蝶、多眼蝶、曲带闪蛱蝶、霾灰蝶、宽边赭弄蝶等 39 种蝴蝶均为首次发现,而冰清绢蝶、山豆粉蝶、克尔云眼蝶、黄缘蛱蝶、苹果乌灰蝶、花弄蝶等 42 种蝴蝶在此次监测中未观测到。说明保护区内生境变化导致蝶类种群分布格局出现较大差异。同时,碧凤蝶、莫氏小粉蝶、白矩朱蛱蝶、孔雀蛱蝶、曲带闪蛱蝶、朴喙蝶等 20 种蝴蝶种群的数量锐减,其

中朴喙蝶在 3 年间仅发现 1 号,而美凤蝶、黑纹粉蝶、东方菜粉蝶、多眼蝶等 14 种蝴蝶的数量均少于 5 号,若不采取有效措施加以保护与繁殖,此类稀有种群很可能在保护区中消失。由此看来,兴隆山自然保护区内的蝴蝶资源及其环境急需保护。

另外,6 条样线中,农、林生态系统结合的生境中蝶类具有较高的物种数、个体数、多样性指数及丰富度指数,而针阔叶混交林及少量灌丛所组成的林区蝶类物种数、个体数、多样性指数和丰富度指数最低,而均匀度指数最高,这与万方浩等^[20]调查不同季节稻田昆虫群落所得出的结论一致,即当昆虫受到外界环境影响较大时,多样性指数与均匀度指数不一致;在蜜源植物较为丰富,且有适当人为干扰的条件下,蝶类也表现出较高的物种多样性,这一现象

符合“中度干扰假说”^[21-22]。本次调查中灰蝶科在种、属上最多,眼蝶科数量最多,说明这 2 个类群最适应保护区内的环境,凤蝶科和喙蝶科在属、种、个体数 3 个水平上均最少,是兴隆山自然保护区的稀有种群,也是保护区蝶类多样性保护的关键物种。

总之,蝶类多样性及群落结构与生境密切相关,生境的变化及环境的优劣直接影响蝴蝶群落的分布,植被的破坏、环境的恶化以及人为干扰的加剧,均会严重影响蝶类的生长和繁衍,从而制约蝶类的多样性。同时会导致一些对环境较为依赖的物种消失,从而引起蝶类群落的物种多样性和丰富度降低^[23]。因此,保护生态环境是稳定蝶类群落结构最基本、最有效的途径。另外,加强保护区的法制建设,使旅游机构和保护区管理局内部的职能部门相互参与、协调、制约,进行科学管理^[24],从而减少游客对保护区的破坏^[25];适当限制游客进入生态较为薄弱的地区,以免破坏生态而难以恢复^[9,26-29]。

3.2 兴隆山自然保护区蝶类区系

本次监测共记录蝴蝶 7 科 64 属 100 种,区系组成以古北种(56%)和广布种(42%)为主,具有东洋界与古北界相互交汇和渗透的特点,其中古北种占主导地位,且表现出很强的古北界特征,说明古北种对保护区内环境具更强的适应能力,而古北东洋两界共有的广布种既表现出较强的古北种特性,也表现出容易向南渗透的特性。这与兴隆山自然保护区黄粉蝶亚科昆虫的区系分析一致^[30]。

4 结 论

(1)单一生态系统蝴蝶群落的种数、个体数、多样性指数和丰富度指数较低,复杂生态系统蝴蝶群落具有较高的多样性指数及丰富度指数。

(2)人类活动的频繁程度对蝶类群落有较大的影响,使其多样性降低,但适度的影响反而会会增加蝴蝶群落的多样性。

[参考文献]

[1] 马 雄,马怀义,马正学,等. 甘肃尕海-则岔自然保护区蝶类群落及其区系 [J]. 草业科学,2017,34(2):389-395.
Ma X, Ma H Y, Ma Z X, et al. The butterfly community in Gansu Gahai-Zecha National Nature Reserve [J]. Pratacultural Science,2017,34(2):389-395.

[2] 黄海涛,李秋剑,李志锐,等. 澳门蝶类物种多样性及其区系研究 [J]. 环境昆虫学报,2016,38(1):87-94.
Huang H T, Li Q J, Li Z R, et al. A study on the diversity and fauna of the butterfly species in macau [J]. Journal of Environ-

mental Entomology,2016,38(1):87-94.

[3] 顾 伟,马 玲,刘哲强,等. 小兴安岭凉水自然保护区蝶类多样性 [J]. 生态学报,2015,35(22):7387-7396.
Gu W, Ma L, Liu Z Q, et al. Diversity of butterflies in Liang-shui Nature Reserves of Xiaoxing'an Mountains [M]. Acta Ecologica Sinica,2015,35(22):7387-7396.

[4] Anne E Magurran. Ecological diversity and its measurement II [M]. New Jersey: Princeton University Press,1988:81-99.

[5] 林芳森,邓合黎,袁兴中,等. 三峡库区不同生境类型蝶类多样性调查及分析 [J]. 重庆师范大学学报(自然科学版),2012,29(5):26-30.
Lin F M, Deng H L, Yuan X Z, et al. On the butterfly diversity of different habitat types in Three Gorge Reservoir [J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science Edition), 2012,29(5):26-30.

[6] 刘立伟,潘成椿,刘菊莲,等. 九龙山国家级自然保护区蝶类资源与区系 [J]. 生态学杂志,2015,34(12):3438-3442.
Liu L W, Pan C C, Liu J L, et al. Resources and fauna of butterflies in Jiulongshan Mountain National Nature Reserve [J]. Chinese Journal of Ecology,2015,34(12):3438-3442.

[7] 谢嗣光,李树恒,石福明. 四川省九寨沟自然保护区蝶类区系组成及多样性 [J]. 西南大学学报(自然科学版),2004,26(5):584-588.
Xie S G, Li S H, Shi F M. Composition and diversity of butterflies fauna in Jiuzhaigou Nature Reserve, Sichuan province [J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2004,26(5):584-588.

[8] 张云会,王章训,王新谱,等. 宁夏 3 大林区蝶类多样性及其区系特征 [J]. 西部林业科学,2014,43(5):76-80.
Zhang Y H, Wang Z X, Wang X P, et al. Species diversity and fauna characteristics of butterfly in 3 major forest areas of Ningxia province [J]. Western Forestry Science,2014,43(5):76-80.

[9] 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.
Shang S Q, Zhang H Y, Tian F B, et al. Diversity of butterfly fauna in Xinglongshan National Nature Reserve of Gansu province [J]. Pratacultural Science,2017,34(6):1314-1322.

[10] 张远林. 甘肃兴隆山自然保护区的蝴蝶资源(一)(鳞翅目:弄蝶科) [J]. 甘肃林业科技,2000,25(1):37-38.
Zhang Y L. Butterfly resources in Xinglongshan Natural Reserve of Gansu (Lepidoptera: Hesperidae) [J]. Journal of Gansu Forestry Science and Technology,2000,25(1):37-38.

[11] 张远林. 甘肃兴隆山自然保护区的蝴蝶资源(二)(鳞翅目:凤蝶总科,灰蝶总科) [J]. 甘肃林业科技,2002,27(4):17-21.
Zhang Y L. Butterfly resources in Xinglongshan Natural Reserve of Gansu (Lepidoptera: Lycaenoidea) [J]. Journal of Gansu Forestry Science and Technology,2002,27(4):17-21.

[12] 张远林,施泽梅. 甘肃兴隆山自然保护区的蝴蝶资源(三)(鳞翅目:蛱蝶总科) [J]. 甘肃林业科技,2004,29(3):18-21.
Zhang Y L, Shi Z M. Butterfly resources in Xinglongshan Nat-

- ural Reserve of Gansu (Lepidoptera: Nymphaloidea) [J]. Journal of Gansu Forestry Science and Technology, 2004, 29 (3): 18-21.
- [13] 尚素琴, 田赋斌. 甘肃省 13 种粉蝶亚科昆虫的外生殖器观察 [J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2017, 53(1): 89-94.
- Shang S Q, Tian F B. Description of external genitalia of 13 species of butterfly subfamily Pieridae from Gansu province [J]. Journal of Northwest Normal University (Natural Science), 2017, 53(1): 89-94.
- [14] 田赋斌, 周惠丽, 尚素琴. 甘肃省黄粉蝶亚科昆虫记述及地理区系分析 [J]. 甘肃农业大学学报, 2017, 152(5): 83-91.
- Tian F B, Zhou H L, Shang S Q. Description of species and analyzed on fauna of butterfly subfamily Coliadinae from Gansu province [J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2017, 152(5): 83-91.
- [15] 周 尧. 中国蝶类志 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1994: 257-259.
- Zhou Y. Monograph of Chinese butterflies [M]. Zhengzhou: Henan Science and Technological Publishing House, 1994: 257-259.
- [16] 周 尧. 中国蝴蝶分类与鉴定 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1998.
- Zhou Y. Classification and identification of Chinese butterflies [M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Publishing House, 1998.
- [17] 蔡继增. 甘肃省小陇山蝶类志 [M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2011.
- Cai J Z. Monograph of butterflies in Xiaolongshan, Gansu province [M]. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 2011.
- [18] 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.
- Shou J X, Zhou Y, Li Y F. Systematic butterfly names of the world [M]. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 2006.
- [19] 胡冰冰, 李后魂, 梁之聘, 等. 八仙山自然保护区蝴蝶群落多样性及区系组成 [J]. 生态学报, 2010, 30(12): 3226-3238.
- Hu B B, Li H H, Liang Z P, et al. Diversity and fauna of butterflies in Baxian Mountain State Nature Reserves [J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(12): 3226-3238.
- [20] 万方浩, 陈常铭. 综防区和化防区稻田害虫-天敌群落组成及多样性的研究 [J]. 生态学报, 1986, 6(2): 73-84.
- Wan F H, Chen C M. Studies on the structure of the rice Pest-Natural enemy community and diversity under IPM area and chemical control area [J]. Acta Ecologica Sinica, 1986, 6(2): 73-84.
- [21] 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.
- Wang Y P, Wu H, Xu H C. Butterfly diversity and evaluation of forest ecosystem health in important ecological areas of Zhejiang province [J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(11): 5259-5269.
- [22] 卢 涛, 马克明, 倪红伟, 等. 三江平原不同强度干扰下湿地植物群落的物种组成和多样性变化 [J]. 生态学报, 2008, 28 (5): 1893-1900.
- Lu T, Ma K M, Ni H W, et al. Variation in species composition and diversity of wetland communities under different disturbance intensity in the Sanjiang Plain [J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(5): 1893-1900.
- [23] Kitahara M, Sei K. A comparison of the diversity and structure of butterfly communities in semi-natural and human-modified grassland habitats at the foot of Mt. Fuji, central Japan [J]. Biodiversity and Conservation, 2001, 10(3): 331-351.
- [24] Pryke S R, Samways M J. Quality of remnant indigenous grassland linkages for adult butterflies (Lepidoptera) in an afforested African landscape [J]. Biodiversity and Conservation, 2003, 12(10): 1985-2004.
- [25] 孙瑞谦. 浅谈自然保护区生态旅游开发 [J]. 陕西林业科技, 2003(3): 42-46.
- Sun R Q. Development of ecological tourism in Nature Reserves [J]. Shaanxi Forest Science and Technology, 2003(3): 42-46.
- [26] 苑省三. 加强甘肃省自然保护区管理的几点建议 [J]. 环境研究与监测, 1992, 18(2): 44-45.
- Yuan X S. Some suggestions on strengthening the management of Nature Reserves in Gansu province [J]. Environmental Study and Monitoring, 1992, 18(2): 44-45.
- [27] 李朝晖, 黄 成, 虞蔚岩, 等. 江苏省云台山蝶类多样性与区系研究 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2007, 31(3): 122-124.
- Li C H, Huang C, Yu W Y, et al. Study on the diversity and fauna of butterflies in Yuntai Low Mountain, Jiangsu province [J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition), 2007, 31(3): 122-124.
- [28] 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): 793-802.
- Cao T W, Wang R, Dong J M, et al. The diversity and zonal distribution of butterflies in Shanxi province [J]. Acta Entomologica Sinica, 2004, 47(6): 793-802.
- [29] 李进军, 汪有奎. 祁连山自然保护区森林昆虫区系及水平分布规律 [J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(6): 96-99.
- Li J J, Wang Y K. Regularity of horizontal distribution and fauna of forest insects in Qilian Mountain Nature Reserves [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2005, 33(6): 96-99.
- [30] 周惠丽, 尚素琴, 汝 阳, 等. 甘肃兴隆山国家级自然保护区粉蝶多样性研究 [J]. 草原与草坪, 2016, 36(6): 45-48.
- Zhou H L, Shang S Q, Ru Y, et al. Study on butterfly family Pieridae in National Nature Reserve of Xinglong Mountain in Gansu province [J]. Grassland and Turf, 2016, 36(6): 45-48.