•研究报告•

赛罕乌拉自然保护区蝶类多样性及其影响因素

洪雪萌 戈昕宇 李俊兰*

(内蒙古大学生命科学学院, 呼和浩特 010021)

摘要: 为了解赛罕乌拉自然保护区蝶类多样性及其影响因素, 我们于2017年5–9月分别对保护区的典型草原、湿地、山地沟谷草甸、退化草原、农田、山地旱生灌丛、山地中生灌丛等7种生境中的蝴蝶进行观测调查。共记录和采集蝴蝶2,290只, 隶属5科42属63种。蛱蝶科的种类数(34种)和个体数(991只)最多。柑橘凤蝶(*Papilio xuthus*)、云粉蝶(*Pontia daplidice*)、绢粉蝶(*Aporia crataegi*)、荨麻蛱蝶(*Aglais urticae*)、银斑豹蛱蝶(*Speyeria aglaja*)等5种为保护区的优势种。保护区蝶类群落的种–多度曲线呈正态分布模式, 表明保护区生态环境良好, 生境相互重叠, 蝶类活动范围在不同生境中可以延伸。不同生境中蝶类群落种类及数量存在一定差异, 其中山地中生灌丛蝶类群落的多样性指数最高, 优势度指数最低; 退化草原的多样性指数和物种丰富度指数均为最低, 优势度指数最高; 山地沟谷草甸的科、属、种、个体数最多; 退化草原的科、属、种、个体数都是最少。区系组成分析表明广布种占63.49%, 古北种占36.51%。保护区不同生境中蝶类群落多样性特征指数在各月份间有明显差异, 蝴蝶种类及个体数与温度之间呈显著正相关, 与降雨量无显著相关性。综上, 我们认为适当的干扰有利于蝶类多样性发展, 而强烈的人为干扰会严重破坏草场环境, 影响蝶类生存和繁衍, 降低蝶类多样性。

关键词: 蝴蝶; 多样性; 影响因素; 干扰; 赛罕乌拉自然保护区

Butterfly diversity and its influencing factors in Saihanwula Nature Reserve

Xuemeng Hong, Xinyu Ge, Junlan Li*

College of Life Sciences, Inner Mongolia University, Hohhot 010021

Abstract: To explore the factors explaining butterfly diversity in a landscape mosaic of different habitats, we conducted a series of field surveys in the Saihanwula National Nature Reserve. This reserve comprised of seven habitats: typical grassland, wetland, mountain valley meadow, degraded grassland, farmland, mountain xerophytic shrub and mountainous shrub. From May to September 2017, we recorded a total of 2,290 butterfly individuals belonging to 63 species, 42 genera, and 5 families. Nymphalidae, with the most species (34) and the most individuals (991), was the dominant family in the reserve. Five species dominated the community: *Papilio Xuthus*, *Pontia daplidice*, *Aporia crataegi*, *Aglais urticae*, *Speyeria aglaja*. The species–abundance analysis showed a normal distribution model, suggesting a relatively stable community with the range of butterfly activity extending to different habitats due to the continuity of vegetation types. However, we also found that butterfly distribution in Saihanwula was closely related to the distribution and composition of vegetation among habitats. The Mountainous shrub had the highest biodiversity index and the lowest dominance index, whereas degraded grassland had the lowest biodiversity index and species richness, but the highest dominance index. The Mountain valley meadow had the most number of families, genera, species, and individuals, the degraded grassland had the lowest number of families, genera, species, and individuals. Faunal distribution analysis show that widely distributed species occupied 63.49% and Palaearctic species occupied 36.51%. Furthermore, butterfly diversity in the different habitats of the reserve varied significantly between months. Finally, we found that numbers of butterfly individuals and species increased with higher temperatures, while rainfall had no significant correlation. In conclusion, We believe that appropriate interference is conducive to the development of butterfly diversity, strong human disturbance seriously destroyed

收稿日期: 2018-01-24; 接受日期: 2018-04-10

基金项目: 国家自然科学基金(31460111)和环境保护部生物多样性保护专项资助项目

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: lijunlan@imu.edu.cn

grassland environment, affected butterfly survival and reproduction, and reduced butterfly diversity.

Key words: butterfly; diversity; influencing factors; interference; Saihanwula Nature Reserve

生物多样性是人及其他动植物赖以生存的物质基础,而昆虫多样性是生物多样性的的重要组成部分(梅杰等,2015)。随着经济的快速发展,生物栖息地退化、碎片化以及环境污染问题日益突出。利用昆虫种群与生境之间的关系,选取有效的指示物种来监测生境变化,已成为生物多样性的研究热点,对于维持生态平衡也至关重要。

蝴蝶属昆虫纲鳞翅目锤角亚目(李照广等,2017),因其个体较大、易于观察和鉴定、对寄主相对专一(刘立伟等,2015)、对栖息地环境质量要求较高、能够快速响应生境特征的变化,而且由于环境变化导致其形态及生活史特征的变化易于对比,从而被选为环境质量、生境破碎化、生态恢复、气候变化的可靠指示生物(张立微和张红玉,2016;谭灿等,2017)。早在20世纪50年代,欧洲国家就已将蝶类作为环境变化及优劣的指示物种,对蝶类种类及数量的观测调查已持续了60多年,形成了较完整的蝴蝶监测体系(房丽君等,2013)。我国关于蝶类的调查仍处于起步阶段,大多数保护区内开展的蝶类多样性调查研究主要集中在蝴蝶种类及群落结构方面(吴雨恒等,2016),如:李密(2011)、梅杰等(2015)、翁锦泓等(2017)。但这些调查时间短、调查区域小、数据链不完整,蝴蝶多样性应进行长时间、大范围、定期、定点的动态观测。

内蒙古位于中国北疆,偏远辽阔,对蝶类的研究报道极少,仅有的几篇报道也只是停留在初步的种类调查阶段,对蝶类多样性及其结构和功能、区系分析、影响因素等均无介绍。2016年环境保护部设立了全国蝶类生物多样性保护项目,本单位申请赛罕乌拉作为观察点,对蝶类多样性及群落变化进行长期定点动态监测,以期对保护区蝴蝶资源保护、生态系统健康评价、生物多样性保护提供基础资料。

1 研究方法

1.1 观测地点

赛罕乌拉国家级自然保护区位于内蒙古自治区赤峰市巴林右旗北部,地处大兴安岭南段山地。

地理坐标为118°18′–118°55′ E, 43°59′–44°27′ N, 平均海拔850–1,850 m, 总面积100,400 km² (陈乐等, 2013)。保护区属中温带半湿润温寒气候区,冬季寒冷漫长、降雪量少,夏季炎热短促、昼夜温差大,秋季气温下降快,年平均气温2℃,最高气温29℃,最低气温–32℃,无霜期在100 d左右(陈乐等, 2013)。年均降水量约400 mm,主要集中在6–8月(哈琴等, 2013; 贾晓燕等, 2014)。该区属森林草原交错带,植被以森林为主,主要树种为山杨(*Populus davidiana*)、白桦(*Betula platyphylla*)、蒙古栎(*Quercus mongolica*)、天然华北落叶松(*Larix princeps-ruprechtii*)、虎榛子(*Ostryopsis davidiana*)、山杏(*Prunus sibirica*)等。草原、草甸、河流也有较大范围分布(张书理等, 2008)。

在保护区内选择典型草原、湿地、山地沟谷草甸、退化草原、农田、山地旱生灌丛、山地中生灌丛等7种生境,每种生境设置1条样线(图1),每条样线长2 km,各划分为10个样段,每样段长200 m。按照中华人民共和国国家环境保护标准HJ710.9-2014将干扰强度分为:(1)强:生境受到严重干扰,植被基本消失,野生动物难以栖息繁衍。(2)中:生境受到干扰,植被部分消失,但在干扰停止或消失后,植被仍可恢复。(3)弱:生境受到一定干扰,植被基本保持自然生长状态,对野生动物栖息繁衍影响不大。(4)无:生境没有受到干扰,植被保持原始状态,对野生动物栖息繁衍没有影响。各生境详细情况如下:

(1)典型草原:位于实验区,海拔1,030–1,033.5 m。植被主要为多年生旱生草本植物,以禾本科、豆科、菊科植物为主,伴生有小半灌木。5月中下旬,早春植物如细叶白头翁(*Pulsatilla turczaninowii*)、马蔺草(*Iris ensata*)、狼毒花(*Stellera chamaejasme*)等相继开花;6月中下旬,气温升高,大多数植物及针茅类展开新叶,大麻(*Cannabis sativa*)、黄芩(*Scutellaria baicalensis*)等竞相开放;7月,在降水及温度适宜的条件下,禾本科及草本植物最为茂盛,夹杂着紫苜蓿(*Medicago sativa*)、鞭挞狗娃花(*Heteropappus tataricus*)、草木犀(*Melilotus officinalis*)等。8月中下旬进入牧民剪草的大忙时节,有中度人为干扰,直

图1 赛罕乌拉自然保护区蝴蝶调查样线分布情况

Fig. 1 Distribution of the survey line of butterfly in Saihanwula Nature Reserves (black line)

到9月植物完成生长周期前被全部割掉。

(2)湿地: 位于实验区, 海拔971.25–972.2 m。植被主要为半灌木及多年生草本植物, 以菊科冷蒿(*Artemisia frigida*)、禾本科狗尾草(*Setaria viridis*)及节节麦(*Aegilops tauschii*)为主, 还有玉米等农作物。靠近居民区, 有鸡鸭鹅马牛羊等家禽和牲畜活动, 也有居民的耕作活动, 为中度干扰。8月强降雨引起水涝灾害, 样线被破坏。

(3)山地沟谷草甸: 位于核心区, 海拔1,093.5–1,129.75 m。主要为灌木与草本植物, 伴生有落叶乔木, 植被生长茂盛。5月蔷薇科稠李(*Prunus padus*)、海棠花(*Malus spectabilis*)等生长茂盛, 开白色花朵。6月气温升高, 榆树(*Ulmus pumila*)、桦树(*Betula ermanii*)等新叶相继展开, 草本植物茂密。7–8月为生长茂盛期, 灌木、乔木等交错生长。9月气温降低, 进入秋季, 花朵及叶片凋落。此生境仅有高校及研究所定期进行观测调查, 干扰为弱。

(4)退化草原: 位于保护区外, 海拔913.75–914 m, 地表半裸露至裸露, 草场退化, 仅有小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)一种植物, 少有杂草覆盖。因过度放牧, 草场荒漠化, 有强烈人为干扰。

(5)农田: 位于保护区外, 海拔875–881.75 m,

是林农交错带, 靠近河流, 以人工林为主, 杨柳科、松科等植物丰富, 伴生有高大禾草芦苇(*Phragmites australis*)等。此处土壤为沙土, 土壤凝聚力差, 靠近河流, 土壤流失严重, 主要受中度居民耕作及放牧干扰。

(6)山地旱生灌木: 位于缓冲区与核心区边界, 海拔1,104.25–1,189.25 m, 在山坡坡体上, 灌木及草本植物茂密, 主要为山杏灌木及禾本科杂草, 伴生少数乔木。人为干扰程度弱, 只有高校及研究所的观测行为。

(7)山地中生灌木: 位于核心区, 海拔1,139.75–1,203.25 m, 常见高大乔木, 天然华北落叶松、白桦、白杨(*Populus tomentosa*)等生长茂盛, 稠李、海棠花等灌木与草本植物也茂密排布, 这里气候湿润, 几乎无人为干扰。

1.2 观测时间和方法

野外调查于2017年5–9月进行, 每隔20天调查1次。选择晴朗无大风的天气, 强风或雨天顺延, 调查时间选择蝶类活动频繁的10:00–16:00。调查采用Poolard路线样带法, 从起点开始使用GPS进行线路追踪, 并在每个样段起始点进行打点标识。以1.5–2 km/h的速度徒步观测记录或网捕样线两边宽

2.5 m、由地面向上5 m范围内的蝴蝶。将采集到的蝴蝶掐胸部致死装入硫酸纸制成的三角袋内, 记录采集时间、地点、采集人、样线、样段等信息, 带回实验室制成标本、分类统计, 物种鉴定参照《中国蝴蝶分类与鉴定》和《中国蝶类志》(周尧, 1994, 1998)。

1.3 数据处理

通过Google Earth定位系统对观测轨迹进行位点校对, KML格式导出。群落多样性的衡量参数包括物种数、Shannon-Wiener多样性指数(H'); Margalef物种丰富度指数(R)、Simpson优势度指数(D)、Pielou均匀度指数(J)等(李佳琳等, 2011; 顾伟等, 2015; 周光益等, 2016), 各指数计算公式如下:

$$H' = -\sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i); P_i = N_i/N \quad (1)$$

$$R = (S - 1) / \ln N \quad (2)$$

$$D = \sum_{i=1}^S (P_i)^2 \quad (3)$$

$$J = H' / \ln S \quad (4)$$

式中, S 为调查区内蝶类的种数, P_i 为第 i 种的个体数占总个体数的比例, N 为所有种的个体总数, N_i 为种 i 的个体数。

定义个体数所占比例超过所在生境个体总数5%以上的为优势种, 1–5%的为常见种, 0.5–1%的为少见种, 不足0.5%的为稀有种。

根据本实验所得蝴蝶种类及个体数情况, 选 $\log_3$ 作为标尺, 在 X 轴为 $\log_3$ 标尺的倍程刻度(即1, 2–4, 5–13, 14–40, 40–121……各个倍程), Y 为普通算术刻度的半对数直角坐标系中, 以蝴蝶个体数为横坐标, 种类数为纵坐标绘制种–多度曲线。

利用Office Excel 2010和SPSS 18软件对数据进行多样性及Pearson相关性分析。降水及气温数据由内蒙古赤峰市巴林右旗气象局提供。

2 结果

2.1 赛罕乌拉保护区蝶类群落组成及区系特征

共采集和记录蝴蝶63种2,290只, 隶属于5科42属(表1)。从科级组成上看, 蛱蝶科的属、种及个体数最多, 共计21属34种991只, 占总种类数的53.97%, 总个体数的43.28%, 为保护区的科级优势

类群; 粉蝶科个体数(765只)仅次于蛱蝶科, 占总个体数的33.40%, 但种类较少, 只有6属10种; 凤蝶科、灰蝶科的属、种及个体数较少, 共占个体总数的22.45%; 弄蝶科的种类数和个体数最少, 仅占个体总数的0.8%, 为科级水平的稀有类群。从属级组成上看, 蝶类群落以单种属为主, 共有27属, 占总属数的64.29%, 其余15属为多种属, 占总属数的35.71%。不同生境的优势类群有所差异, 但粉蝶属、环蛱蝶属、蛱蝶属等仍为主要属, 是保护区优势类群。从种级组成上看, 优势种5种, 即, 柑橘凤蝶(*Papilio xuthus*)、云粉蝶(*Pontia edusa*)、绢粉蝶(*Aporia crataegi*)、荨麻蛱蝶(*Aglaia urticae*)、银斑豹蛱蝶(*Speyeria aglaja*)。常见种19种, 其余为少见种和稀有种。区系组成分析表明: 广布种40种, 占63.49%; 古北种23种, 占36.51%(表1)。

不同生境中蝶类群落种类及数量存在一定差异。有微弱干扰的山地沟谷草甸有49种973只, 其中柑橘凤蝶、荨麻蛱蝶、绢粉蝶、银斑豹蛱蝶、单环蛱蝶(*Neptis rivularis*)的数量较多, 共占此生境总个体数的51.18%, 为山地沟谷草甸的优势种; 折线蛱蝶(*Limenitis sydyi*)、朱蛱蝶(*Nymphalis xanthomelas*)、黎戈灰蝶(*Glaucopsyche lycormas*)等14种蝶类的个体数占此生境总数的1–5%, 为常见种; 小豹蛱蝶(*Brenthis daphne*)、红线蛱蝶(*Limenitis populi*)等12种为少见种, 斑缘豆粉蝶(*Colias erate*)等18种为稀有种。凤蝶科虽仅有2属3种, 但柑橘凤蝶的个体数量极多, 为此生境的优势类群, 表现出强烈的适应性。无人干扰的山地中生灌丛有45种503只, 绢粉蝶、柑橘凤蝶、单环蛱蝶、折线蛱蝶、银斑豹蛱蝶、白矩朱蛱蝶(*Nymphalis vau-album*)的数量较多, 共占此生境个体总数的52.08%, 为山地中生灌丛的优势种, 尖钩粉蝶(*Gonepteryx mahaguru*)、红线蛱蝶、朱蛱蝶等17种为常见种, 荨麻蛱蝶、花弄蝶(*Pyrgus maculatus*)、大网蛱蝶(*Melitaea scotosia*)等13种为少见种, 其余9种为稀有种。此生境中凤蝶科和粉蝶科个体数多, 蛱蝶科的种类较多。中度人为干扰的湿地有18种290只, 云粉蝶、荨麻蛱蝶、斑缘豆粉蝶、菜粉蝶(*Pieris rapae*)共占个体总数的80.34%, 为此生境的优势种, 其中云粉蝶一种就占56.21%, 表现出对此生境强烈的适应性。绢粉蝶、柑橘凤蝶等7种为常见种, 小豹蛱蝶、昙梦灰蝶(*Thersamonia*

表1 赛罕乌拉国家级自然保护区不同生境的蝴蝶种类与数量
Table 1 Species and individual number of butterflies in different habitats in Saihanwula National Nature Reserve

科 Family	属 Genus	种 Species	生境 Habitat type							总计 Total	区系成分 Fauna composition
			I	II	III	IV	V	VI	VII		
凤蝶科 Papilionidae	凤蝶属 <i>Papilio</i>	金凤蝶 <i>Papilio machaon</i>	3		7		1			11	W
		柑橘凤蝶 <i>Papilio xuthus</i>	2	9	222		2	23	58	316	W
	绢蝶属 <i>Parnassius</i>	小红珠绢蝶 <i>Parnassius nomion</i>			4				4	8	W
粉蝶科 Pieridae	绢粉蝶属 <i>Aporia</i>	绢粉蝶 <i>Aporia crataegi</i>	8	14	67	1		84	63	237	W
		小槲绢粉蝶 <i>Aporia hippia</i>			22				6	28	W
	云粉蝶属 <i>Pontia</i>	云粉蝶 <i>Pontia edusa</i>	73	163	18	6	19	13	12	304	W
	粉蝶属 <i>Pieris</i>	菜粉蝶 <i>Pieris rapae</i>	11	19	9		4	6	10	59	W
	小粉蝶属 <i>Leptidea</i>	突角小粉蝶 <i>Leptidea amurensis</i>	1		25			4	6	36	P
	钩粉蝶属 <i>Gonepteryx</i>	尖钩粉蝶 <i>Gonepteryx mahaguru</i>			2				19	21	W
	豆粉蝶属 <i>Colias</i>	斑缘豆粉蝶 <i>Colias erate</i>	2	20	4		35		2	63	W
		黑缘豆粉蝶 <i>Colias palaeno</i>							1	1	P
		镏金豆粉蝶 <i>Colias chrysotheme</i>			8			3		11	P
		橙黄豆粉蝶 <i>Colias fieldii</i>							5	5	W
蛱蝶科 Nymphalidae	环蛱蝶属 <i>Neptis</i>	单环蛱蝶 <i>Neptis rivularis</i>			52			15	41	108	W
		重环蛱蝶 <i>Neptis alwina</i>			25			8	11	44	W
		黄环蛱蝶 <i>Neptis themis</i>			1			1	8	10	W
	线蛱蝶属 <i>Limenitis</i>	折线蛱蝶 <i>Limenitis sydyi</i>	2		46			12	40	100	W
		红线蛱蝶 <i>Limenitis populi</i>			8				16	24	W
		扬眉线蛱蝶 <i>Limenitis helmanni</i>			19				17	36	W
		戟眉线蛱蝶 <i>Limenitis homeyeri</i>			1					1	P
	闪蛱蝶属 <i>Apatura</i>	柳紫闪蛱蝶 <i>Apatura iris</i>		3	2				16	21	W
		夜迷蛱蝶 <i>Mimathyma nycteis</i>		2	9			7	1	19	P
	云蛱蝶属 <i>Brenthis</i>	小豹蛱蝶 <i>Brenthis daphne</i>	1	2	9	3		8	5	28	W
	网蛱蝶属 <i>Melitaea</i>	大网蛱蝶 <i>Melitaea scotosia</i>	3	1	5				3	12	P
		帝网蛱蝶 <i>Melitaea diamina</i>						8		8	P
	红蛱蝶属 <i>Vanessa</i>	小红蛱蝶 <i>Vanessa cardui</i>		3	1			2		6	W
		大红蛱蝶 <i>Vanessa indica</i>	2	6				1		9	W
	钩蛱蝶属 <i>Polygonia</i>	白钩蛱蝶 <i>Polygonia calbum</i>			3					3	W
		黄钩蛱蝶 <i>Polygonia c-aureum</i>							1	1	W
	麻蛱蝶属 <i>Aglais</i>	荨麻蛱蝶 <i>Aglais urticae</i>	10	31	95		3	2	5	146	W
	蛱蝶属 <i>Nymphalis</i>	白矩朱蛱蝶 <i>Nymphalis vau-album</i>			37			6	26	69	W
		朱蛱蝶 <i>Nymphalis xanthomelas</i>		6	43				10	59	W
	蜜蛱蝶属 <i>Mellicta</i>	网纹蜜蛱蝶 <i>Mellicta dictynna</i>			12				6	18	P
	斑豹蛱蝶属 <i>Speyeria</i>	银斑豹蛱蝶 <i>Speyeria aglaja</i>	5		62			13	34	114	P
		灿福蛱蝶 <i>Fabriciana adippe</i>		1	20	1		1	5	28	W
	豹蛱蝶属 <i>Argynnis</i>	绿豹蛱蝶 <i>Argynnis paphia</i>			17			9	1	27	W
	斐豹蛱蝶属 <i>Argyronome</i>	老豹蛱蝶 <i>Argyronome laodice</i>			9					9	W
	链眼蝶属 <i>Lopinga</i>	黄环链眼蝶 <i>Lopinga achine</i>			4					4	P
	珍眼蝶属 <i>Coenonympha</i>	爱珍眼蝶 <i>Coenonympha oedippus</i>			6			16	5	27	W
		英雄珍眼蝶 <i>Coenonympha hero</i>			3				7	10	W
		牧女珍眼蝶 <i>Coenonympha amaryllis</i>						3		3	W
	炫黑眼蝶属 <i>Atercoloratus</i>	炫黑眼蝶 <i>Atercoloratus alini</i>			5		1			6	P

表1 (续) Table 1 (continued)

科 Family	属 Genus	种 Species	生境 Habitat type							总计 Total	区系成分 Fauna composition
			I	II	III	IV	V	VI	VII		
灰蝶科 Lycaenidae	阿芬眼蝶属 <i>Aphantopus</i>	阿芬眼蝶 <i>Aphantopus hyperantus</i>							3	3	P
	多眼蝶属 <i>Kirinia</i>	多眼蝶 <i>Kirinia epaminondas</i>			11			4	8	23	W
	蛇眼蝶属 <i>Minois</i>	蛇眼蝶 <i>Minois dryas</i>		1	7			2	3	13	W
	蟾眼蝶属 <i>Triphysa</i>	蟾眼蝶 <i>Triphysa phryne</i>	1							1	P
	白眼蝶属 <i>Melanargia</i>	白眼蝶 <i>Melanargia halimede</i>			1					1	P
	新灰蝶属 <i>Neolycaena</i>	白斑新灰蝶 <i>Neolycaena tengstroemi</i>				33			1	34	W
	眼灰蝶属 <i>Polyommatus</i>	多眼灰蝶 <i>Polyommatus erotides</i>			1					1	P
	爱灰蝶属 <i>Aricia</i>	中华爱灰蝶 <i>Aricia mandschurica</i>	4		2		1	4		11	P
	红珠灰蝶属 <i>Lycaeides</i>	红珠灰蝶 <i>Lycaeides argyrognomon</i>	1	2	1	2	4	1	4	15	P
		青海红珠灰蝶 <i>Lycaeides qinghaiensis</i>			1	4		2	1	8	P
	琉璃灰蝶属 <i>Celastrina</i>	琉璃灰蝶 <i>Celastrina argiolus</i>		5			1	1		7	W
	蓝灰蝶属 <i>Everes</i>	蓝灰蝶 <i>Everes argiades</i>	2		18			5	6	31	W
	线灰蝶属 <i>Thecla</i>	线灰蝶 <i>Thecla betulae</i>			1			3	1	5	W
	灰蝶属 <i>Lycaena</i>	斑貉灰蝶 <i>Lycaena virgaureae</i>			5				6	11	P
		昙梦灰蝶 <i>Thersamonia thersamon</i>		2						2	P
	豆灰蝶属 <i>Plebejus</i>	豆灰蝶 <i>Plebejus argus</i>	1							1	W
	戈灰蝶属 <i>Glauropsyche</i>	黎戈灰蝶 <i>Glauropsyche lycormas</i>			40			3	5	48	P
	洒灰蝶属 <i>Satyrrium</i>	刺痣洒灰蝶 <i>Satyrrium spini</i>			1				4	5	P
弄蝶科 Hesperiidae	链弄蝶属 <i>Heteropterus</i>	链弄蝶 <i>Heteropterus morpheus</i>						1	1	P	
	花弄蝶属 <i>Pyrgus</i>	花弄蝶 <i>Pyrgus maculatus</i>	1		2				4	7	W
		北方花弄蝶 <i>Pyrgus alveus</i>							12	12	W
总计	Total		133	290	973	50	71	270	503	2,290	

I: 典型草原; II: 湿地; III: 山地沟谷草甸; IV: 退化草原; V: 农田; VI: 山地旱生灌丛; VII: 山地中生灌丛。P: 古北种; W: 广布种
I, Typical grassland; II, Wetland; III, Mountain valley meadow; IV, Degraded grassland; V, Farmland; VI, Mountain xerophytic shrub; VII, Mountainous shrub. P, Palearctic species; W, Widely distributed species

thersamon)等4种为少见种, 大网蛱蝶等3种为稀有种。山地旱生灌丛有弱的人为干扰, 共有31种270只, 绢粉蝶、柑橘凤蝶、爱珍眼蝶(*Coenonympha oedippus*)、单环蛱蝶为优势种, 占个体总数的51.1%, 云粉蝶、折线蛱蝶等18种为常见种, 小红蛱蝶(*Vanessa cardui*)等4种为少见种, 其余5种为稀有种, 此生境蛱蝶种类数较多, 但个体数很少。有剪草等中度人为干扰的典型草原共有19种133只, 优势种为云粉蝶、菜粉蝶、荨麻蛱蝶、绢粉蝶, 占总个体数的76.69%, 银斑豹蛱蝶、中华爱灰蝶(*Aricia mandschurica*)等9种为常见种, 共占个体总数的18.80%, 其余为少见种, 无稀有种。农田主要受耕作及放牧的中度干扰, 共有10种71只, 优势种为斑缘豆粉蝶、云粉蝶、红珠灰蝶(*Lycaeides argyrognomon*)和菜粉蝶, 共占个体总数的87.32%, 常见种为荨麻蛱蝶、柑橘凤蝶等6种。在湿地、山地

旱生灌丛、典型草原中粉蝶科的不同种都表现出较强的适应性, 是保护区内的优势类群。受强烈干扰的退化草原有7种50只, 仅白斑新灰蝶(*Neolycaena tengstroemi*)占个体总数的66%, 为优势种, 其余6种为常见种。

2.2 不同生境蝶类群落种-多度分析

保护区蝶类群落的种-多度曲线(图2)呈现正态分布, 处于第4-5倍程的个体数量较大的优势种和处于第1倍程的个体数仅为1的稀有种在群落中只占少数, 绝大多数物种数量居中。不同生境蝶类群落种-多度曲线的分析结果表明(图3): 山地沟谷草甸、山地旱生灌丛、山地中生灌丛蝶类呈现出对数正态分布模式, 其中山地中生灌丛的拟合效果最好, 山地沟谷草甸、山地旱生灌丛次之。稀有种和优势种较少, 而处于中间的常见物种很多, 大多数蝶类都表现出了较高的适应性; 湿地生境为不典型的对

图2 赛罕乌拉保护区蝶类群落种-多度曲线

Fig. 2 Species-abundance curve for the butterflies in Saihanwula Nature Reserve

图3 不同生境蝶类群落种-多度曲线

Fig. 3 Species-abundance curves for butterfly in different habitats

数正态分布模式, 优势种少, 稀有种和常见种有增多趋势。典型草原、退化草原、农田生境都表现为

对数级数模型, 符合生态位优先占领假说, 即群落中物种对资源的占有表现为逐级占领趋势。典型草原中常见种和优势种极少, 主要集中在少见种; 退化草原、农田生境均表现出稀有种较多而常见种很少的特征。

2.3 不同生境蝶类群落多样性

不同生境蝶类群落多样性差异显著: 无人为干扰的山地中生灌丛的多样性指数、丰富度指数和均匀度指数最高, 优势度指数最低; 有适宜人为干扰的山地沟谷草甸中蝴蝶的科、属、种以及个体数均最高, 且多样性指数、丰富度指数仅次于山地中生灌丛; 受到强烈干扰的退化草原蝴蝶的多样性指数和丰富度指数最低, 优势度指数最高, 且蝴蝶的科、属、种以及个体数均最少, 但均匀度指数湿地最低, 退化草原较湿地略高(表2)。

2.4 不同生境蝶类群落多样性的时序动态

不同生境中蝶类群落多样性指数在各月份间有明显差异(图4)。各生境5-6月均逐渐升高, 其中山地旱生灌丛、山地中生灌丛在7月达到最大值, 其余生境在6月达到最大值, 这与6-7月温度升高蝶类羽化进入高峰期、寄主植物最为繁茂适合蝶类生存和繁衍密切相关。8月各生境多样性指数均逐渐下降, 但湿地、山地沟谷草甸、退化草原、农田生境在8-9月还有一定的波动。

各生境均匀度指数总体上较平稳, 只有退化草原生境波动较大, 在7月和9月分别出现两个高峰。典型草原在5-7月较平稳, 之后随时间的推移逐渐

表2 不同生境蝴蝶群落的多样性指数

Table 2 Diversity indices of butterfly community in different habitats

生境 Habitat type	科数 Family	属数 Genera	种数 Number of species	个体数 Individual number	多样性指数 Diversity index (H')	均匀度指数 Evenness index (J)	优势度指数 Dominance index (D)	物种丰富度指数 Species richness index (R)
I	5	18	19	133	1.835	0.623	0.322	3.681
II	4	16	18	290	1.701	0.589	0.341	2.998
III	5	36	49	973	3.026	0.778	0.085	6.976
IV	3	6	7	50	1.185	0.609	0.462	1.534
V	4	9	10	71	1.500	0.651	0.324	2.111
VI	4	25	31	270	2.732	0.796	0.124	5.359
VII	5	32	45	503	3.222	0.846	0.059	7.073
合计 Total	5	42	63	2,290				

I: 典型草原; II: 湿地; III: 山地沟谷草甸; IV: 退化草原; V: 农田; VI: 山地旱生灌丛; VII: 山地中生灌丛。

I, Typical grassland; II, Wetland; III, Mountain valley meadow; IV, Degraded grassland; V, Farmland; VI, Mountain xerophytic shrub; VII, Mountainous shrub.

图4 不同生境蝶类群落的多样性指数(H')、均匀度指数(J)、优势度指数(D)、个体数(N)和种类数(S)的时序动态

Fig.4 Temporal dynamics of the diversity index, evenness index, dominance index, individual number and species number of butterfly community in different habitat

降低;湿地、山地沟谷草甸和农田生境在5-7月较为平稳,8月明显下降,9月又升高,推测是由于9月降水逐渐减少,蛱蝶及粉蝶数量回升,使均匀度升高;山地旱生灌丛和山地中生灌丛在调查期内无较大波动,在8月达到最大值后逐渐降低。

优势度指数表现为:湿地、山地旱生灌丛、山地中生灌丛都在9月达到最高值,推测是由于9月气温降低、寄主植物减少,蝶类种类和数量减少,导致优势度升高;典型草原、山地沟谷草甸、退化草原的优势度在8月达到最大值。8月因受降雨影响生境破坏较大,草木萧疏,典型草原中仅粉蝶科分布、山地沟谷草甸中蝶类种类及数量大幅减少、退化草原仅灰蝶科少数种存在。农田生境的优势度指

数波动较大,5月为最高值,8月为最低值,可能是8月农作物在雨水滋润下生长旺盛,为喜食十字花科的蝶类提供食物和生存空间,因而优势度最低,5月生存条件差仅有粉蝶科少数种分布,优势度最高。

各生境个体数与种类数随月份变化呈现相同规律,退化草原和山地旱生灌丛的个体数在6月达到最大值,其余样线最大值在7月,之后逐渐减少。湿地和退化草原的种类数在6月达到最大值,其余生境在7月达到最大值,之后逐渐减少。这是由于6-7月温度适宜,寄主植物、蜜源植物等生长茂密,凤蝶科、粉蝶科、蛱蝶科等处于高发期,此时蝶类在种类和数量上都处于高产时期,而8月开始多种蝶类进入发生末期,仅蛱蝶科、粉蝶科分布,蝶类

分布表现出明显的季节性。

2.5 蝶类多样性与温湿度相关性分析

赛罕乌拉保护区最高气温出现在7月,而降水期主要集中在7-8月(图5),5月冰雪消融并有少量降水,6月降水少、气温高,出现较短炎热干早期。Pearson相关性分析结果表明(表3),月平均温度与蝴蝶种类数和个体数呈显著正相关($P = 0.885$, $P = 0.928$),是影响蝶类种类和数量的主要因子。6、7月的平均温度分别为 27.4°C 和 30.9°C ,适宜的温度使蝶类种类和个体数均增多。降雨量与蝴蝶种类和个体数无显著相关性,7、8月份降水增多,破坏生境资源,降低了蝴蝶的种类和数量。6月蝴蝶种类数达到最大值(50),个体数是在7月最多(979)。月平均温度与月降水量无显著相关性。

图5 赛罕乌拉保护区月平均温度(a)和月降雨量(b)
Fig. 5 Mean monthly temperature (a) and rainfall (b) at Saihanwula Nature Reserve

表3 气候因素与蝶类种类与个体数的Pearson相关性分析

Table 3 Correlation (Pearson's) between climatic factors and butterfly species and individuals

	种类数 Species number	个体数 Individual number	月平均温度 Mean monthly temperature	月降雨量 Mean monthly rainfall
种类数 Species number	1	0.981**	0.885*	0.371
个体数 Individual number		1	0.928*	0.460
月平均温度 Mean monthly temperature			1	0.732
月降雨量 Mean monthly rainfall				1

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

3 讨论

7种生境中,具有适当干扰活动的山地沟谷草甸中蝴蝶的科、属、种、个体数均最高,可能是因为适当的干扰活动可以帮助植物传粉、受精,有利于植物种群的扩大,从而增加蝶类寄主植物的丰富度,更利于蝶类多样性发展。几乎无人为干扰的山地中生灌丛,阔叶和针叶的高大乔木占据优势生态位,植被郁闭度较大,导致低矮灌木和草本植物减少,植被垂直分布不均匀,蝶类繁殖和栖息受到影响,数量减少。研究结果符合在八仙山(胡冰冰等, 2010)、甘肃兴隆山(尚素琴等, 2017)、宁夏云雾山典型草原(陈芙蓉等, 2013)中均证实过的中度干扰假说。退化草原因放牧土壤沙化,植物生长受到限制,仅有小叶锦鸡儿一种植被,蝶类生存繁殖受到威胁,种类及数量严重减少,多样性指数和物种丰富度指数均为最低,科、属、种、个体数都是最少,优势度指数最高。农田是由靠近河流的草场垦草造田形成,蝴蝶种类也主要集中在喜食十字花科的种类,如云粉蝶等。典型草原、退化草原、农田生境蝶类群落的种-多度曲线都表现为对数级数模型,这3种生境的人为干扰程度都为中至强烈,生境破坏较严重,蝶类寄主植物较少,主要为农作物及人工林,所以蝶类以喜食十字花科植物的粉蝶类和以杨柳为寄主的蛱蝶类为主。

蝶类体温随外界温度的变化而改变,温度升高可缩短蝴蝶幼虫和蛹的成熟时间,使羽化提前,温度降低则会延长蝶类发育历期和滞育时段、降低蝴蝶飞行速度和生长速度等(Jia et al, 2010; 李密, 2010)。保护区6-7月温度适宜,寄主植物丰富、蜜源植物较多,为蝶类的取食、栖息、躲避天敌、飞行、产卵等提供了良好的场所,是一年中蝶类生存环境最佳的时段。各生境蝶类群落多样性指数、种

类数、个体数在6–7月达到最高值。许多研究表明降雨量与蝶类种类和个体数呈负相关, 降雨影响蝶类食物和生境, 且雨水会冲走部分在土壤浅层及枯枝落叶层的幼虫和蛹, 增加死亡率, 降低蝴蝶的种类和数量(贾玉珍等, 2010; Jia, 2010)。但本研究显示蝶类种类和个体数与降雨无相关性, 可能与调查选择晴朗天气, 观测时间为全天气温相对较高、蝶类活动频繁的时段有关, 有待进一步深入研究。

综上所述, 赛罕乌拉保护区整体生境较稳定, 适宜蝶类生存繁殖, 但退化草原、农田、湿地等由于干扰较强烈, 环境质量遭到破坏, 植被物种丰富度下降, 蝶类及其他物种多样性也降低。建议保护区适当减少人为干扰以恢复生境, 保护蝶类群落多样性。

致谢: 感谢全国蝴蝶观测成员在标本鉴定中提供的帮助; 感谢赛罕乌拉自然保护区工作人员及当地居民的支持与配合。

参考文献

- Chen FR, Cheng JM, Liu W, Zhu RB, Yang XM, Zhao XY, Su JS (2013) Effects of different disturbances on diversity and biomass of communities in the typical steppe of loess region. *Acta Ecologica Sinica*, 33, 2856–2866. (in Chinese with English abstract) [陈芙蓉, 程积民, 刘伟, 朱仁斌, 杨晓梅, 赵新宇, 苏纪帅 (2013) 不同干扰对黄土区典型草原物种多样性和生物量的影响. *生态学报*, 33, 2856–2866.]
- Chen L, Feng J, Liu XL, Li F, Xie SL (2013) Characteristics of algae flora and community in Saihanwula Nature Reserve, Inner Mongolia. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 37, 376–382. (in Chinese with English abstract) [陈乐, 冯佳, 刘晓铃, 李峰, 谢树莲 (2013) 赛罕乌拉自然保护区藻类植物区系及群落结构特征. *水生生物学报*, 37, 376–382.]
- Fang LJ, Xu HG, Guan JL (2013) History and present status of butterfly monitoring in Europe and related development strategies for China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 24, 2691–2698. (in Chinese with English abstract) [房丽君, 徐海根, 关建玲 (2013) 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*, 24, 2691–2698.]
- Gu W, Ma L, Liu ZQ, Jiao Y, Wang LD, Zhang C, Sun H, Sun MO (2015) Diversity of butterflies in Liangshui Nature Reserve of Xiao Xing'an Mountains. *Acta Ecologica Sinica*, 35, 7387–7396. (in Chinese with English abstract) [顾伟, 马玲, 刘哲强, 焦玥, 王利东, 张琛, 孙虎, 孙美欧 (2015) 小兴安岭凉水自然保护区蝶类多样性. *生态学报*, 35, 7387–7396.]
- Ha Q, Wang MJ, Chang GJ, Chen HJ, Shan YM, Huang F (2013) The vegetation carbon density and distribution of different grassland patterns in Saihanwula National Nature Reserve. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 27(4), 41–46. (in Chinese with English abstract) [哈琴, 王明玖, 常国军, 陈海军, 单玉梅, 黄帆 (2013) 赛罕乌拉国家级自然保护区不同草地类型植被碳密度及其分配. *干旱区资源与环境*, 27(4), 41–46.]
- Hu BB, Li HH, Liang ZP, Zhao TJ, Ren XB (2010) Diversity and fauna of butterflies in Baxian Mountain State Nature Reserves. *Acta Ecologica Sinica*, 30, 3226–3238. (in Chinese with English abstract) [胡冰冰, 李后魂, 梁之聘, 赵铁建, 任秀柏 (2010) 八仙山自然保护区蝴蝶群落多样性及区系组成. *生态学报*, 30, 3226–3238.]
- Jia XY, Wang XJ, Niu JM, Zhang WJ, Liu YJ (2014) Water conservation services of different vegetation types in the Saihan-Ulla National Nature Reserve. *Arid Zone Research*, 31, 495–501. (in Chinese with English abstract) [贾晓燕, 王晓江, 牛建明, 张文军, 刘玉军 (2014) 赛罕乌拉国家级自然保护区不同植被类型水源涵养服务特征. *干旱区研究*, 31, 495–501.]
- Jia YZ (2010) Study on Quantitative Dynamics of Insect along Successional Gradient in Broad-leaved and Korean Pine Mixed Forests in the Changbai Mountain, China. PhD dissertation, Beijing Forestry University, Beijing. (in Chinese with English abstract) [贾玉珍 (2010) 长白山阔叶红松林不同演替阶段昆虫数量动态研究. 博士学位论文, 北京林业大学, 北京.]
- Jia YZ, Zhao XH, Meng QF (2010) Effects of temperature and rainfall on composition and diversity of butterfly in broad-leaved and Korean pine mixed forest in the Changbai Mountains, China. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 16, 7–12.
- Li JL, Pei HY, Liu DJ, Yang HS, Zhang YQ, Luo ZW (2011) Diversity of butterfly species in different habitats in Shengjiadian Forest Areas. *Journal of Environmental Entomology*, 33, 308–314. (in Chinese with English abstract) [李佳琳, 裴海英, 刘德江, 杨洪升, 张雨奇, 罗志文 (2011) 申家店林区不同生境蝶类多样性调查. *环境昆虫学报*, 33, 308–314.]
- Li M (2011) Studies on Conservation Biology of Butterfly in Wuyunjie National Nature Reserve. PhD dissertation, Hunan Agricultural University, Changsha. (in Chinese with English abstract) [李密 (2011) 乌云界国家级自然保护区蝴蝶保护生物学研究. 博士学位论文, 湖南农业大学, 长沙.]
- Li ZG, Yin W, Zhong W, Xiong JW, Hu HY (2017) An investigation of butterfly resources in mountain steppe of Xarxili Nature Reserve, Xinjiang. *Journal of Xinjiang University (Natural Science Edition)*, 34, 218–222. (in Chinese with English abstract) [李照广, 尹弯, 钟问, 熊嘉武, 胡红英 (2017) 新疆夏尔希里自然保护区山地草原带蝴蝶资源调查. *新疆大学学报(自然科学版)*, 34, 218–222.]
- Liu LW, Pan CC, Liu JL, He L (2015) Resources and fauna of

butterflies in Jiulongshan Mountain National Nature Reserve. *Chinese Journal of Ecology*, 34, 3438–3442. (in Chinese with English abstract) [刘立伟, 潘成椿, 刘菊莲, 何亮 (2015) 九龙山国家级自然保护区蝶类资源与区系. *生态学杂志*, 34, 3438–3442.]

Mei J, Ran H, Yang TY, Xu QZ (2015) Species diversity of butterflies in Fanjing Mountain National Nature Reserve of Guizhou. *Chinese Journal of Ecology*, 34, 504–509. (in Chinese with English abstract) [梅杰, 冉辉, 杨天友, 许勤智 (2015) 贵州梵净山国家级自然保护区蝴蝶多样性. *生态学杂志*, 34, 504–509.]

Shang SQ, Zhang HY, Tian FB, Ru Y, Zhou HL (2017) Diversity of butterfly fauna in Xinglongshan National Nature Reserve of Gansu Province. *Pratacultural Science*, 34, 1314–1322. (in Chinese with English abstract) [尚素琴, 张红勇, 田赋斌, 汝阳, 周惠丽 (2017) 甘肃省兴隆山国家级自然保护区蝶类区系组成与多样性. *草业科学*, 34, 1314–1322.]

Tan C, Wang TY, Wang L, Fan DM, Ma J, Liu CH (2017) Butterfly diversity of different interference habitats in Nanniwan wetland. *Chinese Journal of Ecology*, 36, 2840–2846. (in Chinese with English abstract) [谭灿, 王亭贻, 王璐, 樊德苗, 马娟, 刘长海 (2017) 南泥湾不同干扰湿地蝶类多样性. *生态学杂志*, 36, 2840–2846.]

Weng JQ, Lü WL, Hu SJ, Zheng JH, Li ZG (2017) Butterfly species diversity in Gutian Provincial Nature Reserve, Guangdong. *Chinese Journal of Ecology*, 36, 132–136. (in Chinese with English abstract) [翁锦泓, 吕文龙, 胡诗佳, 郑基焕, 李志刚 (2017) 广东古田自然保护区蝶类群落多样性. *生态学杂志*, 36, 132–136.]

Wu YH, Gu ZR, Liao CL, Wang XY, Gu Q, Xiang Y (2016) Research progress of butterflies diversity in the Badagongshan National Nature Reserve. *Study on Insect in Central*

China, 12, 124–128. (in Chinese with English abstract) [吴雨恒, 谷志容, 廖春林, 王秀英, 谷祺, 向阳 (2016) 八大公山国家级自然保护区蝴蝶多样性研究进展. *华中昆虫研究*, 12, 124–128.]

Zhang LW, Zhang HY (2016) Research progress in butterfly as indicators for habitat change. *Journal of Biology*, 33(3), 88–91. (in Chinese with English abstract) [张立微, 张红玉 (2016) 蝶类对生境的指示作用研究进展. *生物学杂志*, 33(3), 88–91.]

Zhang SL, Yong WY, Yang YX, Lu ZX, Zhang F, Li GL (2008) Study on the vegetation classification in Saihanwula Nature Reserve. *Journal of Inner Mongolia University (Natural Science Edition)*, 39, 74–79. (in Chinese with English abstract) [张书理, 雍伟义, 杨永昕, 卢朝霞, 张帆, 李桂林 (2008) 赛罕乌拉自然保护区植被分类研究. *内蒙古大学学报(自然科学版)*, 39, 74–79.]

Zhou GY, Gu MB, Gong YN, Wang SK, Wu ZM, Xie GG (2016) Diversity and fauna of butterflies in Nanling National Nature Reserve. *Journal of Environmental Entomology*, 38, 971–978. (in Chinese with English abstract) [周光益, 顾茂彬, 龚粤宁, 王胜坤, 吴仲民, 谢国光 (2016) 南岭国家级自然保护区蝴蝶多样性与区系研究. *环境昆虫学报*, 38, 971–978.]

Zhou Y (1994) *Monographia Rhopalocerorum Sinensium*. Henan Science and Technology Press, Zhengzhou. (in Chinese) [周尧 (1994) 中国蝶类志. 河南科学技术出版社, 郑州.]

Zhou Y (1998) *Classification and Identification of Chinese Butterflies*. Henan Science and Technology Publishing House, Zhengzhou. (in Chinese) [周尧 (1998) 中国蝴蝶分类与鉴定. 河南科学技术出版社, 郑州.]

(责任编辑: 黄晓磊 责任编辑: 闫文杰)