



陕北地区黄陵县与榆阳区蝴蝶多样性

孙明,王兴,郭子坤,胡凯,袁向群

(西北农林科技大学 植物保护学院,陕西杨陵 712100)

摘要 通过对黄陵县及榆阳区蝴蝶多样性监测,旨在为陕北地区蝴蝶资源本底调查和环境监测提供基础数据。2016年5月至2018年8月在陕西省延安市黄陵县和榆林市榆阳区进行蝴蝶多样性监测,统计蝴蝶种类及群落多样性,并比较两样区各样线的蝴蝶资源相似性,共记录蝴蝶11 989号,隶属于5科54属78种。黄陵县共记录5科51属72种,蛱蝶科多样性指数和丰富度指数最高,而榆阳区共计5科34属43种,灰蝶科多样性指数和丰富度指数最高,两样区蝴蝶群落动态存在差异,黄陵县5月的蝴蝶物种丰富度最高,而榆阳区6月的丰富度最高。对不同样线蝴蝶多样性分析表明,黄陵县样区内各样线蝴蝶多样性指数、均匀度和丰富度均高于榆阳区。两样区蝴蝶物种组成相似度为0.47,为中等不相似,10条样线共有种10种。研究结果表明,蝴蝶多样性与生境关系密切,样区植物资源丰富,蝴蝶物种多样性和丰富度高。

关键词 蝴蝶;生物多样性;相似性;黄陵县;榆阳区

蝴蝶隶属于鳞翅目(Lepidoptera)有喙亚目(Glossata)双孔次亚目(Ditrysia)^[1],在野外易于识别、捕捉和鉴定,对栖息环境的要求较高,并且对气候、光线、栖息地植被及不断发生的微环境变化十分敏感,能够快速响应生境特征的变化^[2],蝴蝶的生态特性和生境要求多样,不同地区蝴蝶种类组成、分布、种群数量及群落结构等特征可直接反映该地生态系统健康及生物多样性状况^[3]。蝶类多样性一定程度上可以替代植物多样性,方便快捷地指示生境的质量^[4-5]。气候变化^[6]、人类活动对生境的干扰^[7]、生态环境质量的好坏^[8]、生态环境的风险评估与预警^[9]等都可通过蝴蝶多样性来了解,因此蝴蝶常被作为环境监测的有效指示物种,用于监测区域环境变化^[10]。

陕北地区在行政区划上包括榆林和延安两个地级市,为温带半干旱大陆性季风气候。西北部气温干燥,年平均气温8~12℃,年平均降水量350~600 mm^[11],具有典型的半荒漠、荒漠化生态环境多样性和独特的自然地理景观;东南部年平均气温8.5~12℃,年平均降水量为500~650 mm^[12]。榆阳区位于榆林市境内,处毛乌素沙地与黄土高原过渡地带,区域内生态环境比较脆

弱^[13];黄陵县位于陕西省中部偏西,延安市南部,属于典型的黄土高原丘陵沟壑地貌,温带大陆性季风气候,是国内生态环境脆弱区。目前对榆阳区和黄陵县的蝴蝶资源尚未进行过研究,缺乏较系统的多样性调查与评估。

本研究作为全国蝴蝶多样性观测的一部分,在延安市黄陵县和榆林市榆阳区各设置5条样线,于2016—2018年蝴蝶活动频繁期进行12次调查,旨在比较两地蝴蝶群落结构特点,并为陕北地区蝴蝶资源本底调查和环境监测提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

黄陵县地处陕西省延安市南部(108°36′—109°27′E,35°20′—35°49′N),多为以崂为主的崂梁沟壑丘陵区,以梁为主的黄土梁状低山塬沟壑区,植物资源丰富,森林覆盖率较高,平均海拔为1 000 m,年均日照时长2 413 h,年平均温度11.2℃,最热月7月的月最高气温28.27℃,最冷月1月的月最低气温-9.34℃,年降水量556 mm。榆阳区位于陕西省北部、榆林市中部(108°58′—110°24′E,37°49′—38°58′N),地理环

收稿日期:2022-06-20 修回日期:2022-10-30

基金项目:国家自然科学基金(31970448,31770503);生态环境部生物多样性保护专项(SZXWJZ1011)。

第一作者:孙明,女,硕士研究生,研究方向为昆虫系统学。E-mail:sunming@nwsuaf.edu.cn

通信作者:袁向群,男,研究员,主要从事昆虫系统学研究。E-mail:yuanxq@nwsuaf.edu.cn

境独特,是中国半干旱地区过渡为干旱地区的农牧交错带^[14],包括北部风沙草滩区和南部黄土丘陵沟壑区,是典型的大陆性季风气候,四季冷暖分明,植被覆盖率较低,水文条件较差,年均日照时长 2 502 h,年均温度 8.3℃,最热月 7 月的月最高气温 30.0℃,最冷月 1 月的月最低气温

-15.1℃,年降水量 412 mm。

1.2 样线设置

分别在陕北地区的延安市黄陵县(图 1 左)和榆阳区榆阳区(图 1 右)设置两样区,在每个样区内,沿公路、小径、步道设置 5 条样线(表 1),每条样线长度 2 km,并将样线划分成 10 个样段,每样

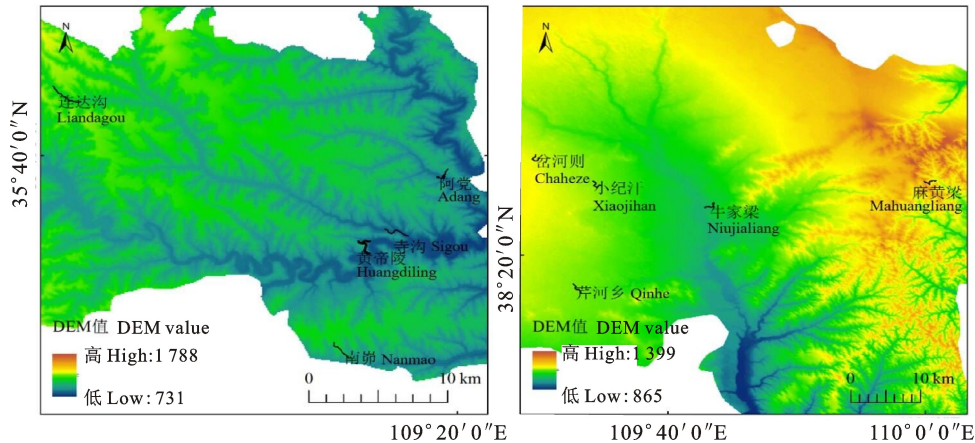


图 1 黄陵县(左)和榆阳区(右)蝴蝶调查样线分布情况

Fig. 1 Distribution of surveyon transects of butterflies in Huangling county (left) and Yuyang district (right)

表 1 黄陵县与榆阳区蝴蝶多样性调查样线信息

Table 1 Line transect information of survey on diversity of butterflies in Huangling county and Yuyang district

地区 Area	样线 Transects	生境 Habitat	人为干扰 Interference	海拔范围/m Elevation range	位置 Location
黄陵县 Huangling county	A1 寺沟 Sigou	灌丛;主要植被包括灌丛,玉米,杂草 Shrubs; the main vegetations include shrubs, corns, weeds	采矿;干扰强度弱 Mining; medium intensity of interference	793~806	109°18'8"—109°17'52"E, 35°36'27"—35°36'50"N
	A2 阿党 Adang	灌丛,采伐地 Shrubs, logging land	道路交通;干扰强度中等 Road traffic; medium intensity of interference	844~969	109°17'22"—109°17'42"E, 35°36'17"—35°35'59"N
	A3 黄帝陵 Huangdiling	灌木林采伐迹地;植被类型包括灌丛,乔木,杂草 Shrubbery and logging land; the vegetation types include shrubs, arbor forests, weeds	采伐,放牧;干扰程度中等 Cutting, grazing; medium intensity of interference	787~855	109°16'12"—109°16'26"E, 35°35'24"—35°35'8"N
	A4 连达沟 Liandagou	落叶阔叶林与玉米田交错 Broad leaved deciduous forest interspersed with cornfields	喷洒农药;干扰强度中等 Pesticide spraying; medium intensity of interference	1 034~1 072	109°16'14"—109°15'58"E, 35°34'11"—35°34'35"N
	A5 南郊 Nanmao	旱田;主要植被为玉米,杂草 Dry farmland; the main vegetaions include corns, weeds	耕作;干扰强度中等 Farming; medium intensity of interference	883~910	109°15'12"—109°15'50"E, 35°32'2"—35°31'23"N
榆阳区 Yuyang district	B1 芹河乡 Qinhe	风沙草滩区;旱田;主要植物种类包括玉米,马铃薯,杂草,油松,小叶杨,杨槐 Wind-sand grassland area; dry farmland; the main vegetaions include corns, potatoes, weeds, <i>Pinus tabulaformis</i> , <i>Populus simonii</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i>	毁草开垦;干扰强度中等 Ruined grass land reclamation; medium intensity of interference	1 154~1 157	109°32'43"—109°33'15"E, 38°17'9"—38°16'49"N
	B2 小纪汗乡 Xiaojihan	风沙草滩区;旱田;主要植被包括玉米,杂草,柳树 Wind-sand grassland area; dry farmland; the main vegetaions include corns, weeds, willows	耕作;干扰强度中等 Farming; medium intensity of interference	1 159~1 162	109°34'43"—109°34'21"E, 38°25'58"—38°26'11"N
	B3 岔河则乡 Chaheze	沙漠;主要植物种类苜蓿、沙蒿、马铃薯、杂草 Desert; the main vegetaions include alfalfa, sand sagebrushes, potatos, weeds	毁草开垦;干扰强度中等 Ruined grass land reclamation; medium intensity of interference	1 186~1 187	109°30'0"—109°30'0"E, 38°28'30"—38°28'11"N
	B4 牛家梁镇 Niujialiang	煤矿恢复区;乡村;主要植物种类包括玉米,杂草,柳树 Coal mine recovery area; rural area; the main vegetaions include include corns, weeds, willows	耕作,放牧;干扰程度中等 Farming, grazing; medium intensity of interference	1 076~1 092	109°43'1"—109°43'31"E, 38°23'46"—38°24'14"N
	B5 麻黄梁镇 Mahuangliang	黄土沟壑区;乡村;主要植被为杂草,玉米,马铃薯 Loess gully region; rural area; the main vegetaions include weeds, corns, potatos	耕作;干扰程度中等 Farming; medium intensity of interference	1 214~1 293	109°59'55"—110°0'31"E, 38°26'16"—38°26'18"N

段 200 m。

1.3 调查方法

调查时间为 2016—2018 年每年 5 月至 8 月,于每月月末进行观测,每次调查时间不超过 5 d。根据《生物多样性观测技术导则——蝴蝶》(HJ710.9-2014)调查观测,观测人员保持固定,观测时沿样线缓慢匀速前行,速度 1~1.5 km/h,记录样线左右 2.5 m、上方 5 m、前方 5 m 范围内见到的所有蝴蝶的种类和数量。若蝴蝶数量过大,登记估计值或使用相机拍摄后计数,对于不能确定的种类,网捕后进行鉴定,种类确定后原地释放;当场不能确定的种类,少量网捕并编号,带回实验室鉴定^[15-16]。

采用目前国际通用的 5 科分类系统,依据《中国蝴蝶图鉴》^[1]《中国蝶类志》^[17]《中国蝴蝶分类与鉴定》^[18]《中国灰蝶志》^[19]和《中国动物志昆虫纲第 55 卷鳞翅目弄蝶科》^[20]等参考资料进行种类鉴定。

1.4 数据分析

利用 Excel 2010 和 SPSS 19.0 对调查记录的结果进行整理,计算 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数、Simpson 优势度指数、Margalef 丰富度指数和 Jaccard 相似性系数以进行蝶类多样性分析与相似性分析^[21]。

Shannon-Wiener 公式: $P_i = N_i/N$, $H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$

式中 N_i 为第 i 种的个体数, N 为总个体数; P_i 为第 i 种的个体数占总个体数的比例。

Pielou 均匀度指数(J)公式: $J = H'/\ln S$, 式中 S 为物种总数。

Simpson 优势度指数(D)公式:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S \frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Margalef 丰富度指数(R)公式: $R = (S - 1)/\ln N$

Jaccard 相似性系数(C_j)公式: $C_j = j/(a + b - j)$

j 为两个群落或样地共有种数; a 和 b 分别为样地 A 和样地 B 的物种数。根据 Jaccard 相似性系数原理,当 $C_j = 0.00 \sim 0.25$ 时,为极不相似;当 $C_j = 0.25 \sim 0.50$ 时,为中等不相似;当 $C_j = 0.50 \sim 0.75$ 时,为中等相似;当 $C_j = 0.75 \sim 1.00$ 时,为极相似^[22]。

2 结果与分析

2.1 黄陵县与榆阳区蝴蝶群落特征

2016—2018 年共记录蝴蝶标本 11 989 号,经鉴定隶属于粉蝶科、凤蝶科、蛱蝶科、弄蝶科及灰蝶科 5 科 54 属 78 种,其中蛱蝶科的属、种、个体数最多,多样性指数(2.383 8)以及丰富度指数(4.200 5)最高;凤蝶科的属、种数最少,丰富度指数(0.599 5)最低,其优势度指数(0.654 8)最高;弄蝶科个体数最少,有 363 号,均匀度指数(0.715 9)最高;黄陵县共记录 5 科 51 属 72 种 5 805 号(表 2),其中蛱蝶科属、种及个体数最多(24 属 33 种),多样性指数(2.480 6)及丰富度指数(4.063 0)最高;凤蝶科 3 属 5 种,多样性指数(1.003 3)及丰富度指数(0.603 9)最低,优势度指数(0.491 9)最高。榆阳区共记录标本 5 科 34 属 43 种 6 184 号(表 3),灰蝶科的属、种、个体数最多(10 属 12 种),多样性指数(1.695 1)及均匀度指数(0.682 2)最高,优势度指数(0.242 2)最低;凤蝶科属、种、个体数最少(2 属 3 种)。

2.2 黄陵县和榆阳区蝴蝶群落时间动态

2016—2018 年调查结果显示,黄陵县 5—8 月共有种包括斑缘豆粉蝶(*Colias erate*)、菜粉蝶(*Pieris rapae*)、灿福蛱蝶(*Fabriciana adippe*)、橙县灰蝶(*Lycaena dispar*)、豆灰蝶(*Plebejus argus*)、多眼灰蝶(*Polymmatos eros*)、柑橘凤蝶(*Papilio xuthus*)、红珠灰蝶(*Lycaeides argyrognomon*)、黄钩蛱蝶(*Polygonia c-aureum*)、金凤蝶(*Papilio machaon*)、孔雀蛱蝶(*Inachis io*)、

表 2 黄陵县蝴蝶群落数量特征

Table 2 Quantitative characteristics of butterfly communities in Huangling county

科名 Family	属数 No. of genus	种数 No. of species	个体数 No. of individuals	多样性指数(H') Diversity index	均匀度指数(J) Evenness index	优势度指数(D) Dominance index	丰富度指数(R) Species richness index
粉蝶科 Pieridae	7	13	1 244	1.338 7	0.521 9	0.373 5	1.684 0
凤蝶科 Papilionidae	3	5	753	1.003 3	0.623 4	0.491 9	0.603 9
灰蝶科 Lycaenidae	10	13	866	2.010 5	0.783 8	0.170 8	1.774 1
蛱蝶科 Nymphalidae	24	33	2 633	2.480 6	0.709 4	0.143 3	4.063 0
弄蝶科 Hesperidae	7	8	309	1.540 1	0.740 6	0.262 3	1.220 9

表 3 榆阳区蝴蝶群落数量特征

Table 3 Quantitative characteristics of butterfly communities in Yuyang district

科名 Family	属数 No. of genus	种数 No. of species	个体数 No. of individuals	多样性指数(H') Diversity index	均匀度指数(J) Evenness index	优势度指数(D) Dominance index	丰富度指数(R) Species richness index
粉蝶科 Pieridae	4	6	2 618	1.067 7	0.595 9	0.394 7	0.635 3
凤蝶科 Papilionidae	2	3	37	0.333 0	0.303 1	0.843 8	0.553 9
灰蝶科 Lycaenidae	10	12	1 952	1.695 1	0.682 2	0.242 2	1.451 8
蛱蝶科 Nymphalidae	14	18	1 523	1.102 4	0.381 4	0.552 3	2.319 7
弄蝶科 Hesperidae	4	4	54	0.854 7	0.616 6	0.505 9	0.752 1

蓝灰蝶 (*Everes argiades*)、老豹蛱蝶 (*Argyro-nome laodice*)、琉璃灰蝶 (*Celastrina argiola*)、绿豹蛱蝶 (*Argynnis paphia*)、牧女珍眼蝶 (*Coenonympha amaryllis*)、霓纱燕灰蝶 (*Rapala nissa*)、麝凤蝶 (*Byasa alcinous*)、小红蛱蝶 (*Vanessa cardui*)、小环蛱蝶 (*Neptis sappho*)、扬眉线蛱蝶 (*Limenitis helmanni*)、云粉蝶 (*Pontia edusa*)、中华爱灰蝶 (*Aricia mandschurica*)。

2016—2018 年调查结果表明,榆阳区 5—8 月共有种包括斑缘豆粉蝶、菜粉蝶、橙黄豆粉蝶 (*Colias fieldii*)、橙县灰蝶、豆灰蝶、多眼灰蝶、红珠灰蝶、金凤蝶、蓝灰蝶、牧女珍眼蝶、小红蛱蝶、云粉蝶、中华爱灰蝶。

黄陵县调查记录个体数 7 月>6 月>8 月>5 月,种数 5 月>6 月>7 月>8 月,5 月丰富度 (7.388 6) 最高;榆阳区调查记录蝴蝶个体数 6 月>7 月>5 月>8 月,种数 6 月>7 月>8 月 = 5 月,6 月丰富度 (4.405 9) 最高,5 月的丰富度指数 (2.878 1) 最低 (表 4)。结果表明黄陵县和榆阳区的蝴蝶活动频繁期存在时序差异。

2.3 各样线蝶类物种多样性

黄陵县各样线共有种 30 种 (表 5),爱珍眼蝶 (*Coenonympha oedippus*)、斑缘豆粉蝶、菜粉蝶、灿福蛱蝶、斗毛眼蝶 (*Lasiommata deidamia*)、豆灰蝶、多眼灰蝶、柑橘凤蝶、黑脉蛱蝶 (*Hestina assimilis*)、红珠灰蝶、花弄蝶 (*Pyrgus maculatus*)、黄钩蛱蝶、金凤蝶、孔雀蛱蝶、蓝灰蝶、老豹蛱蝶、琉璃灰蝶、绿豹蛱蝶、牧女珍眼蝶、霓纱燕灰蝶、嵌带弄蝶 (*Lobocla proxima*)、麝凤蝶、丝带凤蝶 (*Sericinus montelus*)、小红蛱蝶、小环蛱蝶、小赭弄蝶 (*Ochlodes venata*)、扬眉线蛱蝶、直纹稻弄

蝶 (*Parnara guttata*)、中华爱灰蝶、卓矍眼蝶 (*Ypthima zodia*)。

榆阳区各样线共有种 11 种,斑缘豆粉蝶、菜粉蝶、豆灰蝶、多眼灰蝶、红珠灰蝶、蓝灰蝶、琉璃灰蝶、牧女珍眼蝶、小红蛱蝶、云粉蝶、中华爱灰蝶。

两样区各样线共有种 10 种,包括斑缘豆粉蝶、菜粉蝶、中华爱灰蝶、豆灰蝶、红珠灰蝶、蓝灰蝶、琉璃灰蝶、多眼灰蝶、小红蛱蝶、牧女珍眼蝶。各样线均有粉蝶科、凤蝶科、蛱蝶科、弄蝶科、灰蝶科 5 科蝴蝶分布。

研究结果显示,阔叶林生境的连达沟蝴蝶属、种数最高,其次属于灌丛、灌木林生境的寺沟、阿党、黄帝陵,黄陵县样区各样线蝴蝶多样性指数及均匀度和丰富度均高于榆阳区,各样线优势度均低于榆阳区 (表 6)。各样线多样性与均匀度表现一致,大小依次为 A3>A2>A4>A1>A5>B5>B1>B4>B3>B2。优势度大小依次为 B2>B3>B4>B1>B5>A5>A1>A4>A2>A3。丰富度指数大小依次为 A1>A2>A4>A3>A5>B5>B3>B1>B2>B4。黄陵县的蝴蝶物种多样性、均匀度及丰富度皆高于榆阳区,榆阳区的蝴蝶种群优势度高于黄陵县。

2.4 两样区各样线蝴蝶群落相似性比较

黄陵县寺沟、阿党、黄帝陵的蝴蝶群落结构表现为极相似,其余各样线间中等相似 (表 7);榆阳区生境类型属于风沙草滩区的芹河乡、小纪汗乡与处于黄土沟壑区的麻黄梁为中等不相似,其余各样线间为中等相似 (表 8)。黄陵县样区与榆阳区之间相似性系数约为 0.47,两样区中等不相似。

表 4 蝴蝶群落时间动态
Table 4 Temporal dynamics of butterfly communities

样区 Sample area	时段 Time	个体数 No. of individuals	种数 No. of species	多样性指数(H') Diversity index	均匀度指数(J') Evenness index	优势度指数(D') Dominance index	丰富度指数(R') Species richness index
黄陵县 Huangling county	5 月 May	1 304	54	3.218 9	0.807 0	0.057 6	7.388 6
	6 月 June	1 498	48	3.201 6	0.827 0	0.056 7	6.427 9
	7 月 July	1 580	47	2.929 9	0.761 0	0.089 2	6.245 6
	8 月 August	1 420	44	2.938 1	0.776 4	0.090 3	5.924 2
榆阳区 Yuyang district	5 月 May	1 475	22	2.215 8	0.716 8	0.155 6	2.878 1
	6 月 June	1 790	34	2.399 9	0.680 5	0.137 3	4.405 9
	7 月 July	1 778	29	2.313 4	0.687 0	0.144 4	3.741 7
	8 月 August	1 144	22	1.991 0	0.644 1	0.199 5	2.982 0

表 5 黄陵县与榆阳区不同样线蝴蝶种类与数量
Table 5 Species and individual number of butterflies in different lines in Huangling county and Yuyang district

科名 Family	种类 Species	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
凤蝶科 Papilionidae	麝凤蝶 <i>Byasa alcinous</i>	14	5	14	28	9	0	0	0	0	1
	柑橘凤蝶 <i>Papilio xuthus</i>	6	17	33	9	23	0	1	1	0	0
	金凤蝶 <i>Papilio machaon</i>	5	12	39	6	19	1	5	16	0	12
	蓝凤蝶 <i>Papilio protenor</i>	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0
	丝带凤蝶 <i>Sericinus montelus</i>	58	33	27	251	141	0	0	0	0	0
粉蝶科 Pieridae	斑缘豆粉蝶 <i>Colias erate</i>	166	122	143	48	206	193	185	503	160	388
	橙黄豆粉蝶 <i>Colias fieldii</i>	2	1	1	0	4	1	1	3	0	0
	宽边黄粉蝶 <i>Eurema hecabe</i>	3	1	0	2	0	0	0	0	0	0
	尖钩粉蝶 <i>Gonepteryx mahaguru</i>	0	0	0	48	0	0	0	0	0	0
	大翅绢粉蝶 <i>Aporia largeateui</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	灰姑娘绢粉蝶 <i>Aporia intercostata</i>	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	绢粉蝶 <i>Aporia crataegi</i>	1	1	4	82	0	0	0	0	0	0
	菜粉蝶 <i>Pieris rapae</i>	37	62	47	74	88	152	65	88	205	100
	东方菜粉蝶 <i>Pieris canidia</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	黑纹粉蝶 <i>Pieris melete</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	云粉蝶 <i>Pontia edusa</i>	14	27	6	0	14	40	137	168	81	114
	突角小粉蝶 <i>Leptidea amurensis</i>	1	1	0	17	9	0	0	0	1	30
	锯纹小粉蝶 <i>Leptidea serrata</i>	0	0	0	3	0	1	1	1	0	0
	斗毛眼蝶 <i>Lasiommata deidamia</i>	5	25	5	2	14	0	0	0	1	40
蛱蝶科 Nymphalidae	多眼蝶 <i>Kirinia epaminondas</i>	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
	白眼蝶 <i>Melanargia halimede</i>	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
	华北白眼蝶 <i>Melanargia epimede</i>	0	7	2	10	0	0	0	0	0	0
	玄裳眼蝶 <i>Satyrus ferula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
	蛇眼蝶 <i>Minois dryas</i>	1	16	19	16	0	0	1	0	0	165
	仁眼蝶 <i>Eumenis autonoe</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	26
	绢眼蝶 <i>Davidina armandi</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	卓矍眼蝶 <i>Ypthima zodia</i>	22	32	56	24	34	0	0	0	0	1
	古眼蝶 <i>Palaeonympha opalina</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
	白瞳舜眼蝶 <i>Loxerebia saxicola</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	爱珍眼蝶 <i>Coenonympha oedippus</i>	6	5	15	13	3	22	1	0	0	1
	牧女珍眼蝶 <i>Coenonympha amaryllis</i>	18	59	45	19	34	255	543	21	194	103
	柳紫闪蛱蝶 <i>Apatura ilia</i>	2	2	3	0	27	0	0	0	2	0
	猫蛱蝶 <i>Timelaea maculata</i>	1	5	2	1	0	0	0	0	0	0
	黑脉蛱蝶 <i>Hestina assimilis</i>	2	8	4	2	5	0	0	0	0	0
	拟斑脉蛱蝶 <i>Hestina persimilis</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	绿豹蛱蝶 <i>Argynnis paphia</i>	9	13	20	32	3	0	0	1	0	1
	老豹蛱蝶 <i>Argyronome laodice</i>	24	12	99	38	11	0	1	5	1	4
	小豹蛱蝶 <i>Brenthis daphne</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0

(续表 5 Continued table 5)												
科名 Family	种类 Species	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	
灰蝶科 Lycaenidae	福蛱蝶 <i>Fabriciana niobe</i>	5	7	16	24	0	0	0	3	0	4	
	蟾福蛱蝶 <i>Fabriciana nerippe</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	灿福蛱蝶 <i>Fabriciana adippe</i>	21	2	36	14	15	0	0	4	1	21	
	扬眉线蛱蝶 <i>Limenitis helmanni</i>	8	27	5	170	7	0	0	0	0	0	
	链环蛱蝶 <i>Neptis pryri</i>	0	2	0	16	0	0	0	0	0	0	
	小环蛱蝶 <i>Neptis sappho</i>	28	59	51	88	35	0	0	0	0	1	
	重环蛱蝶 <i>Neptis alwina</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
	中环蛱蝶 <i>Neptis hylas</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	大红蛱蝶 <i>Vanessa indica</i>	0	0	2	0	0	0	0	1	1	1	
	小红蛱蝶 <i>Vanessa cardui</i>	6	10	5	11	16	3	17	34	5	9	
	琉璃蛱蝶 <i>Kaniska canace</i>	2	1	0	17	0	0	0	0	0	0	
	黄钩蛱蝶 <i>Polygonia c-aureum</i>	147	157	156	155	239	5	0	3	0	2	
	孔雀蛱蝶 <i>Inachis io</i>	9	46	2	73	40	0	0	0	0	0	
	大网蛱蝶 <i>Melitaea scotosia</i>	3	0	3	13	0	0	0	0	0	0	
	罗网蛱蝶 <i>Melitaea romanovi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	帝网蛱蝶 <i>Melitaea diamina</i>	1	0	3	1	17	0	0	0	0	0	
	霓纱燕灰蝶 <i>Rapala nissa</i>	13	16	9	3	16	0	0	0	0	0	
	燕灰蝶 <i>Rapala varuna</i>	8	12	6	0	0	0	0	0	0	0	
	彩燕灰蝶 <i>Rapala selira</i>	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	红灰蝶 <i>Lycaena phlaeas</i>	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	
	橙灰蝶 <i>Lycaena dispar</i>	2	1	8	0	7	42	8	0	44	3	
	毛眼灰蝶 <i>Zizina otis</i>	4	3	1	0	1	1	0	1	7	3	
	枯灰蝶 <i>Cupido minimus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	
	蓝灰蝶 <i>Everes argiades</i>	82	21	88	12	47	45	28	31	47	95	
	阿点灰蝶 <i>Agrodiaetus amandus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	琉璃灰蝶 <i>Celastrina argiolus</i>	20	35	18	19	10	1	1	6	2	10	
	爱灰蝶 <i>Aricia agestis</i>	1	2	2	1	0	9	0	3	0	6	
	中华爱灰蝶 <i>Aricia mandschurica</i>	7	9	6	1	9	32	23	25	34	31	
	红珠灰蝶 <i>Lycaeides argyrognomon</i>	24	5	31	8	39	69	64	63	26	34	
	豆灰蝶 <i>Plebejus argus</i>	79	22	34	24	28	175	168	99	248	117	
	毕豆灰蝶 <i>Plebejus biton</i>	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	
	多眼灰蝶 <i>Polyommatus eros</i>	33	16	5	3	7	38	51	160	28	63	
弄蝶科 Hesperidae	嵌带弄蝶 <i>Lobocla proxima</i>	6	9	37	2	7	0	0	0	0	0	
	双带弄蝶 <i>Lobocla bifasciata</i>	1	2	0	0	8	0	0	0	0	1	
	珠弄蝶 <i>Erymis tages</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	黑弄蝶 <i>Daimio tethys</i>	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	
	花弄蝶 <i>Pyrgus maculatus</i>	6	7	13	20	25	1	0	0	0	13	
	链弄蝶 <i>Heteropterus morpheus</i>	2	0	4	19	0	0	0	0	0	0	
	小赭弄蝶 <i>Ochlodes venata</i>	23	15	41	15	31	10	14	1	11	0	
	直纹稻弄蝶 <i>Parnara guttata</i>	2	1	3	2	3	1	0	0	1	1	

表 6 黄陵县与榆阳区不同样线蝴蝶多样性								
Table 6 Diversity index of butterfly communities in different lines in Huangling county and Yuyang district								
样线 Transects	科数 No. of family	属数 No. of genus	种数 No. of species	个体数 No. of individuals	多样性指数(H') Diversity index	均匀度指数(J) Evenness index	优势度指数(D) Dominance index	丰富度指数(R) Species richness index
A1	6	40	51	945	3.008 6	0.765 2	0.081 1	7.298 0
A2	6	40	51	959	3.170 3	0.806 3	0.065 7	7.282 4
A3	6	39	49	1 176	3.173 7	0.815 5	0.060 3	6.789 4
A4	6	43	54	1 468	3.121 2	0.782 5	0.071 3	7.268 6
A5	6	36	42	1 257	2.928 8	0.783 6	0.089 3	5.745 1
B1	6	19	23	1 100	2.240 6	0.714 6	0.139 2	3.141 5
B2	6	19	23	1 320	1.930 5	0.615 7	0.222 6	3.061 8
B3	6	19	24	1 241	1.995 2	0.627 8	0.214 9	3.228 7
B4	6	21	22	1 102	2.153 6	0.696 7	0.147 7	2.997 9
B5	6	31	36	1 421	2.549 4	0.711 4	0.120 6	4.821 5

表 7 黄陵县不同样线蝴蝶共有种数及相似性系数

Table 7 Common butterfly species in different lines (above the diagonal) and similarity coefficient (below the diagonal) in Huangling county

样线 Transects	A1	A2	A3	A4	A5
A1		49	46	42	38
A2	0.789 5		45	40	37
A3	0.818 2	0.754 4		39	36
A4	0.666 7	0.615 4	0.609 4		33
A5	0.690 9	0.660 7	0.654 5	0.523 8	

表 8 榆阳区不同样线蝴蝶共有种数及相似性系数

Table 8 Common butterfly species in different lines (above the diagonal) and similarity coefficient (below the diagonal) in Yuyang district

样线 Transects	B1	B2	B3	B4	B5
B1		18	18	15	19
B2	0.642 9		17	16	17
B3	0.620 7	0.566 7		16	20
B4	0.500 0	0.500 0	0.533 3		20
B5	0.475 0	0.404 8	0.500 0	0.526 3	

3 讨论

本研究经过 3 a 调查,发现延安市黄陵县蝶类 5 科 51 属 72 种,榆林市榆阳区蝶类 5 科 34 属 43 种,共记录蝴蝶标本 5 科 54 属 78 种。黄陵县样区与榆阳区样区共有种 35 种,各样线共有种 10 种,其中斑缘豆粉蝶、菜粉蝶、豆灰蝶、蓝灰蝶和牧女珍眼蝶为榆阳区常见种,与毛乌素沙地常见蝴蝶种类相似^[23],这可能是由于榆阳区与毛乌素沙地地理位置相近,气候相似;黄陵县调查记录蝶类与延安市区记录蝶类共有种 25 种^[24];延安北河流域蝴蝶群落多样性调查记录蝴蝶 75 种^[25],本调查为延安市补充记录蝴蝶 23 种。

蝴蝶群落动态的时序差异取决于气候条件、寄主可利用性及其遗传特性,幼虫食物资源的可变性和花蜜的可利用性,也会影响该地区的蝴蝶物种丰富度及优势度的时间格局^[26-27]。黄陵县和榆阳区蝴蝶活动频繁期存在时序差异,调查时间为 5—8 月月末,黄陵县 5 月的蝴蝶多样性和丰富度最高,而榆阳区蝴蝶多样性与丰富度在 6 月出现峰值。黄陵县植物类型包括灌丛、落叶阔叶林、草地等,而榆阳区主要植被为杂草和栽培植被,如玉米、马铃薯,黄陵县植物资源相较于榆阳区更为丰富,可被幼虫食用的植物更多,气候条件更适宜植物生长,开花植物的花期稍早于榆阳区;榆阳区位于榆林市境内,具体位置为毛乌素沙地与黄土高原过渡区域,区域内生态环境比较脆弱可能是

造成两样区蝴蝶活动频繁期差异的原因之一。此外,两地区蝴蝶群落中等不相似,群落物种组成存在差异,黄陵县与榆阳区的蝴蝶物种组成也可能是造成蝴蝶群落的月份动态差异的重要因素。

蝴蝶群落相似度主要受生境中植被异质性和人为干扰程度的影响^[16]。两样区生境类型、主要植被类型及受到人为干扰程度等差异,使蝴蝶物种组成相对独立,两样区蝴蝶群落相似性表现为中等不相似。黄陵县的蛱蝶科多样性指数与丰富度最高,凤蝶科优势度最高;榆阳区记录蝴蝶中灰蝶科多样指数与丰富度最高。有研究^[28-29]表明,蝴蝶多样性与生境植被资源密切相关。寺沟、阿党、黄帝陵的植被类型组成相似,其蝴蝶群落相似性为极相似,同时由于植被覆盖度较高,蜜源植物丰富,生境质量较好,能够满足蝴蝶的正常生长发育与繁殖,因此这些样线的蝴蝶多样性指数及物种丰富度较高。寄主、蜜源植物资源是影响蝴蝶物种丰富度和群落多样性的重要因素^[30-31],植被类型多样、覆盖度高对蝴蝶多样性与丰富度有积极影响^[32]。黄陵县样区植被类型主要为灌丛、阔叶林,植被类型多样,覆盖率较高,蝴蝶种类、数量、多样性指数和均匀度指数高、优势度指数低。榆阳区样区环境包括风沙草滩和黄土丘陵沟壑区,土壤沙质化严重,空气湿度与植被覆盖度低,分布植被多为农作物、天然杂草,蝴蝶多样性指数低,而优势度指数高。农田集约化和区域寄主植物种类单一,导致蝴蝶缺少营养资源,不利于蝴蝶

生存与繁殖^[33-34]。小纪汗乡、芹河乡、牛家梁镇等风沙草滩区、沙漠改良区、煤炭恢复区的环境湿度与植被覆盖度低、寄主植物种类单一,不能满足多种蝴蝶成虫对蜜源的要求和幼虫取食的需要,而麻黄梁镇具典型的黄土沟壑地貌,其寄主植物种类较风沙草滩区多,环境湿度较高,与榆阳区其他样线相比其蝴蝶多样性指数较高。在自然条件较差的情况下提升蝴蝶多样性和丰富度很大程度依赖于合理的人为改良,因此建议对土壤贫瘠、天然植被覆盖度低的地区进行适当改造,以改善生境质量,丰富当地蝴蝶资源。

参考文献 Reference:

- [1] 武春生,徐培峰. 中国蝴蝶图鉴[M]. 福州:海峡书局,2017:1-1440.
WU CH SH, XU Y F. Butterflies of China[M]. Fuzhou: The Straits Publishing House, 2017:1-1440.
- [2] 房丽君,关建玲. 蝴蝶对全球气候变化的响应及其研究进展[J]. 环境昆虫学报, 2010, 32(3): 399-406, 311.
FANG L J, GUAN J L. Progress in the studies of butterflies in responding to global climate change[J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2010, 32(3): 399-406, 311.
- [3] 房丽君,张宇军,邢小宇. 秦岭国家植物园蝴蝶群落结构与多样性[J]. 生物多样性, 2020, 28(8): 965-972.
FANG L J, ZHANG Y J, XING X Y. Butterfly community structure and diversity in Qinling National Botanical Garden, China[J]. *Biodiversity Science*, 2020, 28(8): 965-972.
- [4] 张立微,张红玉. 蝶类对生境的指示作用研究进展[J]. 生物学报, 2016, 33(3): 88-91.
ZHANG L W, ZHANG H Y. Research progress in butterfly as indicators for habitat change[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2016, 33(3): 88-91.
- [5] 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.
YI L, DONG Y K, MIAO B G, et al. Diversity of butterfly communities in Gaoligong region of Yunnan[J]. *Biodiversity Science*, 2021, 29(7): 950-959.
- [6] CLEARY D, MOOERS A. Butterfly species richness and community composition in forests affected by ENSO-induced burning and habitat isolation in Borneo[J]. *Journal of Tropical Ecology*, 2004, 20(4): 359-367.
- [7] 赵彩云,李俊生,罗建武,等. 蝴蝶对全球气候变化响应的研究综述[J]. 生态学报, 2010, 30(4): 1050-1057.
ZHAO C Y, LI J SH, LUO J W, et al. A review on responses of butterflies to global climate change[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(4): 1050-1057.
- [8] 刘 昊,李新生,蔡东章,等. 鸡公山自然保护区蝶类多样性及其影响因素[J]. 环境昆虫学报, 2021, 43(5): 1190-1202.
LIU H, LI X SH, CAI D ZH, et al. Butterfly diversity and its influencing factors in Jigongshan Nature Reserve[J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2021, 43(5): 1190-1202.
- [9] OOSTERMEIJER J, SWAAY C. The relationship between butterflies and environmental indicator values: a tool for conservation in a changing landscape[J]. *Biological Conservation*, 1998, 86(3): 271-280.
- [10] LAWTON J H, BIGNELL D E, BOLTON B, et al. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest [J]. *Nature*, 1998, 391(6662): 72-76.
- [11] 宋富强,康慕谊,郑壮丽,等. 陕北黄土高原地区土地利用/覆被分类及验证[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 316-324.
SONG F Q, KANG M Y, ZHENG ZH L, et al. Land use and land cover classification and verification in Northern Shaanxi Loess Plateau[J]. *Transactions of the CSAE*, 2011, 27(3): 316-324.
- [12] 王德丽,殷淑燕,王海燕,等. 近 50 年陕北地区的气候变化[J]. 干旱区研究, 2011, 28(2): 262-267.
WANG D L, YIN SH Y, WANG H Y, et al. Analysis on climate change in north Shaanxi province[J]. *Arid Zone Research*, 2011, 28(2): 262-267.
- [13] 万亚平. 浅谈榆阳区林业资源保护与可持续发展[J]. 安徽农学通报, 2022, 28(9): 59-61.
WAN Y P. Discussion on protection and sustainable development of forestry resources in Yuyang district[J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2022, 28(9): 59-61.
- [14] 杨 强,覃志豪,王 涛,等. 榆林地区 1970—2010 年气候因子变化特征分析[J]. 干旱区地理, 2012, 35(5): 695-707.
YANG Q, QIN ZH H, WANG T, et al. Characteristics of climate factor change in Yulin Region during 1970—2010 [J]. *Arid Land Geography*, 2012, 35(5): 695-707.
- [15] 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.
HU J, LI J, WU H P, et al. Structure and diversity of butterfly community in the Shiwandashan National Forest Park district of Guangxi[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2021, 40(5): 1478-1490.
- [16] 向 颖,刘素群,黄兴龙,等. 湖南高望界国家级自然保护区及其周边蝶类多样性与影响因素[J]. 生物多样性, 2020, 28(8): 940-949.
XIANG Y, LIU S Q, HUANG X L, et al. Butterfly diversity and its influencing factors in the Hunan Gaowangjie National Nature Reserve and its surrounding area [J]. *Biodiversity Science*, 2020, 28(8): 940-949.
- [17] 周 尧. 中国蝶类志[M]. 郑州:河南科学技术出版社, 1994:1-854.
CHOU I. Monographia Rhopalocerorum Sinensium[M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Publishing House, 1994:1-854.

- [18] 周 尧. 中国蝴蝶分类与鉴定[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1998: 1-349.
CHOU I. Classification and Identification of Chinese Butterflies[M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Publishing House, 1998: 1-349.
- [19] 王 敏, 范晓凌. 中国灰蝶志[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2002: 1-440.
WANG M, FAN X L. Butterflies Fauna Sinica: Lycaenidae [M]. Zhenzhou: Henan Science and Technology Press, 2002: 1-440.
- [20] 袁 峰, 袁向群, 薛国喜. 中国动物志昆虫纲第五十五卷鳞翅目弄蝶科[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 1-754.
YUAN F, YUAN X Q, XUE G X. Fauna Sinica (Insecta Vol. 55 Lepidoptera, Hesperidae) [M]. Beijing: Science Press, 2015: 1-754.
- [21] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I. α 多样性的测度方法 (下) [J]. 生物多样性, 1994, 2(4): 231-239.
MA K P, LIU Y M. Measurement of biotic community diversity. I. α diversity (Part 2) [J]. *Biodiversity Science*, 1994, 2(4): 231-239.
- [22] 马克平, 刘灿然, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 II. β 多样性的测度方法[J]. 生物多样性, 1995, 3(1): 38-43.
MA K P, LIU C R, LIU Y M. Measurement of biotic community diversity. II. β diversity [J]. *Biodiversity Science*, 1995, 3(1): 38-43.
- [23] 李 刚, 阎雄飞, 刘永华, 等. 毛乌素沙地东南缘蝶类资源调查及区系研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(19): 102-109.
LI G, YAN X F, LIU Y H, *et al.* Resource and fauna of butterflies in the southeastern edge of Mu Us Sandy Land [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2016, 32(19): 102-109.
- [24] 刘长海, 薛安永, 崔 春, 等. 陕西延安市区蝶类多样性初探[J]. 四川动物, 2006, 25(3): 554-556.
LIU CH H, XUE A Y, CUI CH, *et al.* Preliminary study on diversity of butterflies in Yan'an city, Shaanxi province [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2006, 25(3): 554-556.
- [25] 段小燕, 王文强, 廉振民. 陕西延安北洛河流域蝶类资源调查及区系研究[J]. 四川动物, 2008, 27(6): 1030-1034.
DUAN X Y, WANG W Q, LIAN ZH M. Resource survey and faunal study of butterflies in North Luo River valley of Yanan [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2008, 27(6): 1030-1034.
- [26] FRANZEN M, SCHRADER J, SJOEBERG G. Butterfly diversity and seasonality of Ta Phin mountain area (N. Vietnam, Lao Cai province) [J]. *Journal of Insect Conservation*, 2017, 21(3): 465-475.
- [27] BECK J. Phylogenetic and ecological correlates with male adult life span of rainforest butterflies [J]. *Evolutionary Ecology*, 2008, 22(4): 507-517.
- [28] 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.
SHANG S Q, WU X B, WANG ZH L, *et al.* Butterfly community structure and species-abundance distribution in different habitats in the Xinglong Mountains National Nature Reserve [J]. *Biodiversity Science*, 2020, 28(8): 983-992.
- [29] 李欣芸, 杨益春, 贺泽帅, 等. 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[J]. 环境昆虫学报, 2020, 42(3): 660-673.
LI X Y, YANG Y CH, HE Z SH, *et al.* Diversity of butterflies community and its environmental factors in Helan Mountain Nature Reserve, Ningxia [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2020, 42(3): 660-673.
- [30] CURTIS R, BRERETON T, DENNIS R, *et al.* Butterfly abundance is determined by food availability and is mediated by species traits [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2015, 52(6): 1676-1684.
- [31] 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.
XU ZH F, ZHONG W, ZHANG D K, *et al.* Diversity of butterfly communities in Jimusaer county, Xinjiang [J]. *Biodiversity Science*, 2020, 28(8): 993-1002.
- [32] MASKELL L C, BOTHAM M, HENRYS P, *et al.* Exploring relationships between land use intensity, habitat heterogeneity and biodiversity to identify and monitor areas of high nature value farming [J]. *Biological Conservation*, 2019, 231: 30-38.
- [33] BOBO K S, WALTERT M, FERMON H, *et al.* From forest to farmland: butterfly diversity and habitat associations along a gradient of forest conversion in Southwestern Cameroon [J]. *Journal of Insect Conservation*, 2006, 10(1): 29-42.
- [34] HANSFACH J, SCHWEIGER O, KUEHN I, *et al.* Host plant availability potentially limits butterfly distributions under cold environmental conditions [J]. *Ecography*, 2014, 37(3): 301-308.

Diversity of Butterflies in Huangling County and Yuyang District of North Shaanxi

SUN Ming, WANG Xing, GUO Zikun, HU Kai and YUAN Xiangqun

(College of Plant Protection, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract The diversity of butterflies in Huangling county and Yuyang district was monitored so as to provide basic data for the background investigation and environmental monitoring of butterfly resources in north Shaanxi. The survey on diversity of butterflies was conducted in Huangling county, Yan'an and Yuyang district of Yulin from May 2016 to August 2018. The butterfly species and community diversity were investigated and the similarity of butterfly resources for each line in the two areas of Huangling county and Yuyang district was analyzed. A total of 11 989 butterfly specimens were recorded, which belonged to 5 families, 54 genera and 78 species. In Huangling county, 72 species of butterfly were found in total, which belonged to 5 families and 51 genera, its diversity index and richness index of Nymphalidae were at the highest. In Yuyang district, a total of 43 species were collected, which belonged to 5 families and 34 genera, its diversity index and richness index of Lycaenidae was the highest. The temporal dynamics of butterfly communities were different in the two areas, the richness of butterfly species in Huangling county reached peak in May while reaching peak in June in Yuyang district. The analysis of the diversity of butterflies in different lines showed that the diversity index, evenness index and species richness of each line of butterflies in Huangling county were higher than those in Yuyang district. The similarity coefficient of butterfly communities in the two areas was 0.47, which was moderately dissimilar, there were 10 common species of the 10 transects. The results showed that butterfly community diversity is closely related to habitat, the butterfly species diversity and evenness index are high in the areas where vegetations are rich.

Key words Butterfly; Biodiversity; Similarity coefficient; Huangling county; Yuyang district

Received 2022-06-20

Returned 2022-10-30

Foundation item The National Natural Science Foundation of China (No. 31970448, No. 31770503); the Key Project of Biodiversity Protection of Ministry of Ecology and Environment (No. SZXWJZ1011).

First author SUN Ming, female, master student. Research area: systematic entomology. E-mail: sunming@nwsuaf.edu.cn

Corresponding author YUAN Xiangqun, male, research fellow. Research area: systematic entomology. E-mail: yuanxq@nwsuaf.edu.cn

(责任编辑:郭柏寿 Responsible editor: GUO Baishou)