

四川雪宝顶国家级自然保护区蛾类昆虫多样性研究

张燕南¹, 吕鑫平², 毕司进³, 杨道², 陶义², 何玉梅¹, 赵定², 杜世章^{1*} (1. 绵阳师范学院生命科学与技术学院, 四川绵阳 621000; 2. 四川雪宝顶国家级自然保护区管理局, 四川平武 622550; 3. 绵阳市农业科学研究院, 四川绵阳 621023)

摘要 [目的] 探明四川雪宝顶国家级自然保护区蛾类昆虫种类与分布, 掌握该保护区蛾类昆虫资源现状。[方法] 采用灯诱法采集蛾类昆虫, 并对标本进行分类学鉴定及多样性分析。[结果] 经初步鉴定, 该保护区内蛾类昆虫共 19 科 160 种 2 418 头, 其中尺蛾科个体数量(524 头)和种数最多(45 种)。3 个保护站中, 虎牙保护站蛾类群落个体数量最多(1 116 头), 多样性指数(2.257)、均匀度指数(0.833 3)最大, 优势度指数最小(0.131 7), 个体分布最均匀, 结构最为稳定。在 4 种植被类型中, 针阔混交林中的蛾类多样性指数(2.345)、均匀度指数(0.861 9)与丰富度指数(2.485)均最大, 优势度指数最小(0.120 1), 个体分布最为均匀, 群落结构最为稳定。[结论] 尺蛾是雪宝顶国家自然保护区的优势种类, 虎牙保护站和针阔混交林的蛾类结构最为稳定。

关键词 雪宝顶国家级自然保护区; 蛾类; 群落结构; 多样性

中图分类号 Q968 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)10-0064-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.10.014



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on the Diversity of Moth Insects in Xuebaoding National Nature Reserve, Sichuan

ZHANG Yan-nan¹, LÜ Xin-ping², BI Si-jin³ et al (1. College of Life Science & Biotechnology, Mianyang Teachers' College, Mianyang, Sichuan 621000; 2. Administration Bureau, Xuebaoding National Nature Reserve, Pingwu, Sichuan 622550; 3. Mianyang Academy of Agricultural Sciences, Mianyang, Sichuan 621023)

Abstract [Objective] To investigate the species and distribution of moth insects in Xuebaoding National Nature Reserve in Sichuan Province and understand the current status of moth insect resources in the reserve. [Method] The moth insects were collected by using light induction method, the taxonomic identification and diversity analysis were conducted on the collected specimen. [Result] According to the preliminary identification, a total of 2 418 moths belonging to 160 species of 19 families were found in the reserve, among which the number of individual moths (524) and the number of species (45) were the most. Among the three conservation stations, Huya Station had the largest number (1 116) of moth communities, and the largest diversity index (2.257) and evenness index (0.833 3), and the smallest dominance index (0.131 7). The moths of Huya Station had the most uniform distribution and the most stable structure. Among the four vegetation types, the diversity index (2.345), evenness index (0.861 9) and richness index (2.485) of moths in coniferous and broad-leaved mixed forest were the largest, while the dominance index (0.120 1) was the smallest, and the distribution of moths was the most uniform, and the community structure was the most stable. [Conclusion] Geometridae was the dominant species in Xuebaoding National Nature Reserve. The structure of moths was the most stable in Huya Station and coniferous and broad-leaved mixed forest.

Key words Xuebaoding National Nature Reserve; Moths; Community structure; Diversity

昆虫纲是动物界数目与种类最多的一纲, 目前已知昆虫纲有 10 万多种, 约占动物总物种数的 69% 以上^[1-4]。鳞翅目(Lepidoptera)是昆虫纲第二大目, 物种多样性丰富^[3], 在几乎所有陆地生态系统中都能繁衍生息, 具有广泛的生态适应性, 被视为生物多样性中最重要的组成部分。鳞翅目对其生境质量的要求比较高, 能感受非常微小的环境变化。因此, 同一地区鳞翅目物种多样性的变化可间接反映出气候、环境和人为干扰等情况, 因此鳞翅目被认为是一种良好的环境变化指示物种^[5]。蛾类昆虫是鳞翅目中最大的类群, 约占鳞翅目昆虫数量的 90%, 是生态系统的重要组成部分^[6]。

雪宝顶国家级自然保护区是四川省野生动物自然保护区, 保护区优越的自然环境孕育着丰厚的昆虫资源, 是植物—虫—食虫鸟—大型动物食物链中不可缺少的部分^[7-8]。昆虫在该保护区占据着重要的地位, 是保护区生态系统的重要组成部分, 它对生态系统运行和稳定起着重要作用, 是生态系统物质循环和能量传递过程中不可缺少的重要环节。

评价保护区生态建设情况, 一般选择大型动物(金丝猴、大熊猫等)作为指示动物, 但大型动物“伞护”下的昆虫极大地提高了区域内的物种多样性。在保护区除了大型动物外, 要继续强化对大型动物的伴生物种等研究, 通过对目标种和一些关键种的保护研究, 达到对整个生态系统的保护。

此前, 该保护区进行过多次生物多样性调查, 但都是针对大型动物, 而关于昆虫多样性的调查工作尚处于空白^[9-10]。因此, 通过对自然保护区蛾类昆虫进行调查, 可为自然保护区的昆虫生物多样性调查积累数据。通过分析其群落结构特征, 进一步探讨影响昆虫多样性的因素, 可为后续科学研究及保护区昆虫资源的开发与利用提供相关的科学依据。

1 自然保护区概况

雪宝顶国家级自然保护区位于岷山主峰雪宝顶脚下, 地理位置为 103°50'31"~104°58'13"E, 31°59'31"~33°02'41"N, 为岷山山系的腹心地带, 是全球生物多样性核心地区之一。该保护区成立于 1993 年, 总面积 63 615 hm², 下辖虎牙、土城、泗耳 3 个保护站, 主要保护对象为大熊猫、珙桐、扭角羚、金丝猴等国家珍稀野生动植物及其栖息地^[7-8]。该保护区地貌以高山为主, 气候多变, 雨水丰沛, 最高峰高达 5 420 m, 最低处 1 600 m, 相对高差 3 800 m 左右。不同海拔地带气候差异

基金项目 绵阳师范学院校级项目(QD2019A16); 四川省科技厅资助项目(2021YJ0493)。

作者简介 张燕南(1989—), 女, 甘肃陇南人, 副教授, 博士, 从事昆虫有害生物防治研究。* 通信作者, 教授, 博士, 硕士生导师, 从事动物学方面的研究。

收稿日期 2022-06-13

明显,植被垂直带谱分带明显且完整,植物和动物多样性非常丰富。保护区内形成了6种不同的温度带气候,不同的气候环境使保护区内植被类型丰富,主要有农田、常绿阔叶林、落叶阔叶林、针阔混交林、针叶林、高山灌丛与高山草甸^[9-10]。植被类型分布如下:阔叶林与农田分布在2 500 m以下,针阔混交林和针叶林分布在2 500 m以上,高山灌丛、灌丛草甸分布在3 500 m以上,高山草甸5 000 m以上。

2 试验材料与方法

2.1 试验材料 昆虫针、泡沫板、剪刀、镊子、三级台、标本台纸、GPS 导航仪、捕虫网、频振式充电诱虫灯、三角袋、毒瓶(乙酸乙酯)、95%乙醇、离心管等。

2.2 调查时间 2020年4—10月,每月分别在各样地进行1次野外采集,采集时间为20:00—24:00,遇阴雨天气时顺延至天气良好时诱集。

2.3 调查样地 根据该保护区的地理位置及海拔生境特点,设置3个保护站:虎牙保护站(1 200~3 400 m)、土城保护站(1 200~2 000 m)、泗耳保护站(1 600~2 200 m),每个保护站设置3条样线,每条样线设置4个样点,每个样点安装1台诱虫灯,对常绿阔叶林、落叶阔叶林、针阔混交林、农田4种植被类型中的蛾类昆虫进行调查。

2.4 采集方法 根据蛾类昆虫的趋光性,采用定点灯诱法采集。频振式充电诱虫灯具有高效、环保、安全、多功能等特性,方便在各海拔高度使用。使用频振式充电诱虫灯诱集到的大型蛾类,用镊子取出,放入自制的乙酸乙酯毒瓶中,小型蛾类可直接装入三角袋中。

在采集过程中,进行计数整理,记录采集时间、地点、海拔、生境和数量,保证数据的完整性及真实性,以方便后期进行统计分析。

2.5 标本制作及保存 根据蛾类昆虫体型大小,选择0~5号昆虫针在三级台上进行整姿展翅,待标本定型后,进行鉴定、编号、贴标签并进行统计记录,自然阴干后装入标本盒(带有樟脑丸),并放在干燥的地方进行保存,防止标本受潮腐坏。

2.6 标本鉴定 参考《中国昆虫生态大图鉴》《中国蛾类图鉴》^[11-14]、《高黎贡山蛾类图鉴》^[15]和《中国动物志》^[16-21]等相关蛾类鉴定专著,根据昆虫标本的外部形态特征(翅形、翅脉、体色、触角、斑纹、口器等)进行形态鉴定。鉴定完成后,将不同种类的蛾类分好类别,分开保存,便于后期查看。

2.7 数据分析 根据鉴定结果,分别统计了3个保护站以及4种植被类型中采集的蛾类昆虫种数与个体数量,利用以下公式对数据进行计算^[22]:

(1) Shannon-Wiener 多样性指数:

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

式中, H' 表明群落的复杂程度, H' 越大,群落所含的信息量越大。

(2) Pielou 均匀度指数:

$$J = H' / \ln S \quad (2)$$

Pielou 均匀度指数越大,群落个体分布越均匀,物种越丰富。

(3) Margalef 物种丰富度指数:

$$D = (S-1) / \ln N \quad (3)$$

(4) Simpson 优势度指数(C):

$$C = \frac{\sum_{i=1}^S (P_i)^2}{S} \quad (4)$$

Simpson 优势度指数越大,优势种越突出,群落个体分布越不均匀。

(5) Jaccard 相似性系数(q):

$$q = c / (a+b-c) \quad (5)$$

式中, a 为群落A中的类群数, b 为群落B中的类群数, c 为2个群落中共有的类群数。当 $q \in (0 \sim 0.25]$ 时,2个群落处于极不相似水平;当 $q \in (0.25 \sim 0.50]$ 时,2个群落处于中等不相似水平;当 $q \in (0.50 \sim 0.75]$ 时,2个群落处于中等相似水平;当 $q \in (0.75 \sim 1]$ 时,2个群落处于极相似水平。 S 为类群数, P_i 为第*i*种个体数 N_i 占总个体数 N 的比例。

利用 Excel、Past 2.03 等软件对试验数据进行统计分析。

3 结果与分析

3.1 雪宝顶国家级自然保护区蛾类昆虫资源调查结果 此次调查共采集蛾类昆虫2 418头,共19科160种(图1)。尺蛾科个体数量最多,共524头,占总数量的21.67%;其次为夜蛾科508头,占总数量的21.01%;第三为灯蛾科367头,占总数量的15.18%,这3科个体数量占总数量的57.86%。网蛾科个体数量最少,仅有1头,占总数量的0.04%;其余蛾类按个体数量从多到少依次为天蛾科(198头)>舟蛾科(192头)>毒蛾科(184头)>螟蛾科(114头)>天蚕蛾科(98头)>波纹蛾科(63头)>带蛾科(44头)=虎蛾科(44头)>刺蛾科(30头)>蚕蛾科(22头)>钩蛾科(18头)>枯叶蛾科(5头)>斑蛾科(2头)=木蠹蛾科(2头)=锚纹蛾科(2头)。

从种数来看,尺蛾科种数最多,为45种;其次为灯蛾科,21种;舟蛾科17种,天蛾科15种,夜蛾科13种,其余蛾类均不足10种,其中网蛾科、锚纹蛾科只有1种。尺蛾科的个体数量和种数都是最多的,属于该保护区中典型的优势科,夜蛾科、灯蛾科也相对丰富;网蛾科个体数量和种数均最少,仅有1种1头。

3.2 不同保护站蛾类群落结构分析

3.2.1 不同保护站蛾类群落组成。虎牙保护站蛾类群落组成。虎牙保护站共鉴定蛾类昆虫1 116头,共15科67种(表1);土城保护站共鉴定蛾类昆虫780头,共15科108种(表2);泗耳保护站共鉴定蛾类昆虫522头,共16科46种(表3)。3个保护站中蛾类种数最多的是土城保护站(108种),其次为虎牙保护站(67种),而泗耳保护站种数最少(46种)。蛾类个体数量虎牙保护站最多(1 116头),土城保护站次之(780头),泗耳保护站最少(522头)。

3.2.2 不同保护站蛾类多样性分析。利用物种丰富度指数、多样性指数、优势度指数和均匀度指数,比较不同保护站蛾类群落的多样性特征。由表4可知,3个保护站中多样性指数最大的是虎牙保护站,为2.257;泗耳保护站次之,为2.111;土城保护站最低,为2.102。均匀度指数大小顺序为虎牙保护站(0.833 3)>土城保护站(0.7762)>泗耳保护站(0.7615);丰富

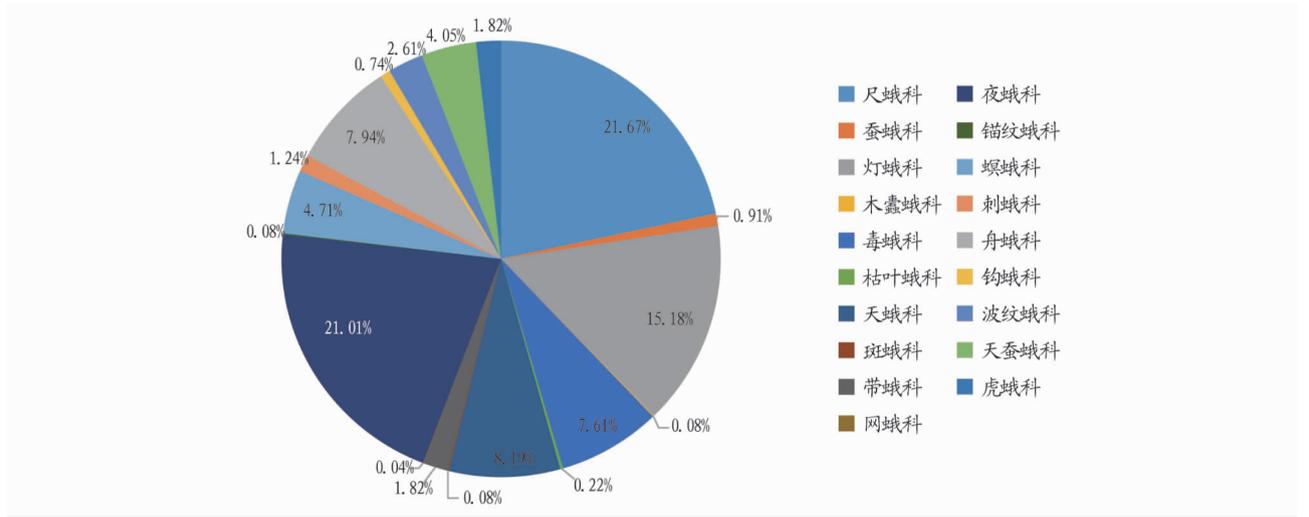


图 1 雪宝顶国家级自然保护区蛾类个体数量占比

Fig.1 Proportion of moth individuals in Xuebaoding National Nature Reserve

表 1 虎牙保护站蛾类群落组成

Table 1 Community composition of moths at Huya Station

序号 No.	科名 Name of families	个体数量 Number of individuals	个体数量占比 Proportion of individuals number//%	种数 Species number	种数占比 Proportion of species number//%
1	尺蛾科	229	20.520	20	29.851
2	灯蛾科	159	14.247	7	10.448
3	毒蛾科	124	11.111	3	4.478
4	天蛾科	54	4.839	4	5.970
5	螟蛾科	82	7.348	2	2.985
6	天蚕蛾科	47	4.211	4	5.970
7	夜蛾科	225	20.161	5	7.463
8	蚕蛾科	18	1.613	2	2.985
9	舟蛾科	77	6.900	6	8.955
10	带蛾科	19	1.703	3	4.478
11	钩蛾科	12	1.075	3	4.478
12	波纹蛾科	35	3.136	4	5.970
13	虎蛾科	16	1.434	2	2.985
14	刺蛾科	16	1.434	1	1.493
15	枯叶蛾科	3	0.269	1	1.493
合计 Total		1 116	100	67	100

表 2 土城保护站蛾类群落组成

Table 2 Community composition of moths at Tucheng Station

序号 No.	科名 Name of families	个体数量 Number of individuals	个体数量占比 Proportion of individuals number//%	种数 Species number	种数占比 Proportion of species number//%
1	尺蛾科	203	26.026	35	32.407
2	灯蛾科	128	16.410	17	15.741
3	毒蛾科	28	3.590	4	3.704
4	天蛾科	68	8.718	11	10.185
5	螟蛾科	15	1.923	2	1.852
6	天蚕蛾科	46	5.897	5	4.630
7	夜蛾科	141	18.077	9	8.333
8	舟蛾科	94	12.051	9	8.333
9	带蛾科	13	1.667	3	2.778
10	钩蛾科	6	0.769	2	1.852
11	波纹蛾科	19	2.436	3	2.778
12	虎蛾科	6	0.769	2	1.852
13	刺蛾科	9	1.154	3	2.778
14	木蠹蛾科	2	0.256	2	1.852
15	枯叶蛾科	2	0.256	1	0.926
合计 Total		780	100	108	100

表 3 泗耳保护站蛾类群落组成

Table 3 Community composition of moths at Sier Station

序号 No.	科名 Name of families	个体数量 Number of individuals	个体数量占比 Proportion of individuals number//%	种数 Species number	种数占比 Proportion of species number//%
1	尺蛾科	92	17.625	6	13.043
2	灯蛾科	80	15.326	6	13.043
3	毒蛾科	32	6.130	2	4.348
4	天蛾科	76	14.559	9	19.565
5	螟蛾科	17	3.257	2	4.348
6	天蚕蛾科	5	0.958	2	4.348
7	夜蛾科	142	27.203	4	8.696
8	蚕蛾科	4	0.766	1	2.174
9	舟蛾科	21	4.023	3	6.522
10	带蛾科	12	2.299	2	4.348
11	波纹蛾科	9	1.724	1	2.174
12	虎蛾科	22	4.215	3	6.522
13	刺蛾科	5	0.958	1	2.174
14	斑蛾科	2	0.383	2	4.348
15	网蛾科	1	0.192	1	2.174
16	锚纹蛾科	2	0.383	1	2.174
合计 Total		522	100	46	100

度指数大小顺序为泗耳保护站(2.397)>土城保护站(2.102)>虎牙保护站(1.99 5)。优势度指数大小顺序为泗耳保护站(0.159 1)>土城保护站(0.155 7)>虎牙保护站(0.131 7)。

3.2.3 不同保护站蛾类群落相似性分析。由表 5 可知,虎牙保护站与土城保护站的蛾类群落相似性系数为 0.937 5,介于(0.75, 1],蛾类群落相似程度为极相似水平。虎牙保护站与泗耳保护站蛾类群落相似性系数为 0.722 2,介于(0.50, 0.75],蛾类群落相似程度为中等相似水平。土城保护站与泗耳保护站蛾类群落相似性系数为 0.777 8,介于(0.75, 1],蛾类群落相似程度为极相似水平。

3.3 不同植被类型蛾类群落结构分析

3.3.1 不同植被类型蛾类群落组成。在农田中共鉴定蛾类 774 头 110 种 17 科,常绿阔叶林中鉴定蛾类 1 062 头 98 种 17 科,落叶阔叶林中共鉴定蛾类 302 头 24 种 12 科,针阔混交林

中共鉴定蛾类 280 头 38 种 15 科(表 6)。在 4 种植被类型中,夜蛾科、尺蛾科、灯蛾科比较常见,分布广泛,个体数量占比较大,而锚纹蛾科、木蠹蛾科等蛾类较为稀少,个体数量占比

表 4 不同保护站蛾类群落多样性指标

Table 4 The diversity indices of moths at three protection stations

保护站 Protection stations	科数 Family number (F)//科	个体数量 Number of individuals (I)//头	多样性指数 Diversity index (H')	均匀度指数 Evenness index(J)	丰富度指数 Richness index(D)	优势度指数 Dominance index(C)
虎牙保护站 Huya Station	15	1 116	2.257	0.833 3	1.995	0.131 7
土城保护站 Tucheng Station	15	780	2.102	0.776 2	2.102	0.155 7
泗耳保护站 Sier Station	16	522	2.111	0.761 5	2.397	0.159 1

表 5 不同保护站蛾类群落相似性系数

Table 5 The similarity coefficient of moths community at three protection stations

保护站 Protection stations	虎牙保护站 Huya Station	土城保护站 Tucheng Station	泗耳保护站 Sier Station
虎牙保护站 Huya Station	1	0.937 5	0.722 2
土城保护站 Tucheng Station		1	0.777 8
泗耳保护站 Sier Station			1

3.3.2 不同植被类型蛾类多样性分析。由表 7 可知,蛾类多样性指数在 4 种植被类型中从高到低依次为针阔混交林(2.345)、农田(2.227)、常绿阔叶林(2.144 0)、落叶阔叶林(2.140);均匀度指数从大到小依次为针阔混交林(0.861 9)>落叶阔叶林(0.861 2)>农田(0.785 9)>常绿阔叶林(0.756 7);丰富度指数从大到小依次为针阔混交林(2.485)>农田(2.405)>常绿阔叶林(2.296)>落叶阔叶林(1.926);优势度指数从大到小依次为常绿阔叶林(0.150 3)>落叶阔叶林(0.144 7)>农田(0.136 9)>针阔混交林(0.120 1)。

表 6 不同植被类型蛾类群落组成

Table 6 The composition of moth communities with different vegetation types

序号 No.	科名 Family name	农田 Farmland			常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest			落叶阔叶林 Deciduous broad-leaf forest			针阔混交林 Coniferous and broad-leaved mixed forest		
		种数 种	个体数 量//头	个体数量 占比//%	种数 种	个体数 量//头	个体数量 占比//%	种数 种	个体数 量//头	个体数量 占比//%	种数 种	个体数 量//头	个体数量 占比//%
1	尺蛾科	31	166	21.44	25	233	21.94	3	63	20.86	13	62	22.14
2	灯蛾科	16	112	14.47	15	183	17.23	5	42	13.91	5	30	10.72
3	毒蛾科	4	42	5.43	4	73	6.87	2	42	13.91	1	27	9.64
4	天蛾科	12	85	10.98	13	94	8.85	2	13	4.30	1	6	2.14
5	螟蛾科	4	29	3.75	2	46	4.33	1	13	4.30	2	26	9.29
6	天蚕蛾科	5	36	4.65	4	35	3.30	1	11	3.64	2	16	5.71
7	夜蛾科	8	157	20.28	11	238	22.41	3	67	22.19	2	46	16.43
8	蚕蛾科	3	6	0.78	1	4	0.38	1	5	1.66	1	7	2.50
9	舟蛾科	10	71	9.17	9	77	7.25	1	23	7.62	2	21	7.50
10	带蛾科	3	17	2.20	2	12	1.13	0	0	0	3	15	5.36
11	钩蛾科	3	9	1.16	2	6	0.57	0	0	0	2	3	1.07
12	波纹蛾科	3	12	1.55	4	34	3.20	2	10	3.31	1	7	2.50
13	虎蛾科	3	23	2.97	1	9	0.85	2	4	1.32	1	8	2.86
14	刺蛾科	2	5	0.65	1	13	1.22	1	9	2.98	1	3	1.07
15	木蠹蛾科	0	0	0	2	2	0.19	0	0	0	0	0	0.00
16	枯叶蛾科	0	0	0	1	2	0.19	0	0	0	1	3	1.07
17	斑蛾科	1	1	0.13	1	1	0.09	0	0	0	0	0	0.00
18	网蛾科	1	1	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
19	锚纹蛾科	1	2	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
合计 Total		110	774	100	98	1 062	100	24	302	100	38	280	100

3.3.3 不同植被类型蛾类群落相似性分析。蛾类群落相似性分析表明,落叶阔叶林与常绿阔叶林、农田之间的相似性系数最小,均为 0.705 9,介于(0.50,0.75],说明群落相似程度为中等相似水平。这是因为落叶阔叶林中人类活动频繁,使

蛾类生存条件不稳定,所以蛾类类群较少,导致与常绿阔叶林、农田 2 种植被类型重叠的蛾类类群少,相似性较低。其余植被类型之间相似性系数均大于 0.75,群落结构相似程度为极相似水平,其中常绿阔叶林与针阔混交林蛾类类群间相

似性系数最大(表 8)。

表 7 不同植被类型蛾类多样性分析

Table 7 The diversity analysis of moths in different vegetation types

植被类型 Vegetation type	科数 Family number (F)//科	个体数量 Number of individuals (I)//头	多样性指数 Diversity index (H')	均匀度指数 Evenness index(J)	丰富度指数 Richness index(D)	优势度指数 Dominance index(C)
农田 Farmland	17	774	2.227	0.785 9	2.405	0.136 9
常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	17	1 062	2.144	0.756 7	2.296	0.150 3
落叶阔叶林 Deciduous broad-leaf forest	12	302	2.140	0.861 2	1.926	0.144 7
针阔混交林 Coniferous and broad-leaved mixed forest	15	280	2.345	0.861 9	2.485	0.120 1

表 8 不同植被类型蛾类相似性系数

Table 8 The similarity coefficient of moths in different vegetation types

	农田 Farmland	常绿阔叶林 Evergreen broad- leaf forest	落叶阔叶林 Deciduous broad- leaf forest	针阔混交林 Coniferous and broad- leaved mixed forest
常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest				
农田 Farmland	1	0.789 5	0.705 9	0.777 8
常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest		1	0.705 9	0.882 4
落叶阔叶林 Deciduous broad-leaf forest			1	0.800 0
针阔混交林 Coniferous and broad-leaved mixed forest				1

4 结论与讨论

此次共调查、采集、鉴定蛾类昆虫 2 418 头,隶属 160 种 19 科,其中尺蛾科是典型优势科,而斑蛾科、木蠹蛾科、锚纹蛾科、网蛾科属于少见科。由于尺蛾科属于鳞翅目中的一个 大科,且有很多寄主植物,所以分布极为广泛。在此次调查中,不论是个体数量还是种数,尺蛾科都是最大的科。3 个保护站及 4 种植被类型蛾类多样性与均匀度出现不一致的情况,其他学者在研究中也发现此类情况。方程等^[22]对河北省木兰围场森林公园的蛾类物种多样性进行研究,结果显示多样性指数与均匀度指数不相关,这主要与生境相关,当生境遭到破坏时就会导致多样性指数和均匀度指数不一致。

虎牙保护站的多样性指数和均匀度指数均最大,优势度指数和丰富度指数最小,说明虎牙保护站蛾类个体分布均匀,没有突出的优势类群,结构复杂稳定,但蛾类类群少。土城保护站的多样性指数最小,说明土城保护站蛾类类群少,且个体分布不均匀。泗耳保护站的均匀度指数最小,优势度指数与丰富度指数均最大,说明泗耳保护站存在明显的优势类群。其中,虎牙保护站与土城保护站蛾类群落相似性系数最高,这可能是由于这 2 个保护站都在主峰的同一侧,距离相对较近,植被类型相似,导致它们蛾类类群重合度最高。

该研究结果表明针阔混交林蛾类多样性指数、均匀度指数以及丰富度指数均最大,且优势度指数最小,说明针阔混交林中蛾类个体分布十分均匀,没有突出的优势种,群落结构最复杂、最稳定,这可能是由于针阔混交林植物种类复杂,受人为因素的影响较小^[23]。落叶阔叶林蛾类群落多样性指数和丰富度指数均最低,说明落叶阔叶林中蛾类类群少,群落结构极不稳定,这是因为落叶阔叶林中适宜蛾类生存的环境受到破坏。常绿阔叶林蛾类群落均匀度指数最小,优势度

指数最大,说明该种植被类型中具有突出的优势种,在有限的空间资源条件下各类群数量差异明显增大,蛾类群落个体分布极不均匀。

蛾类昆虫对于环境变化十分敏感,在植被类型丰富、植物种类较多以及受人为因素影响较小的保护站蛾类多样性更大,个体分布更均匀,群落结构更稳定。因此,蛾类昆虫可用于监测环境和评价该地区环境质量。迄今为止,四川雪宝顶自然保护区蛾类多样性面临的威胁主要是居民放牧,由于在该保护区的缓冲区及实验区都有居民定期放牧,对该保护区的生态环境造成了一定的破坏,导致该区植物生境过于单一,不利于蛾类的生存和繁殖。若要进一步提高保护区的生物种类多样性,应该联合地方政府以及环保、林业等部门进行协调,控制雪宝顶自然保护区的放牧,尽可能保护生态环境,减少人为干扰,从而保护该保护区蛾类等昆虫资源。

参考文献

- [1] 张云会,王章训,常春燕,等.云雾山自然保护区蛾类群落结构与多样性分析[J].草地学报,2016,24(3):647-651.
- [2] 郭成,袁树先,王政.黑里河自然保护区蛾类多样性初步调查[J].安徽农业科学,2011,39(9):5052-5054.
- [3] 金瑶瑶,陈春棠,朱凌飞,等.浙江省括苍山自然保护区蛾类多样性研究[J].湖北农业科学,2018,57(9):62-66.
- [4] 王丽娜,陈模芳,钱正敏,等.赤水河流域蛾类昆虫种类及区系组成[J].生物灾害科学,2020,43(3):265-269.
- [5] KITCHING R L, ORR A G, THALIB L, et al. Moth assemblages as indicators of environmental quality in remnants of upland Australian rain forest [J]. Journal of applied ecology, 2000, 37(2): 284-297.
- [6] 刘佳敏,张慧,黄秀凤,等.浙江 3 个自然保护区昆虫多样性及森林健康评价[J].浙江农林大学学报,2013,30(5):719-723.
- [7] 王旭明,廖锐,刘莹莹,等.四川雪宝顶国家级自然保护区小型兽类多样性[J].四川林业科技,2021,42(6):54-58.
- [8] 孙治宇,刘洋,冉江洪,等.四川雪宝顶自然保护区的兽类[J].四川动物,2006,25(1):96-98.
- [9] 庞德洪,赵定,吴勇,等.四川雪宝顶国家级自然保护区连香树资源现状及保护[J].四川林业科技,2020,41(2):42-46.

(下转第 73 页)

美程度。

饲料中脂肪水平和脂肪酸含量会影响到鱼体肌肉中脂肪酸组成及含量^[23]。脂肪酸分为饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸,其中饱和脂肪酸可在动物体内合成。多数情况下,鱼类不能合成 n-3、n-6 系列的不饱和脂肪酸,因此这些不饱和脂肪酸被看作是其生长发育所必需的脂肪酸^[24]。张天任等^[25]对刺参的研究发现,水体中添加微生态制剂,可以显著减少刺参体中饱和脂肪酸的含量,这与该试验结果一致。该试验添加微生态制剂对云斑尖塘鳢肌肉不饱和脂肪酸的含量影响较大,其中 n-3 系多不饱和脂肪酸含量试验组显著低于对照组。试验组和对照组云斑尖塘鳢 Σ PUFA n-3/ Σ PUFA n-6 值分别为 4.152 和 5.875,都比 FAO/WHO 推荐的日常膳食要高得多^[26],因此,试验组与对照组云斑尖塘鳢分别可作为 n-6 系和 n-3 系多不饱和脂肪酸的补充途径之一。试验组和对照组云斑尖塘鳢肌肉中 IA 分别为 0.340 和 0.320;IT 分别为 0.026 和 0.024,比牛肉和羊肉相关指标要低得多^[27]。这说明经常食用云斑尖塘鳢,对治疗心血管疾病有较大益处。

4 结论

该试验研究了添加微生态制剂和碳源对云斑尖塘鳢生长性能及肌肉品质的影响,结果表明:在水体中添加微生态制剂和碳源显著促进了云斑尖塘鳢生长,试验组增重率比对照组提高了 19.75%;添加微生态制剂和碳源显著提高了云斑尖塘鳢肌肉中灰分含量,试验组比对照组提高了 11.38%;同时显著降低了粗脂肪含量,试验组比对照组降低了 39.74%;添加微生态制剂和碳源显著降低了云斑尖塘鳢肌肉中脂肪酸的含量($P < 0.05$),试验组饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸均显著低于对照组($P < 0.05$),其中 n-3 系多不饱和脂肪酸差异显著,降低了 37.23%。

参考文献

[1] 姚俊伟,许爱媛,潘淦,等.云斑尖塘鳢遗传多样性的 ISSR 分析[J].广东农业科学,2012,39(22):169-172.
 [2] YANG Z Y,LIANG H W,LI Z,et al.Mitochondrial genome of the marbled goby (*Oxyeleotris marmorata*) [J].Mitochondrial DNA part A:DNA mapping sequencing & analysis,2016,27(2):1073-1074.
 [3] THAKUR D P,LIN C K.Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems[J].Aquacultural engineering,2003,27(3):159-176.
 [4] FUNGE-SMITH S J,BRIGGS M R P.Nutrient budgets in intensive shrimp ponds:Implications for sustainability [J].Aquaculture,1998,164(1/2/3/

4):117-133.
 [5] STEIDL J,KALETTKA T,BAUWE A.Nitrogen retention efficiency of a surface-flow constructed wetland receiving tile drainage water:A case study from north-eastern Germany [J].Agriculture ecosystems & environment,2019,283:1-13.
 [6] 王立明.芽孢杆菌微生物制剂对黄羽肉鸡生长及养分利用情况的影响[J].现代畜牧兽医,2022(4):50-53.
 [7] 郑侠飞.微生物制剂和碳源对水产养殖环境的影响及作用机制[D].杭州:浙江大学,2017.
 [8] 艾金龙,肖淑媛.浅析微生物制剂在湖南小龙虾养殖中的应用[J].现代农村科技,2021(12):50-51.
 [9] 张优平,白海锋,李引娣,等.微生物制剂对长丰鲢苗种培育效果的影响研究[J].水产养殖,2020,41(8):39-40.
 [10] FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee.Energy and protein requirement [M].Rome:FAO Nutrition Meeting Report Series,1973.
 [11] 中国疾病预防控制中心营养与食品研究所.中国食物成分表 2004:第二册[M].北京:北京大学医学出版社,2004.
 [12] 吉维舟,刘晓娜,谌芳,等.野生鲫与养殖鲫肌肉营养成分及抗氧化能力比较分析[J].广东农业科学,2017,44(6):135-138.
 [13] DINGER M T,AYDIN I.Comparing proximate composition and fatty acid profile changes of Jinga shrimps (*Metapenaeus affinis*,H.Milne Edwards,1837) after frying[J].Deutsche lebensmittel-rundschau,2016,112(12):547-552.
 [14] KÜÇÜKGÜLMEZ A,YANAR Y,ÇELİK M,et al.Fatty acids profile,atherogenic,thrombogenic,and polyene lipid indices in golden grey mullet (*Liza aurata*) and gold band goatfish (*Upeneus moluccensis*) from Mediterranean Sea [J].Journal of aquatic food product technology,2018,27(8):912-918.
 [15] LIU L W,LIANG X F,LI J,et al.Effects of supplemental phytic acid on the apparent digestibility and utilization of dietary amino acids and minerals in Juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) [J].Aquaculture nutrition,2018,24(2):850-857.
 [16] 陈丽婷,吴剑峰,赵玉兵,等.零换水条件下复合益生菌对罗非鱼生长性能、肌肉品质及养殖水体环境的影响[J].广东农业科学,2022,49(4):123-134.
 [17] 陆洋,郁二蒙,谢骏,等.添加芽孢杆菌对池塘中理化因子和细菌群落结构的影响分析[J].水产学报,2020,44(1):130-141.
 [18] 白利丹,杨阳,李晓伟,等.微生态制剂对锦鲤生长及水质的影响研究[J].安徽农业科学,2014,42(26):9051-9053.
 [19] 艾炎军,邹叶茂,汤文浩,等.微生态制剂对尼罗鲈生长性能、体成分和免疫活性的影响[J].淡水渔业,2013,43(1):81-84.
 [20] 朱成科,黄辉,向泉,等.泉水鱼肌肉营养成分分析及营养学评价[J].食品科学,2013,34(11):246-249.
 [21] 李成,程小飞,洪波,等.刺鲃鱼卵营养成分分析及评价[J].动物营养学报,2016,28(7):2204-2212.
 [22] 陈玉珍,唐黎,申晓东,等.白斑狗鱼含肉率及肌肉营养成分分析[J].水产科学,2010,29(10):578-582.
 [23] TOCHER D R.Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish [J].Reviews in fisheries science,2003,11(2):107-184.
 [24] 欧红霞,王广军,李希国,等.跑道式池塘循环水养殖对宝石鲈营养成分及血清生化指标的影响[J].渔业现代化,2021,48(2):29-34.
 [25] 张天任,肖珊,王晗,等.一种复合微生态制剂对刺参体壁营养成分的影响[J].大连工业大学学报,2018,37(4):253-256.
 [26] JOANNE T.FAO/WHO consultation on dietary recommendations on total fat and fatty acids[J].Food New Zealand,2010,10(3):12-13.
 [27] 楼乔明,张问,刘连亮,等.狭鳕鱼皮脂肪酸组成分析及其营养评价[J].核农学报,2016,30(2):332-337.

(上接第 68 页)

[10] 杨楠,马东源,吴勇,等.四川雪宝顶国家级自然保护区鸟类群落结构和区系特征[J].四川动物,2019,38(5):571-575.
 [11] 中国科学院动物研究所.中国蛾类图鉴I[M].北京:科学出版社,1983.
 [12] 中国科学院动物研究所.中国蛾类图鉴II[M].北京:科学出版社,1983.
 [13] 中国科学院动物研究所.中国蛾类图鉴III[M].北京:科学出版社,1983.
 [14] 中国科学院动物研究所.中国蛾类图鉴IV[M].北京:科学出版社,1983.
 [15] 杨平之.高黎贡山蛾类图鉴[M].北京:科学出版社,2016.
 [16] 韩红香,薛大勇.中国动物志:昆虫纲 第五十四卷 鳞翅目 尺蛾科 尺蛾亚科[M].北京:科学出版社,2011.
 [17] 武春生,方承莱.中国动物志:昆虫纲 第三十一卷 鳞翅目 舟蛾科 [M].北京:科学出版社,2003.

[18] 陈一心.中国动物志:昆虫纲 第十六卷 鳞翅目 夜蛾科[M].北京:科学出版社,1999.
 [19] 朱弘复,王林瑶.中国动物志:昆虫纲 第十一卷 鳞翅目 天蛾科[M].北京:科学出版社,1997.
 [20] 方承莱.中国动物志:昆虫纲 第十九卷 鳞翅目 灯蛾科[M].北京:科学出版社,2000.
 [21] 朱弘复,王林瑶.中国动物志:昆虫纲 第五卷 鳞翅目 蚕蛾科 网蛾科[M].北京:科学出版社,1996.
 [22] 方程,任国栋,李迪,等.河北省木兰围场国家森林公园三种林型的蛾类物种多样性比较研究[J].内蒙古大学学报(自然科学版),2017,48(5):538-544.
 [23] 师丹.王朗国家级自然保护区蛾类多样性研究[D].雅安:四川农业大学,2009.