

DOI: 10.5846/stxb201503140494

查玉平, 骆启桂, 徐芬, 陈京元, 向启波, 向明贵. 后河国家级自然保护区蛾类昆虫的季节多样性. 生态学报, 2016, 36(17): - .
Zha Y P, Luo Q G, Xu F, Chen J Y, Xiang Q B, Xiang M G. Seasonal moth diversity in Houhe National Nature Reserve. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(17): - .

后河国家级自然保护区蛾类昆虫的季节多样性

查玉平^{1,*}, 骆启桂², 徐芬², 陈京元¹, 向启波³, 向明贵³

1 湖北省林业科学研究院, 武汉 430075

2 华中师范大学, 武汉 430079

3 后河国家级自然保护区, 五峰 440000

摘要:后河国家级自然保护区位于湖北省与湖南省交界处, 属于武陵山脉, 与湖南壶瓶山国家级自然保护区相邻。该保护区自然环境优越, 为昆虫繁衍提供了良好条件。为了研究后河国家级自然保护区蛾类昆虫的季节动态变化, 在春、夏、秋三季, 选取茅坪、湾潭和独岭为样地, 采用灯光诱集方法, 对后河国家自然保护区的蛾类昆虫群落多样性及季节变化进行了调查。采用 α -多样性测度方法, 分析了物种丰富度(S)、多样性指数(科、属及种级)(H)、均匀度指数(J)和优势度指数(D)。结果表明:后河国家自然保护区的蛾类昆虫分属 21 科 173 属 227 种, 其中夜蛾科的丰富度最高达到 62。随后是, 尺蛾科和螟蛾科昆虫, 它们的物种丰富度指数分别为 58 和 25。从各科个体数来看, 尺蛾科昆虫最多有 423 头, 灯蛾科排第二, 有 351 头, 第三的是夜蛾科昆虫有 336 头。蛾类昆虫的物种丰富度指数、多样性指数、均匀度指数及优势度指数随季节变化而变化。蛾类昆虫的物种丰富度指数以夏季最高, 达到 117; 然后依次是秋季和春季。科级、属级和种级多样性指数也以夏季最高, 分别为 2.22、4.05 和 4.29。均匀度指数和优势度指数以春季最高, 分为 2.40 和 0.12。研究得出后河国家级自然保护区的生态环境好。

关键词:蛾; 多样性; 后河国家级自然保护区; 丰富度; 均匀度; 优势度

Seasonal moth diversity in Houhe National Nature Reserve

ZHA Yuping^{1,*}, LUO Qigui², XU Fen², CHEN Jingyuan¹, XIANG Qibo³, XIANG Minggui³

1 Hubei Academy of Forestry, Wuhan 430075, China

2 Huazhong Normal University, Wuhan 430079, China

3 Houhe National Nature Reserve, Wufeng 440000, China

Abstract: Houhe National Nature Reserve is located in the junction of Hubei and Hunan provinces (29°59'—30°10' N, 110°22'—110°52'E) in the Wuling mountains adjacent to Hupingshan National Nature Reserve of Hunan Province. The favorable natural environment of Houhe National Nature Reserve provides good conditions for insect reproduction. A field investigation of moth diversity was performed in this Reserve, with sampling locations in Maoping, Wantan, and Duling. Light traps were used to collect moth samples, and the specimens were identified in the laboratory. Indices of species richness (S), diversity (H), evenness (J), and dominance (D) of the community were examined at the family, genus, and species levels in spring, summer, and autumn by assessing α -diversity. A total of 227 species belonging to 173 genera in 21 families were collected. Noctuidae was the richest family (S = 62). The S value of Geometridae was 58, and that of Pyralidae was 25. However, Geometridae had the largest number of individuals (n = 423), followed by Arctiidae (n = 351) and Noctuidae (n = 336). The dominant species in Houhe National Nature Reserve were *Zeuzera coffeae* Nietner, *Seudya flavida* Leech, *Agylla ramelana* (Moore), and *Eilema flavicosta* (Moore). The richness, diversity, evenness, and

基金项目:湖北省自然科学基金项目(2002AB106);国家自然科学基金项目(30901154)

收稿日期:2015-03-14; 网络出版日期:2015-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhayuping@163.com

dominance indices of the moth community changed seasonally. Species richness and diversity were highest in summer, while evenness and dominance were highest in spring. Species richness in summer was 117, and summer H values for family, genus, and species were 2.22, 4.05, and 4.29, respectively. The evenness and dominance indices in spring were 2.40 and 0.12, respectively. From these results, we conclude that the environmental quality in Houhe National Nature Reserve is good.

Key Words: moth; diversity; Houhe National Nature Reserve; species richness; evenness; dominance

后河国家级自然保护区位于湖北省与湖南省交界处,属于武陵山脉。保护区内季节分明,冬冷夏热,雨热同季,多暴雨,垂直气候明显;全年多为静风或偏东风,年平均气温为 11.5℃,年平均降水量约 1814mm,年平均蒸发量 1100mm。保护区内最高峰独岭(海拔 2252.2m)也是武陵山脉东部最高峰,最低点在百溪河谷(海拔 398.5m)。该地区属于亚热带和温带植物区系的交汇地区,有大面积的亚热带常绿、落叶阔叶林和珙桐、红豆杉、金钱豹、金雕等珍稀物种。该保护区森林单位面积所承载的物种数丰富、密集度高,被誉为“三峡绿宝石”^[1]。

国内不少学者对该地区的动、植物资源进行过调查^[2-4],其中王文凯等人^[5](2003)对天牛科(Cerambycidae)昆虫、李传仁等人^[6](2003)对半翅目(Hemiptera)昆虫、谢广林和王文凯^[7](2006)对直翅目(Orthoptera)昆虫、笔者^[8-9](2004)对鳞翅目(Lepidoptera)昆虫进行过初步的名录调查,仅笔者^[10](2006)对该地区的蝴蝶开展了生物多样性研究。

因此,本文以后河国家级自然保护区蛾类昆虫为研究对象,采用灯光诱集的方法,研究其群落结构及季节多样性变化,提供后河国家级自然保护区蛾类昆虫多样性基本信息,为该保护区的生物多样性监测和保护提供基础资料。

1 研究方法

1.1 研究地点

根据后河国家级自然保护区的地理条件,按不同的地形和不同的海拔高度设置:茅坪(800—1100 m)、湾潭(900—1200 m)、独岭(1800—2000 m)等 3 个采集点。

1.2 调查方法

根据昆虫在野外活动的规律,分别在 2003 年夏季(7 月)、秋季(9—10 月)和 2004 年的春季(4 月)、夏季(7 月)、秋季(9—10 月)进行采集。晚上 18:00 到 22:00,应用灯光诱集的方法采集蛾类昆虫标本。诱集灯为 250 W 的汞灯,幕布选用 2 m×2 m 的白布。在采集点随机选取样地,用铁丝将幕布挂在诱集灯后方 15—20 cm 处,收集落在幕布前后的昆虫。所有收集到的蛾类昆虫用毒瓶杀死,小心放于纸袋中。依据《中国蛾类图鉴》(1—4 册)、相关文献^[11-30]并结合检索表进行分类鉴定。

1.3 数据处理

根据调查记录和采集的标本,运用相关公式进行多样性分析。

a. 物种丰富度指数:直接用物种数 S 表示。

b. 优势度指数:采用 Berger-Parker 优势度公式 $D = N_{\max}/N$,式中: D 为优势度指数; N_{\max} 为优势种的种群数量; N 为所有物种的种群数量。

c. 多样性指数:采用等级多样性指数 $H(\text{FGS}) = H(\text{F}) + H(\text{G}) + H(\text{S})$,这里 $H(\text{F})$ 、 $H(\text{G})$ 、 $H(\text{S})$ 分别为科级、属级和种级的多样性指数,各级多样性指数用 Shannon-Wiener 多样性公式 $H = - \sum P_i \ln P_i$ (其中 $P_i = N_i/N$) 计算,式中: P_i 为群落中属于第 i 种的个体比例; N 为物种总个体数; N_i 为第 i 种个体数。

d. 均匀度指数:采用 Pielou 均匀度公式 $J = H/\ln S$,式中: J 为群落的均匀度指数; H 为实测群落的生物多

样性指数;S 为物种数目。

2 结果与分析

2.1 蛾类昆虫群落的数量特征

经过标本采集和鉴定,后河国家级自然保护区的蛾类昆虫有 21 科 173 属 227 种(见表 1)。就全年而言,夜蛾科昆虫物种丰富度指数最高达到了 62,种比例为 27.31%。其次,尺蛾科昆虫物种丰富度指数也达到了 58,种比例为 25.55%。螟蛾科昆虫的物种丰富度指数排第三位,为 25,种比例为 11.01%。其他科昆虫按物种丰富度指数大小排列,依次为灯蛾科、毒蛾科、舟蛾科、枯叶蛾科、钩蛾科、刺蛾科、天蛾科、虎蛾科、卷蛾科、斑蛾科、波纹蛾科、鹿蛾科、木蠹蛾科、蚕蛾科、燕蛾科、大蚕蛾科、锚纹蛾科和网蛾科。从各科昆虫的个体数来看,尺蛾科昆虫最多有 423 头,灯蛾科排第二,有 351 头,第三的是夜蛾科昆虫有 336 头。其他科昆虫个体数由高到低依次为螟蛾科、毒蛾科、虎蛾科、舟蛾科、木蠹蛾科、钩蛾科、枯叶蛾科、天蛾科、刺蛾科、斑蛾科、卷蛾科、波纹蛾科、鹿蛾科、锚纹蛾科、网蛾科、燕蛾科和大蚕蛾科。在后河国家自然保护区除去夜蛾科、尺蛾科和螟蛾科等三个大类群,灯蛾科昆虫的物种丰富度指数最高且个体数最多,其次是毒蛾科昆虫和舟蛾科昆虫。

表 1 后河国家级自然保护区蛾类群落的数量特征(2003—2004)

Table 1 Quantitative indices of moths community diversity in Houhe National Nature Reserve (2003—2004)

科名 Families	属数 Genera				种数 Species				个体数 Individuals				丰富度 Species richness	种比例/% Species percentage
	春	夏	秋	合计	春	夏	秋	合计	春	夏	秋	合计		
	Spring	Summer	Autumn	Total	Spring	Summer	Autumn	Total	Spring	Summer	Autumn	Total		
天蛾科 Sphingidae	2	2	0	4	2	3	0	5	15	9	0	24	5	2.20
木蠹蛾科 Cossidae	1	1	0	1	1	1	0	1	2	28	0	30	1	0.44
刺蛾科 Limacodidae	1	3	0	4	1	4	0	5	4	17	0	21	5	2.20
毒蛾科 Lymantriidae	1	5	6	8	1	5	7	10	17	24	31	72	10	4.41
斑蛾科 Zygaenidae	0	2	0	2	0	2	0	2	0	15	0	15	2	0.88
虎蛾科 Agaristidae	0	1	0	1	0	3	0	3	0	69	0	69	3	1.32
舟蛾科 Notodontidae	3	4	1	8	3	4	1	8	8	15	10	33	8	3.52
鹿蛾科 Amatidae	0	1	0	1	0	2	0	2	0	9	0	9	2	0.88
钩蛾科 Drepanidae	1	4	2	5	1	5	2	6	4	20	3	27	6	2.64
枯叶蛾科 Lasiocampidae	3	1	3	5	3	1	3	7	11	6	10	27	7	3.08
灯蛾科 Arctiidae	2	4	8	9	2	6	17	23	42	207	102	351	23	10.13
蚕蛾科 Bombycidae	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	0	3	1	0.44
波纹蛾科 Thyatiridae	0	1	1	2	0	1	1	2	0	6	3	9	2	0.88
夜蛾科 Noctuidae	8	30	23	49	8	34	27	62	41	217	78	336	62	27.31
尺蛾科 Geometridae	16	25	21	48	16	25	27	58	104	225	94	423	58	25.55
螟蛾科 Pyralidae	1	14	7	19	1	16	8	25	5	116	56	177	25	11.01
燕蛾科 Uraniidae	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	3	3	1	0.44
大蚕蛾科 Saturniidae	1	0	0	1	1	0	0	1	3	0	0	3	1	0.44
锚纹蛾科 Callidulidae	1	0	1	1	1	0	1	1	4	0	2	6	1	0.44
网蛾科 Thyrididae	0	1	0	1	0	1	0	1	0	6	0	6	1	0.44
卷蛾科 Tortricidae	0	2	0	2	0	3	0	3	0	9	0	9	3	1.32
合计 Total	41	102	74	173	41	117	95	227	260	1001	392	1653	227	100

随着季节的变化,蛾类昆虫群落结构组成有较大变化。春季有 13 科 41 属 41 种,夏季有 18 科 102 属 117 种,秋季有 11 科 74 属 95 种。各类群的物种丰富度指数和个体数的排序也随季节变化而有所变动。春季,尺蛾科昆虫物种丰富度指数最高为 16,其后依次为夜蛾科、舟蛾科、枯叶蛾科、灯蛾科、天蛾科、木蠹蛾科、刺蛾科、毒蛾科、钩蛾科、螟蛾科、大蚕蛾科和锚纹蛾科。其他科蛾类昆虫未在春季采集到。同时个体数最多的也是尺蛾科昆虫,有 104 头,占有蛾类昆虫的 40%。夏季,夜蛾科昆虫物种丰富度指数最高达到了 34,然后依

次为尺蛾科、螟蛾科、灯蛾科、毒蛾科、钩蛾科、刺蛾科、舟蛾科、天蛾科、虎蛾科、卷蛾科、斑蛾科、鹿蛾科、木蠹蛾科、枯叶蛾科、蚕蛾科、波纹蛾科和网蛾科。其他科蛾类昆虫未在夏季采集到。而个体数最多依然是尺蛾科昆虫,有 225 头,占有蛾类昆虫的 22.48%。秋季,夜蛾科和尺蛾科昆虫物种丰富度指数最高,均达到了 27,然后依次为灯蛾科、螟蛾科、毒蛾科、枯叶蛾科、钩蛾科、舟蛾科、波纹蛾科、燕蛾科和锚纹蛾科。其他科蛾类昆虫未在秋季采集到。个体数最多则是灯蛾科昆虫,有 102 头,占有蛾类昆虫的 26.02%。在夜蛾科、尺蛾科和螟蛾科等三个大类群之外,春季舟蛾科昆虫丰富度指数最高,而夏秋两季则是灯蛾科昆虫占优。

2.2 蛾类昆虫群落的优势种类

由表 2 可以看出,后河国家级自然保护区的蛾类昆虫中优势种为咖啡豹蠹蛾 *Zeuzera coffeae* Nietner、黄修虎蛾 *Seudyra flavida* Leech、白黑华苔蛾 *Agrylla ramelana* (Moore) 和黄缘土苔蛾 *Eilema flavicosta* (Moore)。就全年来看,黄缘土苔蛾优势度指数最高为 0.0617,其次是黄修虎蛾,优势度指数为 0.0345,然后是白黑华苔蛾(优势度指数为 0.0272)和咖啡豹蠹蛾(优势度指数为 0.0163)。但是各个季节的优势种有所变化。春季的优势种是咖啡豹蠹蛾,优势度指数为 0.1216;夏季的优势种是黄修虎蛾和黄缘土苔蛾,优势度指数均为 0.0763;秋季的优势种是白黑华苔蛾和黄缘土苔蛾,优势度指数均为 0.0658。

表 2 后河国家级自然保护区各季蛾类优势种的优势度

Table 2 Dominance index of the dominant species of moths in each species in Houhe National Nature Reserve

种名 Species	优势度 D Dominance index			
	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	全年 Total
咖啡豹蠹蛾 <i>Zeuzera coffeae</i> Nietner	0.1216	0.0135	0	0.0163
黄修虎蛾 <i>Seudyra flavida</i> Leech	0	0.0763	0	0.0345
白黑华苔蛾 <i>Agrylla ramelana</i> (Moore)	0	0	0.0658	0.0272
黄缘土苔蛾 <i>Eilema flavicosta</i> (Moore)	0	0.0763	0.0658	0.0617

2.3 蛾类昆虫群落季节多样性

从表 3 来看,夏季的等级多样性指数及丰富度指数都是最高的,分别为 10.5539 和 117。然后依次是秋季和春季。但是春季的均匀度指数最高,为 2.4049。接着是夏季和秋季。从全年来看,后河国家级自然保护区的蛾类昆虫等级多样性指数 $H(FGS)$ 达到了 11.5530,均匀度指数达到了 2.1296。这表明后河国家级自然保护区生态系统中的蛾类昆虫群落结构合理,比较稳定。从图 1 可以看出,后河国家级自然保护区的蛾类昆虫的个体数和物种数的变化趋势是一致的。夏季的个体数和物种数最多,这与该季气候适宜大多数昆虫的繁殖,是它们种群繁衍盛期有关^[31]。

表 3 后河国家级自然保护区蛾类昆虫的丰富度、等级多样性指数和均匀度

Table 3 Species richness and indices of gradational diversity and evenness degree of the moths in Houhe National Nature Reserve

季节 Season	个体数 Number of individuals	丰富度 S Species richness	等级多样性指数 Indices of gradational diversity				均匀度 J' Evenness index
			H(F)	H(G)	H(S)	H(FGS)	
春季 Spring	222	41	1.9627	3.4840	3.4840	8.9307	2.4049
夏季 Summer	747	117	2.2196	4.0479	4.2864	10.5539	2.2162
秋季 Autumn	684	95	1.5444	3.7053	4.0877	9.3374	2.0405
全年 Total	1653	227	2.1152	4.5246	4.9132	11.5530	2.1296

H(F): 科级多样性指数 indices of family diversity; H(G): 属级多样性指数 indices of generic diversity; H(S): 种级多样性指数 indices of species diversity; H(FGS): 等级多样性指数 indices of gradational diversity

3 讨论

后河国家级自然保护区的蛾类昆虫群落由 21 科 173 属 227 种组成,其中全年的优势类群是夜蛾科和尺

蛾科,优势种是咖啡豹蠹蛾。不同季节保护区内的蛾类昆虫群落组成有所变化,并且各项多样性指数有所不同,但基本上都是夏季指数最高。这也表明当地夏季的温湿度更适合蛾类昆虫群落物种增长。

保护区内的蛾类昆虫群落多样性指数达到了 11.5530,说明该地区的生态环境良好,蛾类昆虫群落结构复杂。本研究发现保护区内不同季节的蛾类昆虫群落多样性指数与均匀度并不一致,表现为生态位优先占领假说,这和尤平等^[32](2003)、贾彦霞等^[33](2010)的研究结果是一致的。马玲等^[34](2011)认为昆虫群落多样性指数与均匀度不一致表明环境质量好,因此本研究结果体现出后河国家级自然保护区的总体生态环境良好。

植被状况、寄主植物丰度、气候、人为活动等多种因子都会对蛾类昆虫群落多样性产生影响,蛾类昆虫群落结构能够很好地保持同保护区内丰富植物资源和生态保护措施密切相关。昆虫是森林生态系统中物种多样性的重要组成部分,在森林物质和能量流动与转化中起着不可忽视的作用。有学者^[35-36]认为许多蛾类昆虫对森林环境变化敏感,其分布状态及种群动态可以很好地反映森林生态系统状况,可作为自然保护区的质量评价和环境监测的指标。当然,其对森林生态系统质量评价和环境监测中的指示作用还有待于进一步研究。

参考文献 (References):

- [1] 宋朝枢,刘胜祥.湖北后河自然保护区科学考察集.北京:中国林业出版社,1999.
- [2] 邓友平,陈星球.鄂西后河自然保护区蕨类植物区系地理研究.武汉植物学研究,1994,12(2):129-136.
- [3] 杨其仁,张铭,何定富,戴宗兴,吴法清,张如松,卢卫民,唐登奎,索建中,黄大全,左杰,邓长胜.湖北省后河自然保护区陆生脊椎动物物种多样性调查.华中师范大学学报:自然科学版,1998,32(4):476-477.
- [4] 李新,胡理乐,黄汉东,江明喜.后河自然保护区水丝梨群落优势种群结构与格局.应用生态学报,2003,14(6):849-852.
- [5] 王文凯,谢广林.湖北后河国家自然保护区天牛科昆虫初步名录//湖北省昆虫学会.华中昆虫研究(第二卷).北京:中国农业出版社,2003.
- [6] 李传仁,郑乐怡,卜文俊,等.后河国家自然保护区蜻蛉类昆虫考察报告//湖北省昆虫学会.华中昆虫研究(第二卷).北京:中国农业出版社,2003.(未链接到本条文献信息)
- [7] 谢广林,王文凯.后河国家自然保护区直翅目昆虫初步研究.长江大学学报:自科版,2006,3(1):110-112.
- [8] 查玉平,骆启桂,黄大钱,邓长盛.后河国家级自然保护区蝶类名录及区系的初步研究.华中师范大学学报:自然科学版,2004,38(2):215-219.
- [9] 查玉平,骆启桂,黄大钱,邓长盛,黄辉,向启波.湖北省五峰后河国家级自然保护区蛾类昆虫调查初报.华中师范大学学报:自然科学版,2004,38(4):479-485.
- [10] 查玉平,骆启桂,王国秀,吴少斌,黄大钱,邓长盛,隗权.后河国家级自然保护区蝴蝶群落多样性研究.应用生态学报,2006,17(2):265-268.
- [11] 中国科学院动物研究所.中国蛾类图鉴 I.北京:科学出版社,1981.
- [12] 中国科学院动物研究所.中国蛾类图鉴 II.北京:科学出版社,1982.
- [13] 中国科学院动物研究所.中国蛾类图鉴 III.北京:科学出版社,1982.
- [14] 中国科学院动物研究所.中国蛾类图鉴 IV.北京:科学出版社,1983.
- [15] 朱弘复,王林瑶.中国动物志·昆虫纲第三卷.北京:科学出版社,1991.
- [16] 朱弘复,王林瑶.中国动物志·昆虫纲第五卷.北京:科学出版社,1996.
- [17] 武春生.中国动物志·昆虫纲第七卷.北京:科学出版社,1997.
- [18] 朱弘复,王林瑶.中国动物志·昆虫纲第十一卷.北京:科学出版社,1997.
- [19] 薛大勇,朱弘复.中国动物志·昆虫纲第十五卷.北京:科学出版社,1999.

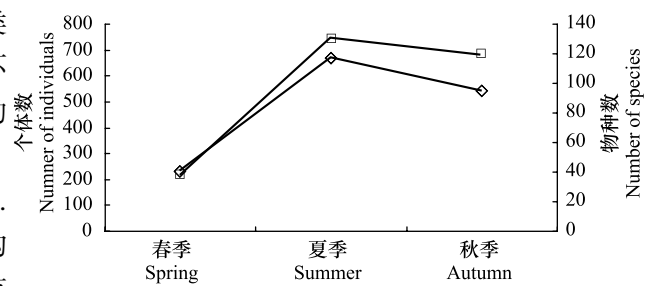


图 1 后河国家级自然保护区蛾类昆虫群落季节动态

Fig.1 The seasonal dynamic of insect community in Houhe National Nature Reserve

- [20] 陈一心. 中国动物志·昆虫纲第十六卷. 北京: 科学出版社, 1999.
- [21] 方承莱. 中国动物志·昆虫纲第十九卷. 北京: 科学出版社, 2000.
- [22] 刘友樵, 李广武. 中国动物志·昆虫纲第二十七卷. 北京: 科学出版社, 2002.
- [23] 赵仲苓. 中国动物志·昆虫纲第三十卷. 北京: 科学出版社, 2003.
- [24] 武春生, 方承莱. 中国动物志·昆虫纲第三十一卷. 北京: 科学出版社, 2003.
- [25] 赵仲苓. 中国动物志·昆虫纲第三十六卷. 北京: 科学出版社, 2004.
- [26] 朱弘复. 中国动物志·昆虫纲第三十八卷. 北京: 科学出版社, 2004.
- [27] 刘友樵, 武春生. 中国动物志·昆虫纲第四十七卷. 北京: 科学出版社, 2006.
- [28] 韩红香, 薛大勇. 中国动物志·昆虫纲第五十四卷. 北京: 科学出版社, 2011.
- [29] 郑乐怡, 归鸿. 昆虫分类(上、下册). 南京: 南京师范大学出版社, 1999.
- [30] 王淑霞, 李后魂. 中国斑织蛾属分类学研究及四新种记述(鳞翅目: 织蛾科). 昆虫学报, 2003, 46(1): 68-75.
- [31] 王新谱, 杨锋, 杨贵军. 黄河湿地银川段昆虫群落组成及其多样性研究. 四川动物, 2008, 27(5): 827-828, 831.
- [32] 尤平, 李后魂, 王淑霞, 徐家生. 天津七里海湿地蛾类多样性. 昆虫学报, 2003, 46(5): 617-621.
- [33] 贾彦霞, 贺海明, 杨贵军, 王新谱. 宁夏贺兰山蛾类区系调查及多样性分析. 宁夏大学学报: 自然科学版, 2010, 31(2): 169-172.
- [34] 马玲, 顾伟, 丁新华, 骆有庆, 韩争伟, 吴思亮. 扎龙湿地昆虫群落结构及动态. 生态学报, 2011, 31(5): 1371-1377.
- [35] 尤平, 李后魂. 天津湿地蛾类丰富度和多样性及其环境评价. 生态学报, 2006, 26(3): 629-637.
- [36] 尤平, 李后魂, 王淑霞. 天津北大港湿地自然保护区蛾类的多样性. 生态学报, 2006, 26(4): 999-1004.