

冀西北坝上地区灯下蛾类群落结构特征

杨向东^{1,3}, 董建臻^{1,*}, 李瑞军¹, 张立峰^{2,3}, 黄亚群²

(1. 河北农业大学植物保护学院, 保定 071001; 2. 河北农业大学农学院, 保定 071001;

3. 农业部张北农业资源与生态环境重点野外观测试验站, 张北 076450)

摘要:对冀西北坝上地区蛾类进行了逐日灯诱监测,以微软系统的 Excel 列表、作图,进行蛾类群落的种-多度曲线作图及群落多样性(H')、均匀度(J')、物种丰富度(S)和个体数(N)的时间和空间分布的处理,并做了多样性分析。结果表明:该区蛾类已知 16 科 173 属 247 种,夜蛾科是该区蛾类的优势类群,旋幽夜蛾、网锥蛾野螟(草地螟)和小菜蛾为当地优势种。从 5 月到 9 月蛾类多样性指数、物种丰富度和个体数基本呈上升趋势,多样性指数与均匀度($r=0.9477$)、物种数($r=0.7785$)、个体数($r=0.9704$)相一致。不同月份间的蛾类相似程度差异较大,种-多度关系符合对数正态分布模型,研究认为坝上地区蛾类赖以生存的生态环境稳定,生态环境条件保持较好。

关键词:坝上地区;蛾类;群落结构;种-多度

Characteristics of community structure of moth under light-trap in Northwestern Bashang Plateau of Hebei Province

YANG Xiangdong^{1,3}, DONG Jianzhen^{1,*}, LI Ruijun¹, ZHANG Lifeng^{2,3}, HUANG Yaqun²

1 College of Plant Protection, Agriculture University of Hebei, Baoding 071001, China

2 College of Agronomy, Agriculture University of Hebei, Baoding 071001, China

3 Zhangbei Agricultural Resource and Ecological Environment Key Field Research Station, Ministry of Agriculture, Zhangbei 076450, China

Abstract: Bashang Plateau is situated in the northwestern of Hebei Province ($41^{\circ}09' - 42^{\circ}20'$, $113^{\circ}70' - 116^{\circ}30'$, 1400—1600m). It is an arid region with abundant solar energy resources, large day and night temperature difference, 387.6 mm average annual precipitation, and 90—100 days frostless period, which leads to the period of crop cultivation is only limited from June to September. Bashang Plateau has complex geomorphic feature, and diversity of plateau vegetations is abundant, such as kinds of vegetables, alfalfa, naked oats, sugarbeet, potato, natural pasture, and shelterbelt etc. Bashang Plateau, where major planting vegetable are cruciferous, has been the fifth vegetable production base of China, and been the semiarid cold farming-grazing transitional zone.

In order to identify different species, moths in Agro-Zhangbei station were monitored with ultraviolet light-trap from June to September in 2006 and from May to September in 2007. To collect the trapping insects, the Light-trap was turned on from half past seven in the afternoon until six in the next morning. The moths were frozen 3 to 4 hours or fumigated in poisonous bucket, and than were made to be specimens, classified, identified, and counted. The study of dynamic characteristics of moths community structure will provide basic data of insects for resource utilization and environmental quality monitoring in Bashang Plateau.

Data of insects collected during the survey were listed in Excel and constructed on the species abundance, the indices of diversity (H'), evenness (J'), specific richness (S), and individual number (N). The status of Bashang Plateau has been analyzed by using the curve of the moth community species abundance, the indices of diversity, the connection of the evenness and the indices of diversity, etc. The results show that a total of 247 moth species belonging to 173 genera in 16

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划(2006BAD15B05);河北省“十一五”科技支撑计划(06220901D)

收稿日期:2009-12-23; **修订日期:**2010-05-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: djz116@sina.com.

families were collected from northwestern Bashang Plateau. Noctuidae, including 69 genera and 122 species, was the biggest family. Other three families, Geometridae including 26 genera and 31 species, Pyralididae including 22 genera and 27 species, and Tortricidae including 18 genera and 19 species also have abundant species diversity. The small families were Cossidae, Oecophoridae, Gelechiidae, Yponomeutidae, and Pterophoridae. The dominant species were *Scotogramma trifolii* (Rottemberg), *Loxostege sticticalis* Linnaeus, and *Plutella xylostella* Linnaeus. The diversity index, specific richness and individual number increased from May to September. The significant correlation was found between indices of diversity and evenness ($r=0.9477$), and indices of diversity and number of species ($r=0.7785$), indices of diversity and number of individuals ($r=0.9704$) were significantly correlated. The index of community similarity of the moths was obvious in different months, and the biggest difference ($r=0.7241$) appeared between July and August. The curve of the moth species abundance was in accordance with the log-normal hypothesis, and an equation was obtained as $S(R) = 48\exp - [0.2(R-2)]^2$. Species of moths in Bashang Plateau was rich, and the community was stable, which indicates that the environmental conditions which moths depend on in Bashang Plateau are stable, and the ecological environmental quality preserves quite well.

Key Words: northwestern Bashang Plateau of Hebei Province; moth; community structure; species abundance

昆虫作为物种丰富的门类,其分布与环境密切相关,又以其生长周期短、易采集、种群波动大、活动范围小和对环境变化敏感等特性,常被选作监测环境变化的代表类群^[1-3]。昆虫群落结构多从昆虫多样性方面进行研究,昆虫物种的多样性研究已成为当今生态学以及环境科学研究的热门课题之一^[4-6]。

冀西北坝上地区包含着农业种植区与草原畜牧区,加之三北防护林体系贯穿其间,形成了其独特生态体系。迄今为止,对于坝上地区昆虫的研究甚少,仅有关于该地区趋光性昆虫种群动态和菜田昆虫群落及个别科昆虫^[7-9]的报道,整个蛾类群落结构特征动态研究尚属空白。

本研究以农业部张北农业资源与生态环境重点野外科学观测试验站作为试验点,经过两年时间对该区灯下蛾类进行了逐日灯诱统计,共鉴定蛾类标本 16 科 173 属 247 种,并作了群落结构及其多样性的分析探讨,以为该地的资源利用以及环境质量监测提供昆虫方面的基础资料。

1 研究方法

1.1 研究区域自然概况

坝上地区位于河北省西北部,北纬 $41^{\circ}09'$ — $42^{\circ}20'$,东经 $113^{\circ}70'$ — $116^{\circ}30'$,海拔 1400—1600m,该区属寒温带半干旱大陆性季风气候。近 17 年的气象资料显示,该区年均气温 3.92°C ,极端最高温 32.4°C ,极端最低温 -32.7°C ,最热月 7 月份平均气温 19.3°C ,最冷月 1 月份平均气温 -14.3°C ,年均降水量 387.6mm 左右。光照资源丰富,昼夜温差大,无霜期短,仅 90—100d,使得该地区农业生产季节为每年的 6 月到 9 月份。冀西北坝上地区地貌特征复杂,植被类型多种多样,包括各种蔬菜、苜蓿、莜麦、甜菜、马铃薯、南瓜、天然草场、药材、向日葵、玉米、花卉以及防护林等。经十几年的发展,坝上地区现已逐渐成为全国第五大蔬菜基地—叶菜、根茎类喜凉蔬菜夏秋南运基地^[10],蔬菜生产主要以十字花科蔬菜为主。农区、牧区重叠交错,加之三北防护林体系贯穿其间,使得坝上地区形成了其独特生态体系。

1.2 调查方法

试验于 2006 年 6—9 月和 2007 年 5—9 月,在农业部张北农业资源与生态环境重点野外观测试验站进行。采用频振式诱虫灯,灯底座距离地面约 120cm。每晚 19:30 开灯(雨天除外),第 2 天早晨 06:00 关灯,收集前一天夜间诱集的昆虫,冰箱冷冻处理 3—4h 或毒桶熏蒸处理,进行标本制作、分类鉴定和数量统计。蛾类标本分类鉴定主要依据国内蛾类专著^[11-14]。

1.3 数据分析方法

多样性的分析采用以下参数^[15-17]

物种丰富度 (Species richness, S) 和个体总数 (Individual number, N), 在多样性分析中分别采用其自然对数 ($\ln S$ 和 $\ln N$)。

优势度指数 (dominance index, D) 采用 Berger-Parker 指数: $D = N_{\max}/N_T$, 其中 $N_{\max}$ 为优势种的种群数量, N_T 为群落全部种类的种群数量。

采用等级多样性指数 $H(FGS) = H(F) + H(G) + H(S)$, 这里 $H(F)$ 、 $H(G)$ 、 $H(S)$ 分别为科级、属级和种级的多样性指数, 多样性应用 MacArthur 多样性指数 $H = \exp(H')$, 其中 H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数, 公式为: $H' = -\sum P_i \ln P_i$, P_i 为第 i 种个体占个体总数的比率。

均匀度 (Evenness, J') 采用 Pielou 公式 $J' = H'/\ln S$, 其中 H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数, S 为群落中物种数。

种-多度分布: 种-多度关系所阐明的是群落中各个物种个体数的分布规律。取 $\log_2$ 作为刻度对以算术刻度为标尺的种相对多度重新并组, 重新并组后的刻度单位称为倍程 (octave)。在 X 轴为倍程刻度, Y 轴为普通算术刻度的坐标系上, 以蛾类昆虫个体数为横坐标, 以蛾类昆虫种类数为纵坐标来描绘种-多度图。

相似性系数: 群落的相似性采用 Sorensen 的物种相似性系数计算。 $C_s = 2J/(a+b)$, 式中 C_s 为物种相似性系数 (C_s 介于 0 和 1 之间), J 为群落 A 和群落 B 的共有种数, a 为群落 A 的物种数, b 为群落 B 的物种数, C_s 越大则两个群落越相似。

2 结果

2.1 蛾类群落的种类组成

经鉴定, 冀西北坝上地区的蛾类有 16 科 173 属 247 种。各月份种类组成差异较大, 5 月份 7 科 24 属 28 种, 6 月份 9 科 73 属 94 种, 7 月份 16 科 136 属 187 种, 8 月份 12 科 119 属 162 种, 9 月份 6 科 27 属 31 种。在各类群中, 以夜蛾科 Noctuidae (69 属 122 种) 为优势, 为总种数的 49.39%。尺蛾科 Geometridae (26 属 31 种)、螟蛾科 Pyralidae (22 属 27 种)、卷蛾科 Tortricidae (18 属 19 种) 的种类也较多 (表 1)。从各类群的个体数量来看, 以夜蛾科的数量最大 (16761 头), 其次为螟蛾科 (11431 头) 和菜蛾科 Plutellidae (6364 头), 以木蠹蛾科 Cossidae、织蛾科 Oecophoridae、麦蛾科 Gelechiidae、巢蛾科 Yponomeutidae、羽蛾科 Pterophoridae 的种类和数量最少, 占总种数的比例均小于 1%, 为该地带的稀有类群。虽然菜蛾科比例也小于 1%, 但它的个体数量较大及在各月份都有分布, 所以归为常见类群。

从 5 月到 9 月各月份都有分布的类群有: 菜蛾科、夜蛾科、螟蛾科和尺蛾科, 只在 7 月或 8 月份分布的类群有木蠹蛾科、织蛾科、麦蛾科、巢蛾科、羽蛾科。蛾类在各月份分布不均匀, 主要与坝上地区的温度、植被和各科蛾类的生活习性及其世代数有关。

2.2 蛾类群落的优势种类

从 5 月到 9 月份, 各月蛾类群落的优势种分别为: 旋幽夜蛾 *Scotogramma trifolii* (Rotttemberg)、网锥蛾野螟 (草地螟) *Loxostege sticticalis* Linnaeus 和小菜蛾 *Plutella xylostella* Linnaeus。全年优势种为网锥蛾野螟, 各优势种的优势度见表 2。从优势种的组成上看, 仍以夜蛾科、螟蛾科和菜蛾科为主。旋幽夜蛾为 5 月份的优势种, 网锥蛾野螟为 6 月和 7 月份的优势种, 小菜蛾为 8 月和 9 月份的优势种, 全年的优势种为网锥蛾野螟。

2.3 等级多样性指数

由表 3 可以看出, 从 5 月到 9 月份, 冀西北坝上地区蛾类的多样性指数、物种丰富度和个体数量都有上升的趋势, 8 月份达到顶峰, 然而 7 月份的个体数量却出现一低谷, 这应和优势种的世代发生有关。物种丰富度和个体数分别在 5 月和 9 月份为最低, 这主要由于这 2 个月气温较低, 植被较少, 大多数蛾类不适于生存。6 月份温度逐渐上升, 到 7、8 月份温度达到最高, 植被丰富, 适于绝大多数蛾类生存, 使得各蛾类的物种数和个体数量都很高。

均匀性的时间格局呈现与多样性的时间格局相同的趋势, 均匀性对稀有种较敏感, 7 月份物种丰富度 S 增加, 导致均匀性降低。

表 1 冀西北坝上地区蛾类群落数量特征 (2006—2007 年)
Table 1 Quantitative characteristics of the moth community in northwestern Bashang Plateau of Hebei Province(2006—2007)

科名 Families	属数 Genera						种数 Species						个体数 Individuals						丰富度 Species richness	种比例/% Species rate		
	5 月 May		6 月 Jun.		7 月 Jul.		8 月 Aug.		9 月 Sep.		合计 Sum		5 月 May		6 月 Jun.		7 月 Jul.				8 月 Aug.	
菜蛾科 Plutellidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	339	543	331	4670	481	6364	1	0.40		
麦蛾科 Gelechiidae	0	0	1	0	0	1	0	0	10	0	0	0	3	0	0	3	1	0.40				
夜蛾科 Noctuidae	7	27	54	50	14	69	10	43	91	86	18	122	1082	5171	3942	5869	697	16761	122	49.39		
螟蛾科 Pyralidae	4	10	17	15	6	22	4	13	20	18	6	27	833	7515	1577	1369	137	11431	27	10.93		
灯蛾科 Arctiidae	1	2	3	3	0	3	2	2	3	4	0	42	17	9	9	0	37	4	1.62			
毒蛾科 Lymantriidae	0	0	5	5	0	5	0	0	6	5	0	6	0	0	263	110	0	373	6	2.43		
苔蛾科 Lithosiidae	0	0	4	3	0	4	0	0	6	4	0	6	0	0	22	29	0	51	6	2.43		
天蛾科 Sphingidae	2	5	5	5	0	8	2	5	5	5	0	11	3	55	107	35	0	200	11	4.45		
卷蛾科 Tortricidae	0	6	14	12	2	18	0	6	14	12	2	19	0	128	220	471	12	831	19	7.69		
尺蛾科 Geometridae	5	16	18	15	3	26	5	17	23	15	3	31	6	55	242	792	35	1130	31	12.55		
舟蛾科 Notodontidae	4	4	5	5	0	6	4	4	5	5	0	6	34	55	596	186	0	871	6	2.43		
织蛾科 Oecophoridae	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0.40		
巢蛾科 Yponomeutidae	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	3	1	0.40		
木蠹蛾科 Cossidae	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	3	0	0	3	2	0.81		
枯叶蛾科 Lasiocampidae	0	2	4	4	1	5	0	3	7	6	1	8	0	24	131	169	43	367	8	3.24		
羽蛾科 Pterophoridae	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	10	0	15	22	0	37	1	0.40			
合计 sum	24	73	136	119	27	173	28	94	187	162	31	247	2299	13563	7465	13731	1405	38463	247	100		

注:表中数据是 2006—2007 年的两年合并的结果;其中 5 月份数据为 2007 年的数据

表 2 冀西北坝上地区蛾类优势种的优势度(2006—2007 年)

Table 2 Dominance index of the dominant moth species in northwestern Bashang Plateau of Hebei Province(2006—2007)

种名 Species	优势度指数 Dominance index					
	5 月 May	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	9 月 Sep.	全年 Sum
旋幽夜蛾 <i>Scotogramma trifolii</i> (Rottemberg)	0.0266	0.1069	0.0268	0.0276	0.0076	0.1960
网锥蛾野螟 <i>Loxostege sticticalis</i> Linnaeus	0.0208	0.1917	0.0274	0.0118	0.0000	0.2522
小菜蛾 <i>Plutella xylostella</i> Linnaeus	0.0088	0.0141	0.0086	0.1214	0.0125	0.1659

表 3 冀西北坝上地区蛾类的等级多样性指数(2006—2007 年)

Table 3 Hierarchical diversity indices of the moths in northwestern Bashang Plateau of Hebei Province(2006—2007)

月份 Month	科数 Number of families	属数 Number of genus	种数 Number of species	个体数 Number of individuals	等级多样性指数 Hierarchical diversity indices				均匀度 (J') evenness
					$H(F)$	$H(G)$	$H(S)$	$H(FGS)$	
5 月 May	7	24	28	2299	1.2636	1.2818	1.2826	3.828	0.0747
6 月 Jun.	9	73	94	13550	2.0219	2.3686	2.4200	6.8105	0.1945
7 月 Jul.	16	136	187	7422	1.8459	2.3055	2.6779	6.8293	0.1883
8 月 Aug.	12	119	162	13729	2.4106	4.1341	4.5134	11.0581	0.2962
9 月 Sep.	6	27	31	1405	1.1783	1.2145	1.2154	3.6082	0.0568
总计 Total	15	173	247	38463	4.1698	15.5664	19.1294	38.8656	0.5357

2.4 蛾类种-多度关系

在调查中,共诱集到蛾类 38463 头,按 Preston^[16]的方法处理,冀西北坝上地区蛾类的种—多度曲线如图 1。经拟合得出其方程式为 $S(R) = 48\exp - [0.2(R - 2)]^2$ (相关系数 $r = 0.92$)。在分割线段、等比级数和对数级数、对数正态分布和截尾负二项分布 3 个数学模型中,接近于对数正态分布模型。此种模型的种-多度关系表明,十分富集的物种和稀有物种少,多数属于个体数量处于中等状态的物种,说明该区域环境较稳定,适合多种物种共存。

冀西北坝上地区的蛾类群落的环境条件好,这应该和近年来冀西北坝上地区作物种类和种植结构调整有关系。

2.5 群落的相似性

本文利用 Sorensen 的物种相似性系数计算 5 个月份间的蛾类相似系数,该系数仅从各个月份共有种的构成角度判断群落的相似性。由表 4 可以看出,坝上地区蛾类各月份间相似性系数差异较大,7 月和 8 月份间相似性系数最大为 0.7241,表明 2 月间蛾类共有种类多,相似程度大;以 5 月和 7 月份间的相似系数最小为 0.2047,2 月间蛾类共有种少,蛾类相似程度小。这与温度条件和植被生长状况关系较大。

表 4 冀西北坝上地区蛾类相似性系数(2006—2007 年)

Table 4 Index of community similarity of the moths in northwestern Bashang Plateau of Hebei Province (2006—2007)

月份 Month	5	6	7	8	9
5	1.0000				
6	0.4426	1.0000			
7	0.2047	0.5409	1.0000		
8	0.2751	0.3608	0.7241	1.0000	
9	0.4828	0.2903	0.2304	0.2932	1.0000

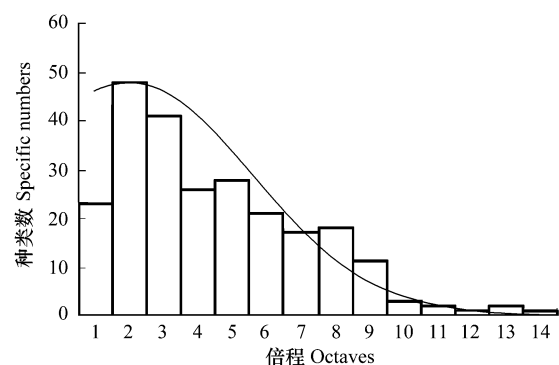


图 1 冀西北坝上地区蛾类种-多度曲线

Fig.1 The curve of species abundance of the moths in northwestern Bashang Plateau of Hebei Province

3 结论和讨论

目前我国的蛾类群落结构研究区域多为湿地和自然保护区^[18-22],对于高海拔地区如鄂尔多斯高原地区昆虫群落的研究仅局限于甲虫^[23]。之前虽然对冀西北坝上地区的夜蛾科蛾类进行了研究,但不足以反映该地整个灯下蛾类群落的特点。

通过 2006 年和 2007 年对冀西北坝上地区灯下蛾类的系统调查,共获得标本 38463 头,隶属于 16 科,173 属,247 种,以夜蛾科的种类最多和数量最大。从 5 月到 9 月份,各月蛾类群落的优势种分别为:旋幽夜蛾、网锥蛾野螟和小菜蛾,全年优势种为网锥蛾野螟。蛾类的多样性指数、物种丰富度和个体数量在时间序列上都有上升的趋势,均匀性的时间格局呈现与多样性的时间格局相同的趋势,各月份间相似性系数差异较大。在调查中,冀西北坝上地区蛾类的种-多度曲线,经拟合得出其方程式为 $S(R) = 48\exp - [0.2(R - 2)]^2$,接近于对数正态分布模型,说明该地蛾类群落的环境条件较好。

植被是反映某地特征的重要标志,植被类型决定了该地蛾类优势类群和优势种^[18-19,21]。尤平等研究表明,天津七里海湿地以芦禾草螟为优势种,北大港湿地自然保护区蛾类以秆毛胫夜蛾为优势种,这应和七里海和北大港湿地以芦苇群落为主的植被的年度发育有关;孟庆繁等对长白山北坡针叶林带蛾类多样性研究表明,尺蛾科无论是种数还是个体数量都占优势,为优势类群。同样,冀西北坝上地区的蛾类优势种类,也与该区特殊的生态环境条件下的植被类型密切相关,该区现已成为全国第五大蔬菜产区—夏秋喜凉蔬菜产区,并以种植十字花科蔬菜为主,因此使得小菜蛾成为当地的优势种;而牧草作物和传统旱作的栽培,致使为害杂粮、牧草、甜菜等作物的害虫草地螟、旋幽夜蛾等同样大发生。

均匀度、丰富度(物种数)和个体数是与多样性指数密切联系的参数,用时间序列上的多样性、均匀性和优势度指数可反映一个时期群落的稳定程度。当昆虫群落的种-多度曲线呈对数正态分布时,一般情况下多样性指数与均匀度一致,群落结构稳定^[24-25]。如贺达汉等^[26]研究的荒漠草原昆虫群落、刘生冬等^[22]研究的长白山自然保护区北坡的蛾类群落,其分布模型均接近于对数正态分布模型,均属此种群落结构,这与本文的研究结果是相同的。

从冀西北坝上地区的 5 个月份间相似系数可以看出,以 7 月和 8 月温度适宜,降水适量,蛾类相似程度最大。该区高寒干旱,各月份存在较大的生境差异,使一些蛾类只能在一些有利的温度条件下才能生存,导致各月份蛾类群落间相似性程度的差异。

人类活动不仅对农田生态系统而且对自然生态系统经常起着干扰作用。例如化学农药的使用,种植结构的调整等,所有这些干扰都会明显反映在昆虫群落结构的变化上,因此,将昆虫作为一种评价环境优劣的指示生物,了解昆虫群落结构及变化的可能趋势,对于控制和利用自然资源是有意义的。本研究表明,冀西北坝上地区蛾类赖以生存的生态环境稳定,生态环境条件保持较好。

本文仅对冀西北坝上地区的灯下蛾类结构特征动态进行了分析,对于整个昆虫群落在坝上这种特殊生态类型区的相关特性有待进一步研究。

References:

- [1] Lawton J H. Abstracts of International Congress of Entomology. Londrina: Embrapa Soja, 2000:1-107.
- [2] Brown J K S, Andr'e Victor L. Freitas butterfly communities of urban forest fragments in Campinas, Sao Paulo, Brazil Structure, instability, environmental correlates, and conservation. *Journal of Insect Conservation*, 2002, 6: 217-231.
- [3] Akutsu K, Khen C V, Toda M J. Assessment of higher insect taxa as bioindicators for different logging-disturbance regimes in lowland tropical rain forest in Sabah, Malaysia. *Ecology Research*, 2006, 26: 542-551.
- [4] Chen P, Ye H. Fruit fly diversity analysis at five regions in the western Yunnan, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(6): 2953-2961.
- [5] Qi B, Yang P, Deng H L. The diversity indexes, richness and evenness of butterfly communities in the Three Gorge Reservoir Area of Yangtze River. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(9): 3049-3059.
- [6] Liu C M, Lian Z M. Comparisons of diversity of grasshopper community in fragmen-tary forest of Nanniwa. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23 (6): 1223-1229.
- [7] Li X W, Dong J Z, Yang X D, Yang F M, Yang F C. Study on the population dynamics of phototactic insects in the farming and pastoral interlock

- belt of Northwest Hebei province. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(7): 462-466.
- [8] Wei W, Yang X D, Dong J Z, Wang Y B, Tao B, Yang F C. Seasonal dynamics of structure and diversity of insect communities in Bashang of Hebei province. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2008, 24(3): 300-303.
- [9] Yang X D, Dong J Z, Yang X L, Li R J. The Noctuid moths in Bashang Plateau in the Northwest of Hebei Province. Chinese Bulletin of Entomology, 2009, 46(6): 951-954.
- [10] Yang F C. Theory and Technology of Vegetable Cultivation in Bashang Plateau of Hebei Province. Beijing: China Meteorological Press, 2003: 4-10.
- [11] Zhu H F, Liu Y Q, Chen Y X, Liu X Q, Bai J W, Shen G P, Wang L Y. Iconographia Heterocerorum Sinicorum I. Beijing: Science Press, 1983: 16-131.
- [12] Cai R Q, Zhao Z L, Fang C L. Iconographia Heterocerorum Sinicorum II. Beijing: Science Press, 1983: 140-220.
- [13] Zhu H F, Wang L Y. Fauna Sinica: Insecta, Vol. 11, Lepidoptera Sphingidae. Beijing: Science Press, 1997: 97-156.
- [14] Chen Y X. Fauna Sinica: Insecta, Vol. 16, Lepidoptera Noctuidae. Beijing: Science Press, 1999: 98-188.
- [15] Pielou E C. Lu Z Y Trans. Mathematics Ecology. 2nd ed. Beijing: Science Press, 1988: 309-326.
- [16] Pang X F, You M S. Ecological Community of Insect. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1996: 77-103.
- [17] Sorensen T. A method of establishing groups of equal amplitude in plant society based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons. Biologiske Skrifter, 1948, 5(4): 1-34.
- [18] You P, Li H H, Wang S X, Xu J S. Diversity of the moth community in the Qililai wetland, Tianjin. Acta Entomologica Sinica, 2003, 46(5): 617-621.
- [19] You P, Li H H, Wang S X. The diversity of the moth community in the north Dagang wetland nature reserve, Tianjin. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(4): 999-1004.
- [20] You P, Li H H. Species richness and diversity of moth communities in Tianjin wetlands; implications for environmental management. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(3): 629-637.
- [21] Meng Q F, Gao W T, Liu S D. Moth diversity in coniferous forest zone on the northern slope of Changbai mountain. Journal of Northeast Forestry University, 2008, 36(3): 60-62.
- [22] Liu S D, Meng Q F, Gao W T. Moth diversity in the northern slope of Changbai mountain nature reserve. Journal of Northeast Forestry University, 2007, 35(10): 51-53.
- [23] Yu X D, Zhou H Z, Luo T H. Species diversity of insects on the Ordos Plateau, Northwest China. Biodiversity Science, 2001, 9(4): 329-335.
- [24] Liu W P, Deng H L. The butterfly diversities in Muli, Sichuan Province. Acta Ecologica Sinica, 1997, 17(3): 266-271.
- [25] Zhao Z M, Guo Y Q. Principle and Methods of Community Ecology. Chongqing: Publishing House of Scientific and Technological Documentation, Chongqing Branch, 1990: 134-160.
- [26] He D H, Tian C, Ren G D, Hao F M, Ma S Y. Studies on the successional pattern and communitical structure of insects in the desert steppe. Grassland of China, 1988, 6: 24-28.

参考文献:

- [4] 陈鹏, 叶辉. 云南西部实蝇的多样性. 生态学报, 2009, 29(6): 2953-2961.
- [5] 漆波, 杨萍, 邓合黎. 长江三峡库区蝶类群落的物种多样性. 生态学报, 2006, 26(9): 3049-3059.
- [6] 刘缠民, 廉振民. 南泥湾片段森林蝗虫群落多样性比较. 生态学报, 2003, 23(6): 1223-1229.
- [7] 李学伟, 董建臻, 杨向东, 杨发茂, 杨福存. 冀西北坝上农牧交错带趋光性昆虫种群动态初研. 中国农学通报, 2007, 23(7): 462-466.
- [8] 魏伟, 杨向东, 董建臻, 王云滨, 陶喙, 杨福存. 河北坝上地区菜田昆虫群落结构与季节动态分析. 中国农学通报, 2008, 24(3): 300-303.
- [9] 杨向东, 董建臻, 杨晓玲, 李瑞军. 冀西北坝上地区的夜蛾科昆虫. 昆虫知识, 2009, 46(6): 951-954.
- [10] 杨福存. 坝上蔬菜栽培的理论与技术. 北京: 气象出版社, 2003: 4-10.
- [11] 朱弘复, 刘友樵, 陈一心, 刘秀琼, 白九维, 沈光普, 王林瑶. 中国蛾类图鉴 I. 北京: 科学出版社, 1983: 16-131.
- [12] 蔡荣权, 赵仲苓, 方承莱. 中国蛾类图鉴 II. 北京: 科学出版社, 1983: 140-220.
- [13] 朱弘复, 王林瑶. 中国动物志: 昆虫纲, 第十一卷. 鳞翅目. 天蛾科. 北京: 科学出版社, 1997: 97-156.
- [14] 陈一心. 中国动物志: 昆虫纲, 第十六卷. 鳞翅目. 夜蛾科. 北京: 科学出版社, 1999: 98-188.
- [15] Pielou E C. 数学生态学. 卢泽愚, 译. 2 版. 北京: 科学出版社, 1988: 309-326.
- [16] 庞雄飞, 尤民生. 昆虫群落生态学. 北京: 中国农业出版社, 1996: 77-103.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 孟庆繁, 高文韬, 刘生冬. 长白山北坡针叶林带蛾类多样性. 东北林业大学学报, 2008, 36(3): 60-62.
- [21] 刘生冬, 孟庆繁, 高文韬. 长白山自然保护区北坡蛾类的多样性. 东北林业大学学报, 2007, 35(10): 51-53.
- [22] 于晓东, 周红章, 罗天宏. 鄂尔多斯高原地区昆虫物种多样性研究. 生物多样性, 2001, 9(4): 329-335.
- [23] 刘文萍, 邓合黎. 木里蝶类多样性的研究. 生态学报, 1997, 17(3): 266-271.
- [24] 赵志模, 郭依泉. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1990: 134-160.
- [25] 贺达汉, 田畴, 任国栋, 郝峰茂, 马世瑜. 荒漠草原昆虫的群落结构及其演替规律初探. 中国草地, 1988, 6: 24-28.