

泰山黑虎峪灯下昆虫群落结构及多样性的时间动态研究

方加兴¹,申卫星²,孟宪鹏²,刘玉升^{1*}

1. 山东农业大学植物保护学院/山东省蔬菜病虫生物学重点实验室, 山东 泰安 271018
2. 山东省泰安市泰山风景名胜管理委员会, 山东 泰安 271000

摘要: 泰山是物种资源丰富名川大山, 但关于泰山昆虫群落结构及多样性的研究甚少, 选取泰山黑虎峪区域作为研究对象, 明确该区域灯下昆虫的发生种类、发生动态、群落结构、多样性, 为今后泰山的昆虫生态学以及多样性保护提供依据。于2015年4~11月, 在泰山黑虎峪区域内设置虫情测报灯, 对该区域的昆虫进行诱集, 统计不同时间段昆虫发生的种类和数量, 对灯下昆虫群落结构及多样性进行研究, 采用模糊聚类的方法对不同时间段的群落特征指数进行分类。期间共诱集到昆虫5230头, 隶属8目50科147种。鳞翅目昆虫在群落中占的比例最大, 为48.95%, 其中夜蛾科为发生量最大、种类最多的一个类群, 相对多度为0.311, 发生量占总昆虫群落物种的13.33%; 昆虫物种丰富度动态变化分别在6月20日、8月9日、10月9日出现3个峰值, 种群发生动态分别于6月20日、10月9日出现2个峰值; Shannon多样性指数 H' 于8月9日到达最大值, 10月份以后开始随气温降低而降低; 群落优势度指数 C 与 H' 的变化趋势基本相反, 群落均匀度指数 J 与 H' 的变化趋势基本一致。对不同时期的昆虫群落进行模糊聚类分析, 其结果显示: 当阈值 $T=0.975$ 时, 可将总昆虫群落的20次调查结果聚为8类, 分别为: $A_1=\{5.10\}$; $A_2=\{7.19\}$; $A_3=\{6.20\}$; $A_4=\{8.09\}$; $A_5=\{8.19\}$; $A_6=\{7.09, 6.29, 10.19\}$; $A_7=\{10.09, 9.19, 9.09, 9.29, 6.10, 8.31, 10.31, 7.30, 5.21, 5.31\}$; $A_8=\{5.01, 11.09\}$ 。泰山黑虎峪区域内昆虫物种丰富度、发生数量、群落组成以及群落特征指数随时间的变化规律, 对于泰山昆虫多样性保护具有指导意义; 聚类结果反应了各阶段物种种类、数量以及昆虫群落特征指数发生时间上存在的差异; 聚类出现交替现象, 反应了群落结构的复杂性以及非生物因素对昆虫群落动态的影响。

关键词: 泰山黑虎峪; 诱虫灯; 昆虫群落结构; 多样性; 模糊聚类

中图分类号: Q969.97

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2016)06-0867-06

Temporal Dynamics of Community Structure and Diversity of Insects under an Ultraviolet Lamp in Heihu Valley Mountain Tai

FANG Jia-xing¹, SHEN Wei-xing², MENG Xian-peng², LIU Yu-sheng^{1*}

1. College of Plant Protection, Shandong Provincial Key Laboratory for Biology of Vegetable Diseases and Insect Pests, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China

2. Management Committee of Mountain Tai Scenic Zone, Tai'an 271000, China

Abstract: Mountain Tai is famous and full in resources, but it is less to be studied on the community structure and diversity in Mountain Tai. In this paper, we selected Heihu Valley as research subjects to define the occurrence dynamics of insects, community structure, diversity under ultraviolet lamp to provide the scientific basis for the insect ecology and biodiversity protection in the future. The insects were trapped by ultraviolet lamp in Heihu Valley from April to November 2015 to record the number of insect species, and the data was also used to sample to research insect community. The basic characteristics of the insect community were analyzed by using basic features of the community characteristics index. Hierarchical clustering was used to classify the temporal dynamics of various community indexes. 147 species of insect were belonging to 8 orders, 50 families were collected during the investigation. Based on the principles of community ecology and the method of fuzzy clustering, the results showed that the Lepidoptera was the most abundant taxa, comprising 48.95%, and Noctuidae was most taxa of occurrence and number, relative abundance of 0.311 and 13.33% of the total community of species; The species richness appeared three peaks on 20th June, 9th August and 9th October, the community dynamics appeared two peaks on 20th June and 9th October. The Shannon Index H' reaches a maximum on 9th August, then declined with the lower temperatures after October; The opposite trend of evenness index J and H' substantially, and the consistent trend of Dominance index C and H' basically. The 20 investigations were conducted on structural features of the insect community, it could be clustered into 8 clusters($T=0.975$).i.e., $A_1=\{5.10\}$; $A_2=\{7.19\}$; $A_3=\{6.20\}$; $A_4=\{8.09\}$; $A_5=\{8.19\}$; $A_6=\{7.09, 6.29, 10.19\}$; $A_7=\{10.09, 9.19, 9.09, 9.29, 6.10, 8.31, 10.31, 7.30, 5.21, 5.31\}$; $A_8=\{5.01, 11.09\}$. This study revealed community structure and diversity in temporal sequence of insect community, it was significant for insect biodiversity conservation; Clustering results reflect the differences of species and number occurrence of insect community characteristics index in temporal sequence; Meanwhile, the temporal overlaps between clusters revealed complexity in the total community, it reflected that non-biological factors had the largest impact on insect community.

Keywords: Mountain Tai; Heihu Valley; ultraviolet lamp; insect community structure; diversity; fuzzy clustering

收稿日期: 2016-07-10

修回日期: 2016-07-13

作者简介: 方加兴(1993-),男,硕士研究生,研究方向为植物保护. E-mail:fjxinsect@163.com

***通讯作者:** Author for correspondence. E-mail:ysl@sdau.edu.cn

泰山,位于山东省泰安市,自古就有“五岳独尊”、“中华国山”的美誉,是世界自然与文化遗产,世界地质公园、国家森林公园、国家 5A 级旅游景区。泰山森林覆盖率 95.8%,植被覆盖率 97%,是我国暖温带生物多样性最丰富的区域之一。黑虎峪位于泰山红门和竹林寺的交接区域,不仅文化遗存众多,而且其周围植被丰富,有大面积的侧柏、麻栎、杨树、松树等,石榴、桃、杏树等经济林,是泰山植被最复杂的区域之一。

昆虫是森林生态系统的重要组成成分,在森林生态系统的能量流动、物质循环及信息传输过程中都发挥着巨大的作用^[1]。昆虫群落的结构与动态是研究群落的性质与功能、发展与演替、多样性与稳定性的基础,可以为群落及其组分在时间序列上发生、发展的变化过程提供依据^[2]。昆虫趋光性是其进化过程中形成的最主要趋性之一,利用昆虫趋光性进行害虫监测及诱杀是害虫测报及行为调控技术的重要组成部分,而且对于了解不同生态区昆虫多样性动态也是一重要的手段^[3]。常用的诱虫灯有频振式诱虫灯、黑光灯、高压汞灯等,大部分学者都利用诱虫灯进行昆虫多样性的研究,揭示了不同环境下昆虫群落结构特征,为多样性的保护和利用提供理论依据^[4-6]。

相对于周边广袤的平原,泰山是华北大平原上的一个生物避难所,丰富的生物多样性是泰山森林生态系统稳定的保障。截止目前,泰山昆虫共记录 13 目,150 科,1152 种,是山东省森林昆虫资源最丰富的区域。针对泰山的昆虫研究大都是以林木害虫管理为主,对于泰山昆虫生物多样性的研究甚少,目前仅对泰山蝶类、蚜虫的多样性及区系进行了研究^[7-9],有关昆虫群落结构及多样性的研究尚未见报道。鉴于此,2015 年 4 月~2015 年 12 月,在泰山黑虎峪利用测报灯诱集昆虫,对灯下昆虫群落的结构及多样性的时间动态进行初步研究,并对不同时期的昆虫群落进行聚类分析,旨在为该区域昆虫生态学的研究提供基础资料,也为该区域昆虫生物多样性的保护和利用提供理论指导。

1 材料和方法

1.1 灯诱地点及时间

灯诱地点位于泰山黑虎峪防火检查站(N36.208527°,E117.118430°,海拔 237.50 m)。该区域内人为干预相对较少。灯诱时间从 2015 年 4 月 20 日开始,至 2015 年 11 月 15 日结束,开灯时间一般自 19 点至次日 7 点。每 10 d 收集一次标本,将其带回实验室统计并鉴定。

诱虫灯选用河南佳多公司生产的 JDF₀-III 型佳多牌虫情测报灯,该灯具有虫体远红外自动处理、虫袋自动转换、整灯自动运行等功能,诱虫范围大约为 3.3~4 hm² 左右,能够对黑虎峪区域内具有趋光性的昆虫进行诱集。

1.2 昆虫群落特征分析

相对多度(Relative abundance)分析,即各类群个体数量占群落调查个体数量的比例;

种群优势度(Dominance)和优势种(Dominant species)分析 群落中的优势种常用 Berger-Parker 优势度指数(1974)高低来确定,但还要结合其在群落中的功能和作用来确定。

物种丰富度(Species richness)即群落中的物种数,在此指群落抽样样本中的物种数,以 S 表示。

群落生态优势度(Ecological concentration)分析以 Simpson(1949)集中性指数(C)表示: $C = \sum p_i^2$; 群落多样性(Diversity)分析以下列指数计算:

Simpson(1949)多样性指数(D): $D = 1 - \sum p_i^2 = 1 - C$

Shannon-Wiener(1949)多样性指数(H'): $H' = -\sum p_i \ln p_i$;

群落均匀度(evenness)分析 采用 Pielou(1975)提出的均匀度指数(J)计算: $J = H'/H_{max}$

式中 S 为丰富度指数,即物种数; N 为群落内各物种 i 的调查数量之和; N_i 为群落中某一物种 i 的个体数量; p_i 为某一物种 i 的数量占群落个体总数的比例; H_{max} 为群落的最大多样性指数(10~13)。

1.3 聚类分析方法

采用系统聚类法中的欧式最短距离法,即 $d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (X_{ik} - X_{jk})^2}$ 。以 20 次调查的数据为样本,将

各类昆虫的生态学指数构成原始数据矩阵,对原始数据进行标准化变换处理后,计算 20 次间的距离,建立相异性矩阵 $R_0=(d_{ij})_{n \times n}$,构造模糊相似矩阵 $R=(r_{ij})_{n \times n}$,其中 $r_{ij} = 1 - \frac{d_{ij}}{\max d_{ij}}$,再通过模糊相似矩阵褶积改造成模糊等价关系矩阵,将模糊等价矩阵中的 r_{ij} 依大小次序排列,选定阈值 T 后即可进行聚类^[14,15]。

以上数据分析用 DPS7.05 软件和 Excel 2003 处理中进行。

2 结果与分析

2.1 黑虎峪区域内灯下昆虫群落结构组成

经调查,黑虎峪区域内灯诱昆虫标本 5230 号,隶属 7 目(见表 1)。泰山黑虎峪区域内以鳞翅目 Lepidoptera 昆虫所占比例最大,占昆虫群落总量的 48.95%,为优势种群;其次依次为鞘翅目 Coleoptera、半翅目 Hemiptera、蜚蠊目 Blattodea、脉翅目 Neuroptera、膜翅目 Hymenoptera、双翅目 Diptera、直翅目 Orthoptera,分别占昆虫发生总量的 34.94%、10.77%、2.77%、1.01%、0.69%、0.55%、0.22%。植食性昆虫类群的数量明显超过其他食性的类群。

表 1 黑虎峪区域灯下昆虫群落结构组成比例

Table 1 The proportion of insect community structure in Heihu Valley

名称 Name	数量(头) Number	比例 Proportion
蜚蠊目 Blattodea	174	0.0332
直翅目 Orthoptera	11	0.00211
半翅目 Hemiptera	563	0.108
脉翅目 Neuroptera	53	0.0101
鞘翅目 Coleoptera	1804	0.345
双翅目 Diptera	29	0.00555
鳞翅目 Lepidoptera	2560	0.489
膜翅目 Hymenoptera	36	0.00688

2.2 黑虎峪区域内灯下昆虫群落物种组成及各科的相对多度分析

自 2015 年 4 月 31~11 月 15 日,灯诱区内共诱昆虫一共包括 50 科 147 种(见表 2)。在科级水平上,物种比例最大的为夜蛾科 Noctuidae,其次为螟蛾科 Pyralidae、天蛾科 Sphingidae、鳃金龟科 Melolonthidae、叩头甲科 Elateridae、步甲科 Carabidae,其余各科昆虫种类数所占比例较小。从各科相对多度看出,夜蛾科昆虫在群落中为 0.311,表明夜蛾科昆虫在数量和种类上都为最大,为优势种群。天蛾科虽然物种比例较大,但是相对多度较小,这是因为该类群发生量较小,类似情况还有虎甲科 Cicindelidae、步甲科等。从表 1 还可以看出,大部分昆虫种类的物种比例和相对多度值都较低。

表 2 黑虎峪区域内灯下昆虫群落物种组成及各科的相对多度

Table 2 Relative abundance and species composition of insect community in Heihu Valley

目 Order	科 Family	物种数(种) Species	物种比例(%) Proportion	相对多度 Relative abundance
蜚蠊目 Blattodea	蜚蠊科 Polyphagidae	1	0.67	0.0278
	螞蛄科 Tettigoniidae	2	1.33	0.0004
直翅目 Orthoptera	螞蛄科 Gryllotalpidae	2	1.33	0.0008
	蟋蟀科 Gryllidae	1	0.67	0.0006
	蝉科 Cicadidae	2	1.33	0.0017
	象蜡蝉科 Dictyopharidae	1	0.67	0.0013
	广蜡蝉科 Ricaniidae	1	0.67	0.0002
	蜡蝉科 Fulgoridae	1	0.67	0.0029
	叶蝉科 Cicadellidae	2	1.33	0.0313
半翅目 Hemiptera	盾蝽科 Scutelleridae	1	0.67	0.0002
	盲蝽科 Miridae	3	2.00	0.0013
	红蝽科 Pyrrhocoridae	1	0.67	0.0002
	土蝽科 Cydnidae	1	0.67	0.0081
	蝽科 Pentatomidae	4	2.66	0.0641
	草蛉科 Chrysopidae	1	0.67	0.013
	蚁蛉科 Myrmeleontidae	1	0.67	0.0013
脉翅目 Neuroptera	虎甲科 Cicindelidae	3	2.00	0.0008
	步甲科 Carabidae	7	4.67	0.0052
	叩头甲科 Elateridae	7	4.67	0.0052
	瓢虫科 Coccinellidae	5	3.33	0.085
鞘翅目 Coleoptera	长蠹科 Bostrychidae	1	0.67	0.0006
	鳃金龟科 Melolonthidae	9	6.00	0.184
	丽金龟科 Rutelidae	3	2.00	0.047

目 Order	科 Family	物种数 (种) Species	物种比例 (%) Proportion	相对多度 Relative abundance
双翅目 Diptera	花金龟科 Cetoniidae	2	1.33	0.003
	犀金龟科 Dynastidae	1	0.67	0.001
	天牛科 Cerambycidae	6	4.00	0.005
	叶甲科 Chrysomeloidea	1	0.67	0.0008
	象甲科 Curculionidae	2	1.33	0.0004
	蚊科 Culicidae	1	0.67	0.0019
	食蚜蝇科 Syrphidae	2	1.33	0.0031
	寄蝇科 Tachinidae	1	0.67	0.0004
	麻蝇科 Sarcophagidae	1	0.67	0.0006
	细蛾科 Gracilariidae	4	2.67	0.033
	木蠹蛾科 Cossidae	1	0.67	0.0002
	刺蛾科 Limacodidae	2	1.33	0.0015
	螟蛾科 Zygaenidae	1	0.67	0.0516
	螟蛾科 Pyralidae	12	8.00	0.0803
鳞翅目 Lepidoptera	大蚕蛾科 Saturniidae	1	0.67	0.0006
	尺蛾科 Geometridae	4	2.67	0.0021
	天蛾科 Sphingidae	12	8.00	0.0107
	舟蛾科 Notodontidae	1	0.67	0.0004
	鹿蛾科 Amatidae	1	0.67	0.0052
	灯蛾科 Arctiidae	1	0.67	0.0038
	毒蛾科 Lymantridae	3	2.00	0.0119
	夜蛾科 Noctuidae	20	13.33	0.311
	姬蜂科 Ichneumonidae	2	1.33	0.0025
	蚁科 Formicidae	1	0.67	0.001
	膜翅目 Hymenoptera	胡蜂科 Vespidae	1	0.67
木蜂科 Xylocopidae		1	0.67	0.0002
蜜蜂科 Apidae		2	1.33	0.0027

2.3 黑虎峪区域内灯下昆虫种群发生量和物种丰富度动态

从图 1 中看出, 种群发生量与物种丰富度变化趋势基本一致。8 月 9 日时物种丰富度高, 但发生量相对较小, 这是由于降水导致昆虫发生数量减少。种群发生量动态分别于 6 月 20 日, 10 月 9 日出现峰值, 发生数量分别为 542 头, 562 头; 物种丰富度呈现出三个峰值, 在 6 月 20 日达到最大, 为 46 种, 这是由于 6 月份气温逐渐升高, 昆虫物种丰富度逐渐增加, 在 7、8 月份出现波动, 是由于雷雨天和降雨天所致; 8 月上旬天气好转, 昆虫物种丰富度在 8 月 9 日达到第 2 个高峰, 发生种类 45 种, 8 月 19 日到 9 月 1 日期间仅有两天晴天, 因此出现了一个波谷; 9 月 1 日后, 天气情况好转, 鳞翅目中夜蛾科、螟蛾科、灯蛾科、细蛾科, 半翅目、脉翅目的昆虫发生数量开始上升, 金龟甲科发生数量下降; 10 月 9 日出现了第 3 个波峰, 发生种类为 44 种, 主要为鳞翅目昆虫。10 月 19 日以后由于气温降低, 各类昆虫物种丰富度和发生量大幅度减少。昆虫种群发生终止于 11 月下旬。

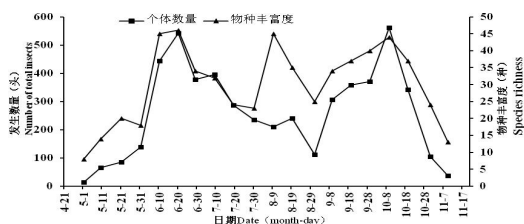


图 1 黑虎峪昆虫种群发生量和物种丰富度的时间动态
Fig.1 The temporal dynamics of insect communities and species richness of in Heihu Valley

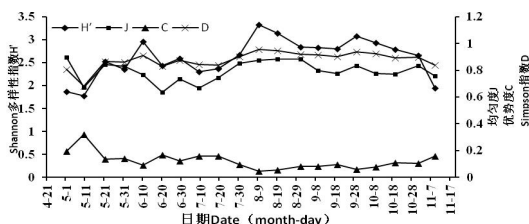


图 2 黑虎峪区域昆虫群落特征指数的时间动态
Fig.2 The temporal dynamics of insect community indexes in Heihu Valley

2.4 黑虎峪区域内灯下昆虫群落特征指数分析

从图 2 可以看出, 随着调查时间的后延, Shannon 多样性指数和 Simpson 多样性指数变化趋势一致, 5 月中旬至 6 月中旬升高, 6 月中旬至 7 月下旬有下降趋势, 但不明显, 至 8 月 9 日达到最大值, 此时昆虫多样性最为丰富, 表明这个时间段昆虫的发生种类和数量为全年最高。进入 9 月份后变化比较稳定, 后期该指数逐渐降低是由于温度降低导致的; 均匀度指数 J 的变化趋势与 H' 变化是一致的, 与生态优势度 C 变化趋势相反。因为多样性是群落丰富度与均匀度的函数, 一般群落多样性值高, 其物种数量分布越均匀, 反之, 某些群落的优势度则大。从图 2 可以看出生态优势度 C 的

变化与 H' 变化基本相反, 说明优势度指数于多样性指数存在负相关性。优势度指数 C 变化较为平稳, 这表明该区域内昆虫群落中优势种群发生数量不大; 生态优势度在 5 月 10 日到达最大, 表明该时间段有某种或某类昆虫发生量较大, 该时间段诱集到了大量的螟蛾科昆虫且其他种类数量较少, 随后由于气温升高, 昆虫种类越来越多而且数量上也有增加, 优势种类不突出, 使该指数降低; 均匀度指数 J 在 5 月 10 日为最大, 表明该阶段昆虫群落中各物种之间的发生数量差距较小。

2.5 黑虎峪区域内灯下昆虫群落结构的模糊聚类分析

利用昆虫群落特征指数进行模糊聚类, 结果如图 3 所示, 根据实际情况, 当选用阈值 $T=0.975$ 时, 可将整个昆虫群落的不同调查时间分为 8 类, 分别为 $A_1=\{5.10\}$; $A_2=\{7.19\}$; $A_3=\{6.20\}$; $A_4=\{8.09\}$; $A_5=\{8.19\}$; $A_6=\{7.09, 6.29, 10.19\}$; $A_7=\{10.09, 9.19, 9.09, 9.29, 6.10, 8.31, 10.31, 7.30, 5.21, 5.31\}$; $A_8=\{5.01, 11.09\}$ 。 A_1 自成一类, 因为在 5 月上旬, 该阶段气温逐渐回升, 出现的昆虫种类和数量都逐渐增加; A_2 自成一类, 该阶段内昆虫的种类和发生量受到了降雨的影响, 使得群落特征指数发生了明显变化; A_3 自成一类, 由于这个阶段鳞翅目的昆虫种类和发生数量, 尤其是螟蛾科的昆虫剧增, 使得昆虫群落特征指数发生变化, 且该阶段为昆虫群落在全年中的第 1 个发生高峰; A_4 自成一类, 是由于该阶段为昆虫群落在全年发生中的第 2 个高峰, 此时物种多样性指数为全年最大; A_5 自成一类, 是由于降雨对发生盛期中昆虫群落受环境因素影响; A_6 将 6 月下旬、7 月上旬、10 月中旬聚为一类, 反应了在昆虫发生高峰后昆虫群落结构变化的相似性; A_7 将 9 月、6 月上旬、5 月中下旬、8 月下旬、7 月下旬、10 月中下旬聚为一类, 表明了不同时间序列中昆虫群落的相似程度较高以及群落的复杂性, 反应了不同时期内昆虫群落结构存在着聚类交替现象; A_8 将 4 月下旬与 11 月上旬聚为一类, 这反应了昆虫群落建立初期和衰退末期的情况。

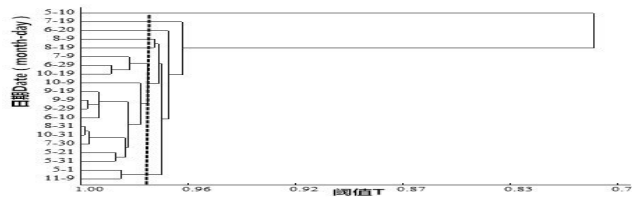


图 3 黑虎峪昆虫群落系统聚类

Fig.3 The systematic cluster of insect communities in Heihu Valley

3 结论与讨论

本次调查共采集昆虫标本 5230 号, 隶属 8 目 50 科 147 种, 昆虫群落较为丰富, 结构复杂, 但全年发生量不大。通过对其昆虫群落的物种组成及各科的相对多度的研究表明, 该区域优势类群为鳞翅目、鞘翅目、半翅目, 3 个目占到昆虫群落总量的 96.44%, 优势科为鳞翅目夜蛾科、螟蛾科, 鞘翅目鳃金龟科、丽金龟科, 半翅目蝽科。调查仅对明显趋光性的昆虫进行研究, 对无趋光性的昆虫类群未能进行调查研究, 因此今后应采用多种昆虫采集方式对泰山昆虫群落结构进行全面的研究所。

泰山黑虎峪区域内的昆虫群落种群数量、物种丰富度、群落特征指数在时间序列上的变化基本符合林间昆虫发生实际情况。查阅气象数据发现, 泰安市 2015 年上半年降雨量十分少, 泰山流域的水位下降明显, 下半年 7、8、9 月份属于雨季, 物种丰富度和发生量的时间动态波动较大, 这是由于气候可以影响昆虫自身的繁殖能力、活动、分布^[6]。黑虎峪区域昆虫种群数量与物种丰富度的变化趋势一致, 发生高峰集中在 6、8、10 月份, 这与昆虫实际发生情况一致。ShannonS-Wiener 多样性指数 H' 和 Simpson 多样性指数 D 变化趋势一致, 这是因为多样性与稳定性密切相关, 如果群落的多样性大, 则稳定性就强, 物种的多样组成了复杂的食物网、链而成为昆虫群落稳定性的主要因素^[7]; 均匀度 J 的变化趋势与 H' 变化呈正相关, 表明了昆虫群落发生处于高峰时, 昆虫群落的物种丰富度也会提高, 并且没有在发生量上占明显优势的种类, 此时优势度指数 C 将会处于一个较低的值, 这与蔡仁莲等得到的结果基本一致^[8]。2015 年 4 月~11 月我们对泰山区域有害生物的普查中发现, 2014 年至 2015 年 7 月, 由于泰安区域干旱严重, 导致 4 月份至 7 月份的林间鳞翅目食叶害虫发生量少, 7 月份中旬以后伴随着降水的增加, 食叶害虫数量有所增加, 这可能是鳞翅目成虫数量在 10

月中旬增多的原因。本文利用多种群落特征值对黑虎峪区域内昆虫群落结构进行时间动态的模糊聚类分析,结果反应了黑虎峪区域内昆虫群落结构在时间序列上同时具有间断性、连续性以及复杂性,这表明了季节、外界环境的变化对昆虫群落的影响。

在泰山林场有害生物的普查过程中发现,黑虎峪区域的昆虫种类较泰山桃花源、玉泉寺等地有明显的差距。黑虎峪区域位于城市和森林交界处,是登泰山一个重要的区域,常年有游客活动,生物多样性极易受到影响。随着城市化的进度加快,泰山黑虎峪这种特殊区域极容易受到外界影响,昆虫群落存在种类单一、多样性低、数量变动大、对人工环境的依存度高、天敌种类少等方面的问题^[19]。泰山林场近 10 年大力推行“森林健康”理念,而昆虫多样性在维持森林生态系统的结构、功能、稳定性方面扮演着重要的角色^[20],可用于对森林生态系统健康的快速评估。郭瑞等总结了适宜的指示生物的主要节肢动物类群作为指示生物监测和评价森林健康的指标,并研究了节肢动物与森林健康间的关系^[21];王义平等研究表明森林害虫胁迫及昆虫多样性变动,对于评估森林生态系统健康状况具有重要价值^[22]。Kris Decler 等研究表明,保持或增加栖息地走廊的密度可以有利于提高特定的捕食性节肢动物的物种丰富度,也可提高昆虫多样性^[23]。其次,泰山昆虫种类在山东区域最为丰富的,部分昆虫在植物授粉、生物防治、工业原料、医药保健等方面起着重要的作用^[24]。但目前对泰山昆虫资源的研究甚少,因此有必要对泰山昆虫多样性的研究,进一步挖掘对生态和人类有益的资源昆虫。此外,今后应该继续对该区域昆虫发生的监测以及昆虫生物多样性的研究,建立生物多样性资源保护区,确保泰山森林资源安全健康的发展。

参考文献

- [1] 杨全生,汪有奎,袁虹,等.祁连山森林昆虫的多样性及保护利用[J].干旱区资源与环境,2008,22(12):168-173
- [2] 任爽,邓新平.板栗树冠节肢动物群落的结构组成研究及优势物种分析[J].西南师范大学学报,2009,34(1):83-88
- [3] 侯有明,庞雄飞,梁广.文莱区趋光性昆虫物种多样性与季节动态分析[J].环境昆虫学报,2001,23(3):109-113
- [4] 王涛.秦岭火地塘林区主要趋光性昆虫种类及种群动态的研究[J].安徽农学通报,2011,17(3):59-60
- [5] 杨向东,董建臻,李瑞军,等.冀西北坝上地区灯下蛾类群落结构特征[J].生态学报,2010,30(15):4234-4240
- [6] 张立敏,张玉虎,陈斌,等.元阳梯田黑光灯诱集昆虫群落多样性及其评价方法研究[J].云南农业大学学报,2012,27(5):617-622
- [7] 张起玉,申卫星,李艳,等.泰山蝶类物种多样性及区系分析[J].山东林业科技,2011(3):29-31
- [8] 朱永红.泰山风景区观赏蝶类区系及麝凤蝶生物学研究[D].泰安:山东农业大学,2011
- [9] 王念慈,李照会,郑方强,等.泰山蚜虫区系及其生态分布的研究[J].山东农业大学学报:自然科学版,1994,25(3):293-300
- [10] Hubbert SH. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters[J]. Ecology, 1971,52(4):577-586
- [11] Mac Arthur R. Environmental factors affecting bird species diversity[J]. American Naturalist, 1964,98(903):387-397
- [12] Pfadt RE. Density and diversity of grasshoppers (Orthoptera:Acrididae) in an outbreak on Arizona rangeland[J]. Environmental Entomology, 1982,11(3):690-694
- [13] Scheiring JF, Deonier DL. Spatial and temporal patterns in Iowa shore fly diversity[J]. Environmental Entomology, 1979,8(5):879-882
- [14] 孙儒泳.动物生态学原理[M].第 3 版.北京:科学出版社,2001:97-142
- [15] 张晓明,李强,陈国华,等.花椒园昆虫群落结构及时间动态的聚类分析[J].应用昆虫学报,2015,52(1):237-248
- [16] Chenchouni H, Menasria T, Neffar S, et al. Spatiotemporal diversity, structure and trophic guilds of insect assemblages in a semi-arid Sabkha ecosystem[J/OL]. PeerJ, 2015,3:e860; DOI 10.7717/peerj.860
- [17] 韩宝瑜.茶园昆虫群落稳定性机制[J].茶叶科学,2000,20(1):1-4
- [18] 蔡仁莲,金道超,郭建军,等.菜豆田叶螨及天敌复合生态系统群落组成及其主成分分析[J].应用昆虫学报,2015,52(1):249-259
- [19] 谢立群,柳建国,章伯元,等.城市化过程中昆虫的群落变化及多样性保护[J].江苏环境科技,2007,20(4):72-78
- [20] Ivask M, Kuu A, Meriste M, et al. Invertebrate communities (Annelida and epigeic fauna) in three types of Estonian cultivated soils[J]. European Journal of Soil Biology, 2008(44):532-540
- [21] 郭瑞,王义平,吴鸿.森林凋落物层的节肢动物与森林健康的关系[J].林业科学,2012,48(3):122-127
- [22] 王义平,吴鸿,徐华潮.以昆虫作为指示生物评估森林健康的生物学与生态学基础[J].应用生态学报,2008,19(7):625-1630
- [23] Decler K, Maes D, Calster HV, et al. Importance of core and linear marsh elements for wetland arthropod diversity in an agricultural landscape[J]. Insect Conservation and Diversity, 2015,8(4):289-301
- [24] 张秀波,刘玉升.泰山虫草的研究进展[J].环境昆虫学报,2009,31(3):280-284