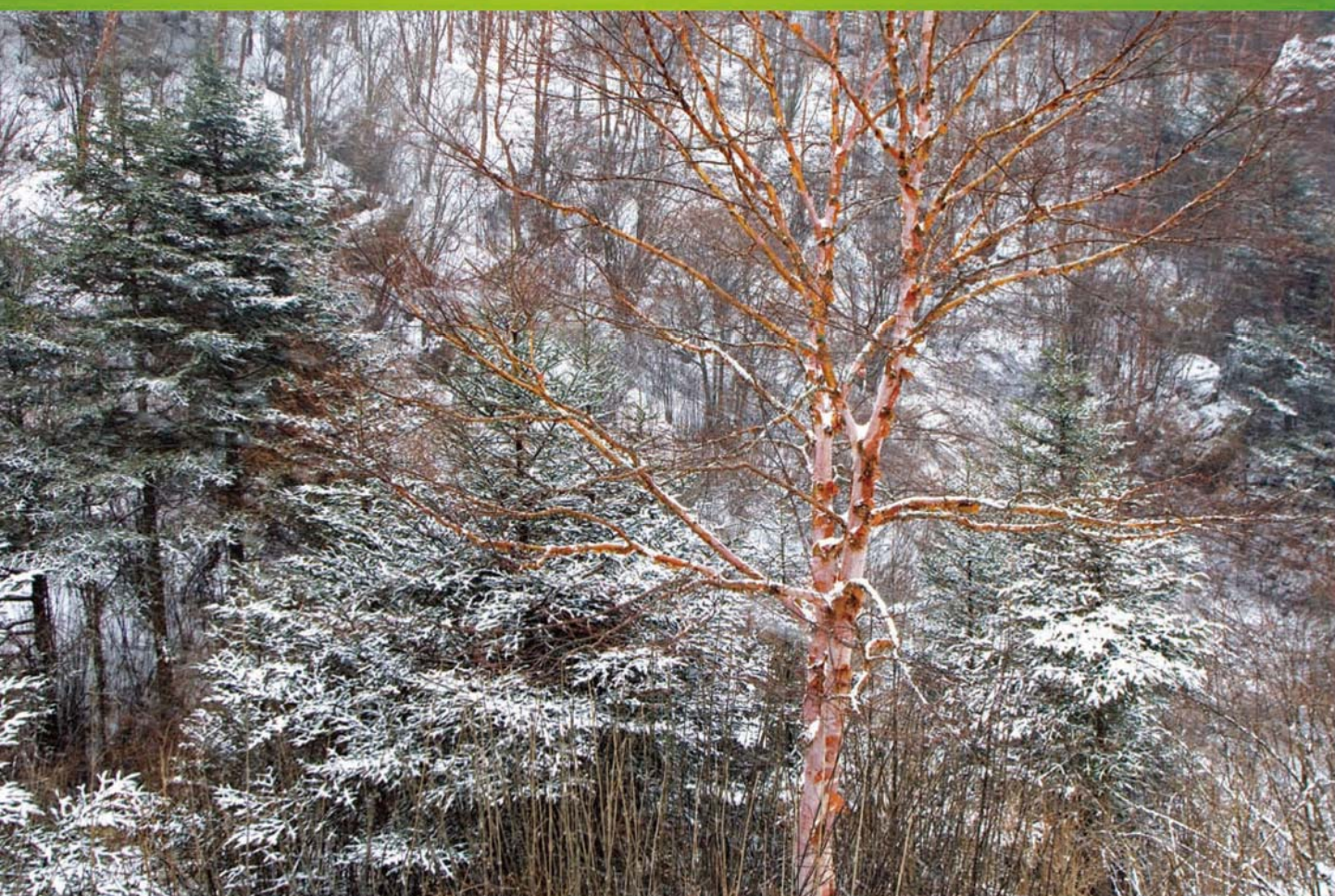


ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

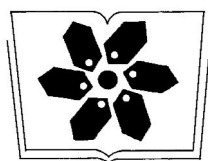
## Acta Ecologica Sinica



第34卷 第8期 Vol.34 No.8 **2014**

中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 8 期 2014 年 4 月 (半月刊)

## 目 次

### 前沿理论与学科综述

- 海洋浮游纤毛虫生长率研究进展..... 张武昌,李海波,丰美萍,等 (1897)
- 城市森林调控空气颗粒物功能研究进展..... 王晓磊,王 成 (1910)
- 雪地生活跳虫研究进展..... 张 兵,倪 珍,常 亮,等 (1922)

### 个体与基础生态

- 黄河三角洲贝壳堤岛叶底珠叶片光合作用对  $\text{CO}_2$  浓度及土壤水分的响应.....  
..... 张淑勇,夏江宝,张光灿,等 (1937)
- 米楮人促更新林与杉木人工林叶片及凋落物溶解性有机物的数量和光谱学特征.....  
..... 康根丽,杨玉盛,司友涛,等 (1946)
- 利用不同方法测定红松人工林叶面积指数的季节动态..... 王宝琦,刘志理,戚玉娇,等 (1956)
- 环境变化对兴安落叶松氮磷化学计量特征的影响 ..... 平 川,王传宽,全先奎 (1965)
- 黄土塬区不同土地利用方式下深层土壤水分变化特征 ..... 程立平,刘文兆,李 志 (1975)
- 土壤水分胁迫对拉瑞尔小枝水分参数的影响..... 张香凝,孙向阳,王保平,等 (1984)
- 遮荫处理对臭柏幼苗光合特性的影响..... 赵 顺,黄秋娴,李玉灵,等 (1994)
- 漓江水陆交错带典型立地根系分布与土壤性质的关系..... 李青山,王冬梅,信忠保,等 (2003)
- 梭梭幼苗的存活与地上地下生长的关系..... 田 媛,塔西甫拉提·特依拜,李 彦,等 (2012)
- 模拟酸雨对西洋杜鹃生理生态特性的影响..... 陶巧静,付 涛,项锡娜,等 (2020)
- 岩溶洞穴微生物沉积碳酸钙——以贵州石将军洞为例..... 蒋建建,刘子琦,贺秋芳,等 (2028)
- 桂东北稻区第七代褐飞虱迁飞规律及虫源分析..... 齐会会,张云慧,蒋春先,等 (2039)

### 种群、群落和生态系统

- 鄱阳湖区灰鹤越冬种群数量与分布动态及其影响因素..... 单继红,马建章,李言阔,等 (2050)
- 雪被斑块对川西亚高山两个森林群落冬季土壤氮转化的影响..... 殷 睿,徐振锋,吴福忠,等 (2061)
- 小秦岭森林群落数量分类、排序及多样性垂直格局 ..... 陈 云,王海亮,韩军旺,等 (2068)
- 2012 年夏季挪威海和格陵兰海浮游植物群落结构的色素表征 ..... 王肖颖,张 芳,李娟英,等 (2076)
- 云南花椒园中昆虫群落特征的海拔间差异分析..... 高 鑫,张立敏,张晓明,等 (2085)
- 人工湿地处理造纸废水后细菌群落结构变化..... 郭建国,赵龙浩,徐 丹,等 (2095)
- 极端干旱区尾间湖生态需水估算——以东居延海为例 ..... 张 华,张 兰,赵传燕 (2102)

## 景观、区域和全球生态

- 秦岭重点保护植物丰富度空间格局与热点地区…………… 张殷波,郭柳琳,王 伟,等 (2109)
- 太阳辐射对黄河小浪底人工混交林净生态系统碳交换的影响…………… 刘 佳,同小娟,张劲松,等 (2118)
- 黄土丘陵区油松人工林生态系统碳密度及其分配 …………… 杨玉姣,陈云明,曹 扬 (2128)
- 湘潭锰矿废弃地不同林龄栎树人工林碳储量变化趋势…………… 田大伦,李雄华,罗赵慧,等 (2137)

## 资源与产业生态

- 湘南某矿区蔬菜中 Pb、Cd 污染状况及健康风险评估 …………… 吴燕明,吕高明,周 航,等 (2146)

## 城乡与社会生态

- 北京市主要建筑保温材料生命周期与环境经济效益评价 …………… 朱连滨,孔祥荣,吴 宪 (2155)
- 城市地表硬化对银杏生境及生理生态特征的影响…………… 宋英石,李 锋,王效科,等 (2164)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 276 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 29 \* 2014-04



**封面图说:** 冷杉红桦混交林雪——冷杉是松科的一属,中国是冷杉属植物最多的国家,约 22 种 3 个变种。冷杉常常在高纬度地区至低纬度的亚高山至高山地带的阴坡、半阴坡及谷地形成纯林,或与性喜冷湿的云杉、落叶松、铁杉和某些松树及阔叶树组成针叶混交林或针阔混交林。冷杉具有较强的耐阴性,适应温凉和寒冷的气候,土壤以山地棕壤、暗棕壤为主。川西、滇北山区的冷杉林往往呈混交状态,冷杉红桦混交林为其中重要的类型。雪被对冷杉林型冬季土壤氮转化影响的研究对揭示高山森林对气候变化的响应及其适应机制提供重要的理论支持。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com



DOI: 10.5846/stxb201306101595

高鑫, 张立敏, 张晓明, 杨洁, 陈国华, 石安宪, 宋家雄, 李强. 云南花椒园中昆虫群落特征的海拔间差异分析. 生态学报, 2014, 34(8): 2085-2094.

Gao X, Zhang L M, Zhang X M, Yang J, Chen G H, Shi A X, Song J X, Li Q. Analysis of differences in insect communities at different altitudes in *Zanthoxylum bungeanum* gardens, Yunnan, China. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(8): 2085-2094.

## 云南花椒园中昆虫群落特征的海拔间差异分析

高 鑫<sup>1</sup>, 张立敏<sup>1</sup>, 张晓明<sup>1</sup>, 杨 洁<sup>1</sup>, 陈国华<sup>1</sup>, 石安宪<sup>2</sup>, 宋家雄<sup>2</sup>, 李 强<sup>1,\*</sup>

(1. 云南农业大学植物保护学院, 昆明 650201; 2. 云南省昭通市植保植检站, 昭通 657000)

**摘要:** 分析了金沙江畔 7 个不同海拔区域花椒园中昆虫群落特征的动态变化及其与温、湿度变化的关系。结果表明: 花椒园中昆虫群落的多样性、均匀度、丰富度、 $S_s/S_i$ 、 $S_n/S_p$  指标随海拔升高先增加后减少, 而个体数、优势集中性指数则随海拔升高先减少后增加; 低海拔 (450—750 m) 区域花椒园中由于总体温度高、湿度低, 较高海拔 (1300—1550 m) 区域总体温度低、湿度高, 均不利昆虫群落多样性、均匀度、丰富度、 $S_s/S_i$ 、 $S_n/S_p$  指标的提高和群落的稳定, 而中等海拔 (750—1300 m) 区域的温度、湿度较为适中, 昆虫群落的物种数及个体数量均相对较高, 昆虫群落多样性、均匀度、丰富度、 $S_s/S_i$ 、 $S_n/S_p$  指标也较高, 群落较稳定; 相反, 低海拔、较高海拔区域花椒园中昆虫群落优势集中性指数较高, 而中等海拔区域却相对较低。综合分析表明, 海拔高度及温湿度对花椒园昆虫群落特征影响较大, 而海拔高度及温湿度的测量和分析较为方便。

**关键词:** 花椒; 海拔; 温湿度; 昆虫; 群落特征

## Analysis of differences in insect communities at different altitudes in *Zanthoxylum bungeanum* gardens, Yunnan, China

GAO Xin<sup>1</sup>, ZHANG Limin<sup>1</sup>, ZHANG Xiaoming<sup>1</sup>, YANG Jie<sup>1</sup>, CHEN Guohua<sup>1</sup>, SHI Anxian<sup>2</sup>, SONG Jiaxiong<sup>2</sup>, LI Qiang<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China

<sup>2</sup> Plant Protection and Quarantine Station of Zhaotong, Zhaotong 657000, China

**Abstract:** *Zanthoxylum bungeanum* (Rutaceae) is one of the most important economic plants in some areas of China, because *Z. bungeanum* could be used to mitigate water and soil loss through the reforestation of barren hillsides where cultivation and tree removal has occurred. The mechanisms of insect community dynamics and pest insect outbreaks can be identified through their relationship with environmental factors such as altitude, temperature, humidity and insect community characteristics.

This study investigated the relationship between the environmental variables and insect communities in *Z. bungeanum* gardens near the Jinshajiang River, Yongshan County, Yunnan, China. Insect communities were sampled from seven different gardens at varying altitudes (low 450—750 m; medium 750—1300 m; high 1300—1550 m) from March to September, 2008. All data were analyzed using multivariate analysis of variance (MANOVA) and the level of correlation using the Gray—system theory. The results were: 1) Insect community structure varied with altitude, suggesting altitude is a key factor influencing insect communities in *Z. bungeanum* gardens; 2) Increases in altitude resulted in higher species diversity, evenness, richness,  $S_s/S_i$  (the number of species divided by the number of individuals) and  $S_n/S_p$  (the number of natural enemy species divided by the number of phytophagous species) at lower altitudes followed by a decline at higher

**基金项目:** 国家自然科学基金 (U0936601, 30660105); 云南省教育厅科学研究基金 (2012Y366)

**收稿日期:** 2013-06-10; **修订日期:** 2013-12-17

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liqiangkm@126.com

altitudes. However, the species abundance and dominance indices decreased at lower altitudes then increased at higher altitudes; 3) Where *Z. bungeanum* gardens grew under more extreme climatic conditions, such as higher temperatures and lower humidity at lower altitudes, or lower temperatures and higher humidity at higher altitudes, there were less diverse insect communities. Thus, insect community characteristics such as species diversity, evenness, richness,  $S_s/S_i$  and  $S_n/S_p$  indices were lower and more unstable in gardens at lower and higher altitudes. The seasonal dynamics of insect communities at lower and higher altitudes changed more quickly compared with those at medium altitudes. The climatic conditions at the gardens at medium altitudes (750—1300 m) were more suitable for diverse insect communities with ideal temperatures and humidity. Thus, the number of insects at the individual and species level in gardens between 750 and 1300 m (medium altitude) were relatively higher compared with gardens at lower and higher altitudes. The insect communities at medium altitudes indicated better stability based on insect community diversity, evenness, richness,  $S_s/S_i$  and  $S_n/S_p$  indices, which were higher compared with the other two altitudinal groups. In comparison with the gardens at low and high altitudes, the seasonal dynamics of the insect community at medium altitudes changed slightly; 4) The dominance indices for the insect communities were higher at 450—750 m and 1300—1550 m altitude gardens, but lower in the 750—1300 m gardens. Furthermore, the dominance indices at the low and high altitude gardens showed a more significant change among seasons compared with the medium altitude gardens.

Overall, insect community dynamics in *Z. bungeanum* gardens (Yunnan Province) may be influenced by altitudinal factors such as temperature and humidity, affecting insect species and abundance in various sub-communities. The key influencing factors were the extremes of temperature and humidity. The stability of insect communities in *Z. bungeanum* gardens could be improved under suitable temperature and humidity conditions similar to those found between 750 and 1300 m.

**Key Words:** *Zanthoxylum bungeanum*; altitude; temperature and humidity; insect; community characteristic

海拔高度是重要的非生物生态因子,影响着山林土壤、植被、小气候以及植物的生长、分布等,同时也对昆虫的生长、发育、存活、生殖力和分布产生影响,进而影响昆虫所在昆虫群落的组成、结构和功能等<sup>[1]</sup>。有关物种多样性沿海拔梯度分布格局的研究,国内外已有一些研究报道<sup>[2-4]</sup>,但不同山地和不同生活型的物种多样性的海拔分布格局各不相同,受山地所处的区域环境条件、山体的相对高度和地质地貌等众多因素影响<sup>[5]</sup>,物种多样性沿海拔梯度的分布格局随海拔升高呈现出先降低后升高、或先升高后降低(单峰曲线)、或单调升高、单调下降等多种变化形式<sup>[6-7]</sup>。因此,在不同区域对不同山地进行物种多样性海拔格局的研究非常必要。

云南省永善县国家农业综合开发项目区花椒示范区,海拔在 450—1525 m 区间,为典型的立体花椒生态园林系统,在示范区调查研究不同海拔区域花椒园昆虫群落组成、结构和特征及其变化规律,以揭示海拔高度与昆虫群落变化及害虫种群数量发生的关系,可为了解花椒园昆虫群落变化规律、开展花椒

害虫综合治理、花椒绿色产品的生产和花椒园中生态环境的保护提供参考和依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验样地概况

试验样地设置于云南省昭通市永善县国家农业综合开发项目区花椒示范园内,根据花椒树龄及长势相似原则在 7 个不同海拔梯度设置试验点,在每个海拔区域选取 1 个花椒园进行调查。花椒园地势为山坡地或梯田条状型,花椒种植品种主要为青椒,花椒树开心形,花椒树龄为 5—6a,树高 2—3 m,种植行、株距为 2 m×3 m—3 m×3 m。试验区介于东经 103°15′至 104°1′,北纬 27°31′至 28°32′之间,海拔 450—1525 m 区间,年均降水量 650—800 mm,年均日照时数约 1172 h,年平均气温 16.9℃—20.3℃,属于亚热带大陆性季风气候地区<sup>[8]</sup>。采用 GPS 卫星定位器测定花椒园海拔高度、面积,其中以 A1—A7 分别代表 7 个不同海拔的花椒园,具体数据见表 1。

表 1 7 个试验区域花椒园的海拔高度及面积

Table 1 The altitude and area of seven *Zanthoxylum bungeanum* gardens in different altitudes

项目 Item	样地 Sample plot						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
海拔 Altitude/m	473.0 ± 14.0	714.5 ± 3.5	912.6 ± 21.2	1051.5 ± 9.5	1202.5 ± 18.5	1354.5 ± 21.5	1500.5 ± 16.5
面积 Area/hm <sup>2</sup>	0.4	0.82	0.45	0.26	0.24	0.69	0.38

A1—A7 分别代表 7 个不同海拔花椒园 represents seven *Zanthoxylum bungeanum* gardens in different altitudes

## 1.2 调查方法

2008 年从花椒 3 月开始发芽至 9 月果实收获期间对 7 个不同海拔花椒园样地进行定期定点系统调查,同时采用观察和网捕、糖醋液诱集、黄板诱集、黄盘诱集的调查方法,每 10 d 调查 1 次。在每个花椒园中设置 1 个糖醋液诱集瓶、4 张黄板和 4 个滴水黄盘;糖醋液诱集瓶悬挂在样地中央随机选取的花椒树上,悬挂高度为花椒树主干 2/3 高度;4 张黄板分别悬挂在样地东、南、西、北 4 个方位随机选取的 4 棵花椒树上,悬挂高度为花椒树主干 2/3 高度;4 个黄盘分别放置在样地东、南、西、北 4 个方位随机选取的 4 棵花椒树树缘位置的地面上,以确保对样地中每个方位的节肢动物群落进行充分调查。观察和网捕调查方法为试验田中采用“Z”字型路线进行观察和网捕,每次扫 30 网。调查期间试验样地按常规措施管理,不施用化学药剂。

采用 7 个 HOBO (HOBO H8, Onset computer corporation) 温湿度记录仪分别悬挂于 7 个不同海拔试验样地中央随机选取的 1 棵花椒树主干 2/3 高度上,设置每 2h 记录 1 次花椒园中的温、湿度数值。

## 1.3 分析方法

群落特征指数分析采用 Shannon-Wiener 多样性指数( $H' = \sum P_i \ln P_i$ )、Margalef 丰富度指数( $R = (S - 1) / \ln N$ )、均匀度指数( $J = H' / H'_{\max} = H' / \ln S$ )、Berger-Parker 优势度指数( $D = N_{\max} / N$ )、Simpson 优势集中性指数( $C = \sum P_i^2 = \sum (N_i / N)^2$ )、 $S_s / S_i$ 和  $S_n / S_p$ 稳定性指标等进行分析,其中  $N$  为全部种的个体数量,  $N_{\max}$  为优势种个体数量,  $N_i$  为第  $i$  个种的个体数,  $S$  为物种数,  $S_n$  表示天敌物种数,  $S_p$  表示植食性昆虫物种数,  $S_i$  表示个体数,为与引入指标公式中符号统一,  $S_s / S_i$  稳定性指标中  $S_s$  也表示物种数。

用多元方差分析、灰色系统关联度分析方法在 DPS 数据处理系统(7.05 版)软件上对所调查的数据进行相应分析。其中,多元方差分析通过分析不同

海拔昆虫群落特征指标样本的方差,比较不同海拔昆虫群落特征总体均值,检验海拔差异是否对群落特征有影响,其实质是对不同海拔的样本数据所代表的总体均值之间的差异进行  $F$  检验,即检验群落特征指标在不同海拔区域内的总体均值间的差异是否有统计学意义,以此鉴别考察海拔差异对群落特征的影响大小;而灰色关联度分析是对两个系统(如群落特征和温湿度)或两个因素(如多样性与温度)之间关联性大小的量度,描述两系统发展中因素相对变化的情况,也就是变化的大小、方向及速度等指标的相对性,如果两者在系统发展过程中变化相对基本一致,则认为两者关联度大,反之关联度就小<sup>[9]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同海拔花椒园中昆虫群落结构及组成

本研究在 7 个不同海拔花椒园中调查到昆虫共计 250 种,隶属 18 目 138 科(表 2)。其中植食性昆虫类群 115 种,占物种总数的 46%,隶属 12 目 40 科,发生量较大、持续时间较长的主要有棉蚜(*Aphis gossypii*)、花椒伪安瘿蚊(*Pseudasphondylia zanthoxyli*)、桑拟轮蚧(*Pseudaulacaspis pentagona*)、花椒凤蝶(*Papilio xuthus*)、红褐斑腿蝗(*Catantops pinguis*)及小绿叶蝉(*Empoasca flavescens*)等。天敌类群 92 种,占物种总数的 36.80%,其中捕食性类群有 50 种,占 20.00%,隶属 9 目 33 科,主要种类包括异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)、六斑月瓢虫(*Menochilus sexmaculata*)、七星瓢虫(*Coccinella septempunctata*)、大草蛉(*Chrysopa septempunctata*)、大灰食蚜蝇(*Metasyrphus corollae*)、金环胡蜂(*Vespa mandarinia*)等;寄生性类群 42 种,占 16.80%,隶属 2 目 12 科,主要种类为广腿小蜂(*Brachymeria lasus*)、黄金小蜂(*Pteromalus puparum*)、翠绿巨胸小蜂(*Perilampus prasinus*)、家蚕追寄蝇(*Exorista sorbillans*)等。中性昆虫类群 43 种,占物种总数的

17.20%, 隶属 3 目 17 科。主要种类为短脉异蚤蝇 (*Megaselia curtineura*)、红头丽蝇 (*Calliphora vicina*)、中华按蚊 (*Anopheles sinensis*)、泛叉毛蚊 (*Pentherria japonica*) 等。

表 2 不同海拔花椒园昆虫群落组成与结构

Table 2 Composition and structure of Insect communities in seven <i>Zanthoxylum bungeanum</i> gardens with different altitude																		
样地 Sample plot	植食性类群 Plytophagous group				捕食性类群 Predatory group				寄生性类群 Parasitic group				中性类群 Neutral group				合计 Total	
	<i>N<sub>s</sub></i>	<i>R</i>	<i>N<sub>i</sub></i>	<i>R</i>	<i>N<sub>s</sub></i>	<i>R</i>	<i>N<sub>i</sub></i>	<i>R</i>	<i>N<sub>s</sub></i>	<i>R</i>	<i>N<sub>i</sub></i>	<i>R</i>	<i>N<sub>s</sub></i>	<i>R</i>	<i>N<sub>i</sub></i>	<i>R</i>	<i>N<sub>s</sub></i>	<i>N<sub>i</sub></i>
A1	74	145.10	2579	69.51	26	50.98	136	3.67	25	49.02	209	5.633	32	62.75	786	21.19	157	3710
A2	98	48.04	4487	68.33	36	17.65	357	5.44	33	16.18	414	6.304	37	18.14	1309	19.93	204	6567
A3	103	48.36	4790	66.39	38	17.84	410	5.68	35	16.43	411	5.696	37	17.37	1604	22.23	213	7215
A4	108	48.65	5092	65.03	40	18.02	432	5.52	37	16.67	407	5.198	37	16.67	1899	24.25	222	7830
A5	115	46.37	5000	60.20	48	19.35	457	5.50	42	16.94	362	4.359	43	17.34	2486	29.93	248	8305
A6	100	48.08	3871	69.50	42	20.19	418	7.50	34	16.35	244	4.381	32	15.38	1037	18.62	208	5570
A7	88	50.00	5262	70.50	28	15.91	177	2.37	31	17.61	234	3.135	29	16.48	1791	24.00	176	7464

*N<sub>s</sub>*: 物种数 Number of species; *R*: 比例 Rate (%) ; *N<sub>i</sub>*: 个体数 Number of individuals; A1—A7 表示七个不同海拔花椒园 represents seven *Zanthoxylum bungeanum* gardens in different altitudes

2.2 不同海拔花椒园中昆虫群落特征的多元方差分析

以 7 个海拔高度为 7 个处理, 每次调查各海拔花椒园昆虫群落的总个体数、总物种数、植食性昆虫物种数及个体数、捕食性昆虫物种数及个体数、寄生性昆虫物种数及个体数、中性昆虫物种数及个体数、蜘蛛类群物种数及个体数(非昆虫, 但作为一个影响因素)、天敌物种数及个体数, 以及群落的丰富度指数、多样性指数、均匀度指数、优势度指数、优势集中性指数共计 19 个群落特征指标为一个样本, 即这 19 个群落特征指标参数为每个样本的指标性状, 7 个试验点 20 次调查共得 140 个样本, 利用 DPS 中多元方差分析中的单向分组完全随机设计功能进行方差分析, 考察群落特征指标的海拔间差异, 结果如表 3。

表 3 7 个海拔高度花椒园昆虫群落特征指标多元方差检验结果  
Table 3 The results of multivariate analysis of variance (MANOVA) on insect community characteristics in seven *Zanthoxylum bungeanum* gardens with different altitudes

海拔 Altitude	A2	A3	A4	A5	A6	A7
A1	3.06 **	17.62 **	5.24 **	2.58 **	2.44 **	2.42 **
A2		13.79 **	0.9100	2.79 **	2.59 **	3.86 **
A3			14.27 **	18.09 **	17.19 **	17.73 **
A4				3.62 **	3.12 **	5.46 **
A5					2.14 *	2.32 **
A6						3.92 **

\* 代表差异显著, \*\* 代表差异极为显著

从表 3 可知, 以 19 个昆虫群落特征指标综合反映花椒园中昆虫群落特征, 其不同海拔间花椒园昆

虫群落特征差异比较结果显示, A2 海拔与 A4 海拔间无显著差异, A5 海拔与 A6 海拔间有显著差异, 其余不同海拔间差异均达极显著水平, 说明不同海拔花椒园中昆虫群落特征存在较大差异, 海拔高度对昆虫群落特征影响较大。

2.3 不同海拔花椒园昆虫群落特征的季节动态

为明确不同海拔花椒园昆虫群落特征的差异, 对昆虫群落(含蜘蛛)的物种数、个体数、Shannon-Wiener 多样性指数 ( $H' = \sum P_i \ln P_i$ )、Margalef 丰富度指数 ( $R = (S - 1) / \ln N$ )、均匀度指数 ( $J = H' / H'_{\max} = H' / \ln S$ )、Simpson 优势集中性指数 ( $C = \sum P_i^2 = \sum (N_i / N)^2$ )、 $S_s / S_i$  和  $S_n / S_p$  稳定性指标等主要特征指标的季节动态变化进行分析, 其季节动态如图 1 所示。

研究表明: 7 个不同海拔花椒园中昆虫群落特征的物种数、个体数、群落丰富度、 $S_s / S_i$ 、 $S_n / S_p$  稳定性指数的季节动态变化均呈现出小双峰形态变化趋势, 其中 4—5 月份为物种数量及个体数最多的高峰值期, 次高峰出现在 8—9 月份; A3、A4 中等海拔 (750—1300 m) 区域的花椒园中昆虫群落物种数量及个体数整体上变动较为稳定, 物种及个体数也相对较多, 而低海拔 (450—750 m) 的 A1、较高海拔 (1300—1550 m) 的 A6—A7 区域花椒园中昆虫群落物种数量波动较大, 4—5 月份的峰值较高, 但下降较快, 5 月份后物种数量相对较低, 其个体数量也相对较低; 昆虫群落的丰富度在 4 月份达最高峰值期, 次高峰出现在 8 月份左右, 海拔 A2—A4、A6 区域的花



椒园中昆虫群落丰富度整体变动相对稳定,数值也相对较高,而海拔 A1、较高海拔 A5、A7 区域花椒园中昆虫群落丰富度波动较大且数值相对较低;昆虫群落的  $S_s/S_i$  稳定性指数峰值分别在 4 月份、7 月份出现,A1、A5、A7 海拔区域的昆虫群落  $S_s/S_i$  稳定性指数波动较大,而 A2—A4、A6 海拔区域的花椒园中

昆虫群落  $S_s/S_i$  稳定性指数的季节动态变化波动较小;昆虫群落的  $S_n/S_p$  稳定性指数峰值分别在 4—5 月份、8 月份出现,A5、A7 海拔区域的昆虫群落  $S_n/S_p$  稳定性指数整体波动较大,其余海拔区域花椒园中  $S_n/S_p$  稳定性指数波动较小,整体上 A3、A4 海拔区域的花椒园中昆虫群落  $S_n/S_p$  稳定性指数数值较大。

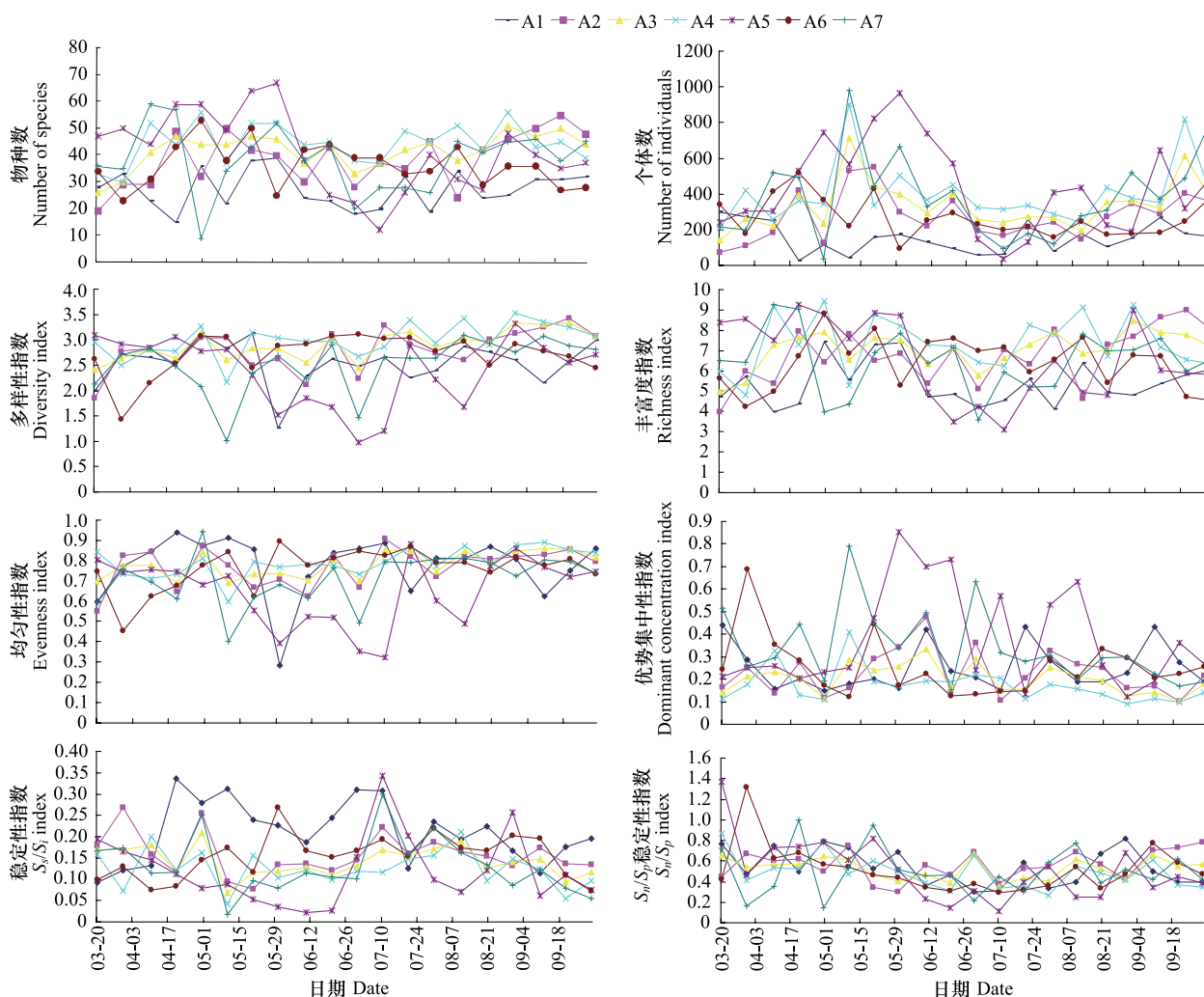


图 1 7 个不同海拔花椒园中昆虫群落特征的季节动态

Fig.1 Seasonal dynamics of insect community characteristics in seven *Zanthoxylum bungeanum* gardens with different altitudes

A1—A7 表示 7 个不同海拔梯度花椒园 represents seven *Zanthoxylum bungeanum* gardens in different altitudes

7 个不同海拔花椒园中昆虫群落多样性和均匀度的季节动态变化基本相似,A1—A4、A6 海拔区域花椒园中的昆虫群落多样性、均匀度的季节动态变化均较小,呈小幅上升趋势,且 A2—A4 海拔区域多样性、均匀度的数值相对较高,而 A5、A7 的海拔区域花椒园中的昆虫群落多样性、均匀度的季节动态变化较大,数值也相对较低。

7 个不同海拔花椒园中昆虫群落特征的优势集

中性指数的季节动态变化呈先增后减的趋势,峰值出现在 5—6 月份,A5、A7 海拔区域的昆虫群落优势集中性指数数值较高,波动也较大,而 A1—A4、A6 海拔区域的昆虫群落优势集中性指数的季节动态变化相对较小,其中海拔 A3、A4 区域的花椒园中昆虫群落优势集中性指数相对更低。

## 2.4 不同海拔区域花椒园中温湿度、昆虫群落特征间的关系



采用每次调查期间的最高气温、最低气温、平均气温、最高湿度、最低湿度、平均湿度对应于昆虫群落特征的 19 个指标的时间序列数据,应用灰色系统关联度研究不同海拔区域温湿度、昆虫群落特征间的相互关系,结果如表 4、表 5 所示(受篇幅限制,只列出昆虫群落特征指标与其关联度较大的前三项)。

表 4 表明:低海拔区域花椒园中植食性昆虫物种数与平均湿度关联性较大,而中海拔区域与平均温度关联性较大,较高海拔区域与平均湿度关联性较大;花椒园中植食性昆虫个体数在低海拔区域与最低温度变化较为一致,中海拔区域与平均湿度、最大湿度变化关联度较大,较高海拔区域与最高温度、最高湿度关联性最大。

捕食性昆虫物种数在低海拔区域与最小温度变化较为一致,中海拔区域与最高温度关联度较大,较高海拔区域与平均温度关联性较大;捕食性昆虫个体数在低海拔区域随最低温度变化较为一致,中海拔区域与最高温度、最大湿度变化关联度较大,较高海拔区域受最低湿度影响最大。

寄生性昆虫物种数在低海拔区域与平均湿度、最高温度关联性较大,中海拔区域与平均温度关联性较大,较高海拔区域与平均湿度关联性较大;寄生性昆虫个体数在低海拔区域随最低湿度变化较为一致,中等及较高海拔区域随海拔上升,依次与最低、平均、最高温度关联性较大。

中性昆虫物种数在低海拔区域与最低湿度关联性较大,中海拔区域与平均温度及最低湿度关联性较大,较高海拔区域与平均温度及最高湿度关联性较大;中性昆虫个体数在中、低海拔区域与最高湿度变化较为一致,较高海拔区域与最高温度、平均湿度关联性最大。

表 5 表明:7 个不同海拔花椒园中昆虫群落物种及个体数总体上与植食性昆虫物种数及个体数关联性较大,其次关联性较大的是中性昆虫物种及个体数;昆虫群落丰富度主要与植食性昆虫物种数关联性较大,其次在低海拔区域由于整体温度较高,与最高湿度关联性较大,而中海拔区域与平均温度关联性较大,较高海拔区域与最高湿度及平均湿度关联性较大;昆虫群落多样性、均匀度总体上表现出与温湿度关联性较大的特点,且随海拔变化与温湿度关联性的变化关系也基本一致,在低海拔区域与最高

温度变化较为一致,中海拔区域与最高湿度关联性较大,较高海拔区域与平均湿度、最高湿度关联性较大。

花椒园中昆虫群落优势度集中性指数在低海拔区域主要与温湿度关联性较大,其中与低湿高温变化最为一致,海拔 700 m 左右的区域主要与中性昆虫物种数及最低温度关联性较大,海拔 900 m 左右区域主要与捕食性、植食性、中性昆虫物种及最高温度关联度最大,海拔 1050 m 左右区域主要与平均温度、最高湿度关联性较大,海拔 1200 m 左右区域主要与植食性昆虫个体数及最低温度关联性较大,海拔 1300 m 左右区域主要与寄生性物种及最高湿度关联度较大,海拔 1500 m 左右区域主要与植食性昆虫个体数及最低温度关联性较大。

在低海拔区域花椒园中昆虫群落  $S_s/S_i$  稳定性指数主要与最高湿度关联性较大,海拔 900—1050 m 左右区域主要与最低湿度关联性较大,海拔 1200 m 左右区域主要与捕食性物种数及最高温度关联性较大,海拔 1300 m 左右区域主要与温度关联性较大,海拔 1500 m 左右区域主要与湿度关联性;在中、低海拔区域花椒园中昆虫群落  $S_n/S_p$  稳定性指数主要与寄生性昆虫物种数、最高温度、最高湿度的关联性较大,较高海拔区域花椒园主要与寄生性昆虫物种数、最高温度、最低湿度关联性较大。

### 3 小结与讨论

多元方差分析表明,7 个不同海拔花椒园中昆虫群落特征的海拔间差异较大,群落特征受海拔高度影响较大。这也说明海拔梯度作为综合了温度、湿度、光照等多种影响生物多样性分布的重要环境因子,不同山地所处的区域环境条件、山体的相对高度和地质地貌等差异,可能造成不同生活型的物种多样性海拔分布格局<sup>[5]</sup>。

从花椒园中昆虫群落特征季节动态的海拔差异比较来看,中海拔 A2—A4 区域的花椒园中昆虫群落物种及个体数量、多样性、丰富度、均匀度、优势集中性指数、 $S_s/S_i$ 、 $S_n/S_p$  指标的季节动态变化波动均相对较小,海拔 A1、A5—A7 区域花椒园中昆虫群落指标波动较大,表明群落多样性、均匀度、丰富度、 $S_s/S_i$ 、 $S_n/S_p$  指标随海拔升高呈先增加后减少的趋势,而个体数、优势集中性指数则随海拔升高呈先减

表 4 花椒园中昆虫群落结构与温湿度的灰色关联度分析

Table 4 Grey relational analysis between insect community composition and humiture in the seven <i>Zanthoxylum bungeanum</i> gardens with different altitudes														
关联度排名 Rank	A1		A2		A3		A4		A5		A6		A7	
	因子 Factor	系数 Coefficient	因子	系数	因子	系数	因子	系数	因子	系数	因子	系数	因子	系数
$Ph_s$														
	$RH_{ave}$	0.2996	$T_{ave}$	0.4377	$T_{ave}$	0.4647	$T_{ave}$	0.4234	$RH_{ave}$	0.3262	$RH_{ave}$	0.3787	$RH_{ave}$	0.4864
	$RH_{min}$	0.2792	$T_{min}$	0.4085	$T_{max}$	0.4512	$RH_{max}$	0.4002	$T_{max}$	0.3216	$RH_{min}$	0.3560	$T_{max}$	0.4748
2	$RH_{max}$	0.2759	$T_{max}$	0.3608	$RH_{ave}$	0.4418	$T_{min}$	0.3936	$RH_{max}$	0.3018	$RH_{max}$	0.3429	$RH_{max}$	0.4611
$Ph_n$														
	$T_{min}$	0.3305	$T_{min}$	0.3751	$RH_{ave}$	0.5091	$RH_{max}$	0.5612	$RH_{max}$	0.4062	$T_{max}$	0.3703	$RH_{max}$	0.5925
	$RH_{min}$	0.3284	$RH_{ave}$	0.3734	$T_{ave}$	0.5006	$T_{ave}$	0.5561	$T_{max}$	0.4057	$RH_{max}$	0.3615	$T_{max}$	0.5834
2	$RH_{max}$	0.3123	$T_{ave}$	0.3372	$RH_{max}$	0.4924	$RH_{ave}$	0.5515	$T_{min}$	0.4054	$RH_{min}$	0.3434	$RH_{min}$	0.5694
$Pr_s$														
	$T_{min}$	0.3395	$RH_{min}$	0.3666	$T_{max}$	0.3540	$T_{max}$	0.3719	$T_{max}$	0.2898	$RH_{max}$	0.3895	$T_{ave}$	0.4687
	$RH_{ave}$	0.3283	$T_{min}$	0.3442	$RH_{max}$	0.3360	$RH_{ave}$	0.3703	$RH_{ave}$	0.2840	$T_{max}$	0.3670	$RH_{max}$	0.4586
2	$T_{max}$	0.3240	$T_{ave}$	0.3135	$T_{ave}$	0.3124	$RH_{max}$	0.3491	$T_{ave}$	0.2826	$RH_{ave}$	0.3417	$T_{max}$	0.4483
$Pr_n$														
	$T_{min}$	0.3186	$RH_{max}$	0.5276	$T_{max}$	0.4630	$T_{max}$	0.3595	$RH_{max}$	0.2784	$RH_{max}$	0.3200	$RH_{min}$	0.3525
	$RH_{ave}$	0.3181	$T_{ave}$	0.5193	$RH_{max}$	0.4533	$RH_{max}$	0.3134	$T_{max}$	0.2777	$RH_{ave}$	0.3056	$T_{max}$	0.3446
2	$RH_{min}$	0.2916	$T_{max}$	0.5080	$RH_{ave}$	0.4383	$RH_{ave}$	0.3091	$RH_{ave}$	0.2540	$T_{max}$	0.2960	$T_{ave}$	0.3361
$Pa_s$														
	$RH_{ave}$	0.3844	$T_{max}$	0.3921	$RH_{ave}$	0.4264	$T_{ave}$	0.4567	$T_{max}$	0.3286	$T_{max}$	0.4934	$RH_{ave}$	0.4605
	$T_{max}$	0.3478	$RH_{min}$	0.3851	$RH_{max}$	0.4089	$T_{max}$	0.4442	$RH_{ave}$	0.3262	$RH_{max}$	0.4703	$RH_{max}$	0.4439
2	$RH_{max}$	0.3462	$RH_{max}$	0.3778	$T_{max}$	0.3843	$RH_{max}$	0.4017	$RH_{max}$	0.3207	$RH_{ave}$	0.4511	$T_{max}$	0.4326
$Pa_n$														
	$RH_{min}$	0.3200	$T_{min}$	0.3105	$T_{ave}$	0.3556	$T_{max}$	0.2757	$T_{max}$	0.4334	$T_{max}$	0.3863	$RH_{ave}$	0.4473
	$RH_{ave}$	0.2991	$RH_{ave}$	0.2832	$T_{max}$	0.3415	$RH_{ave}$	0.2687	$RH_{max}$	0.4134	$RH_{max}$	0.3730	$T_{ave}$	0.4462
2	$RH_{max}$	0.2908	$T_{ave}$	0.2826	$RH_{max}$	0.3228	$RH_{max}$	0.2624	$RH_{ave}$	0.4037	$RH_{ave}$	0.3716	$T_{min}$	0.4327
$Ne_n$														
	$RH_{max}$	0.3643	$T_{min}$	0.3580	$RH_{max}$	0.3333	$T_{min}$	0.4377	$RH_{min}$	0.3665	$T_{max}$	0.3553	$RH_{ave}$	0.5315
	$T_{max}$	0.3580	$RH_{ave}$	0.3472	$RH_{ave}$	0.3322	$T_{ave}$	0.4339	$RH_{max}$	0.3408	$RH_{ave}$	0.3542	$T_{min}$	0.5179
2	$RH_{ave}$	0.3575	$T_{ave}$	0.3454	$RH_{min}$	0.3280	$RH_{max}$	0.4317	$RH_{ave}$	0.3281	$T_{min}$	0.3451	$RH_{min}$	0.5124
$Ne_s$														
	$RH_{min}$	0.3261	$T_{ave}$	0.4087	$RH_{min}$	0.4634	$T_{ave}$	0.4117	$RH_{max}$	0.3091	$RH_{max}$	0.3956	$T_{ave}$	0.3828
	$T_{min}$	0.2730	$T_{min}$	0.3996	$T_{ave}$	0.4113	$RH_{max}$	0.3728	$RH_{ave}$	0.3072	$T_{ave}$	0.3434	$RH_{max}$	0.3400
2	$RH_{ave}$	0.2600	$RH_{ave}$	0.3888	$T_{min}$	0.3928	$T_{max}$	0.3696	$T_{ave}$	0.2650	$RH_{min}$	0.3192	$T_{max}$	0.3369

$Ph_s$ : 植食性昆虫物种数 the species number of phytophagous insects;  $Pr_s$ : 捕食性昆虫物种数 the species number of predatory insects;  $Pa_s$ : 寄生性昆虫物种数 the species number of parasitic insects;  $Ne_s$ : 中性昆虫物种数 the species number of neutral insects;  $Ph_n$ : 植食性昆虫个体数 the individuals of phytophagous insects;  $Pr_n$ : 捕食性昆虫个体数 the individuals of predatory insects;  $Pa_n$ : 寄生性昆虫个体数 the individuals of parasitic insects;  $Ne_n$ : 中性昆虫个体数 the individuals of neutral insects;  $T_{ave}$ : 平均温度 average temperature;  $T_{max}$ : 最高温度 maximum temperature;  $T_{min}$ : 最低温度 minimum temperature;  $RH_{ave}$ : 平均相对湿度 average relative humidity;  $RH_{max}$ : 最高湿度 maximum relative humidity;  $RH_{min}$ : 最低湿度 minimum relative humidity





少后增加的趋势。张承祚<sup>[10]</sup>等对云南不同海拔花椒园昆虫群落结构及动态的研究报道表明,群落多样性、均匀度、丰富度指标随海拔升高呈减少的趋势,而个体数、优势集中性指数则随海拔升高呈增加的趋势。比较可知这种结论的差异主要是各自研究的海拔区间不同造成,张承祚等研究的海拔区间在700—1400 m左右,而本研究的海拔区间在450—1550 m,对比两者对应海拔区间的结论是一致的。

从花椒园中昆虫群落特征物种数、个体数与温湿度关联度的海拔差异比较来看,低海拔区域捕食性、寄生性昆虫物种及个体数与最低温度的关联度较大,而低海拔温度相对较高,不利于捕食性、寄生性昆虫物种及个体数的增长,而植食性、中性昆虫相对更能适应低等海拔区域的高温环境,与物种及数量均比例较大;中海拔区域昆虫群落各功能团亚种群物种及个体数量与平均温度、平均湿度关联性均较大,表明中海拔区域的温湿度较适合昆虫群落的物种及个体数量的增长;较高海拔区域总体温度较低,湿度较大,昆虫群落各功能团亚种群个体数却与最高温度关联性较大。这充分说明低海拔区域由于总体温度高、湿度低,不利于昆虫群落物种数及个体数量的增加,而中等海拔区域的温度、湿度较为适中,昆虫群落的物种及数量均相对较高,较高海拔区域总体温度低、湿度大,不利于昆虫群落物种的增长。

从昆虫群落多样性、均匀度、丰富度、优势集中性指数、 $S_s/S_i$ 、 $S_n/S_p$ 指标与昆虫群落各功能团亚种群物种及个体数、温湿度的关联性分析来看,多样性、均匀度、丰富度总体上主要与植食性昆虫物种数关联性较大,这与植食性昆虫物种及数量在昆虫群落中总是占比最大的事实相吻合。其次在低海拔区域的温度高湿度低、较高海拔区域温度低湿度高的环境均不利昆虫群落的多样性、均匀度、丰富度稳定和提高,而中海拔区域花椒园中气温、湿度相对适中而有利昆虫群落多样性、均匀度、丰富度的提高;不同海拔花椒园中昆虫群落的 $S_n/S_p$ 稳定性指数均主要与寄生性昆虫物种数关联性较大,表明总体上花椒园中天敌昆虫物种以寄生性物种较多;花椒园中昆虫群落 $S_s/S_i$ 稳定性指数在低海拔区域主要与最高湿度关联性较大,表明该区域高湿环境利于群落的稳定,在中等海拔区域主要与最低湿度、捕食性物

种数关联性较大,表明该区域的低湿环境及相对丰富的捕食性昆虫物种有利于群落的稳定,而在较高海拔区域主要与温度关联性较大,表明较高海拔区域温度较低不利于群落的稳定。昆虫群落优势度集中性指数分析表明低海拔500 m左右区域的高温低湿环境更容易产生优势种,海拔700 m左右的区域中性昆虫物种较为丰富,海拔1300 m左右区域寄生性物种对优势度集中性指数的影响较大,1500 m左右区域植食性昆虫对优势度集中性指数的影响较大。

这些研究结果表明海拔差异对昆虫群落特征的影响主要通过温度、湿度影响群落中各功能团亚群落的物种及数量来实现的,其作用主要是通过对昆虫的生长、发育、繁殖和存活等的影响实现的,而这种影响往往不是平均温度、平均湿度起主要作用,而是极端温度<sup>[11]</sup>及湿度,并且通常是温、湿度联合起作用<sup>[12-13]</sup>,只有在适度的温湿度变化范围内有利于增加群落的稳定性。总体来说,探讨海拔、温湿度等因子与昆虫群落特征变化的关系,可了解和掌握海拔间温湿度的季节变化与群落特征动态以及害虫种群数量大发生之间的关系,而海拔高度、温湿度等因子的测量、分析均较为方便,故研究海拔、温湿度等因子与昆虫群落特征的关系具有实际意义。

## References:

- [1] Nanjing Agricultural College. Insect Ecology and Forecast. Beijing: Agriculture Press, 1985: 45-83.
- [2] Shen Z H, Fang J Y, Liu Z L, Wu J. Patterns of biodiversity along the vertical vegetation spectrum of the east aspect of Gongga Mountain. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(6): 721-732.
- [3] Carpenter C. The environmental control of plant species density on a Himalayan elevation gradient. *Journal of Biogeography*, 2005, 32(6): 999-1018.
- [4] Sánchez-González A, López-Mata L. Plant species richness and diversity along an altitudinal gradient in the Sierra Nevada, Mexico. *Diversity and Distributions*, 2005, 11(6): 567-575.
- [5] Fang J Y, Shen Z H, Cui H T. Ecological characteristics of mountains and research issues of mountain ecology. *Biodiversity Science*, 2004, 12(1): 10-19.
- [6] He J S, Chen W L. A review of gradient changes in species diversity of land plant communities. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(1): 91-99.
- [7] Liu X L, Shi Z M, Yang D S, Liu S R, Yang Y P, Ma Q Y. Advances in study on changes of biodiversity and productivity

- along elevational gradient in mountainous plant community. *World Forestry Research*, 2005, 18(4): 27-34.
- [ 8 ] County Annals Office of Yongshan. Yongshan County Introduction. (2012-09-29) [2013-11-20]. [http://www.ynys.gov.cn/wMcms\\_govShowArticle.asp?/2085.html](http://www.ynys.gov.cn/wMcms_govShowArticle.asp?/2085.html).
- [ 9 ] Tang Q Y, Feng M G. DPS Data Processing System: Experimental Design, Statistical Analysis and Data Mining. Beijing: Science Press, 2007: 305-326, 1027-1055.
- [ 10 ] Zhang C Z, Yao L Z, Li Q, Li Z Y, Song J S, Ruan Y Z. Insect community structure and its dynamics in Chinese prickly ash plantations at different altitudes in Yunnan Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(5): 915-919.
- [ 11 ] Sun R Y. Principles of Animal Ecology. 3th ed. Beijing: Beijing Normal University Press, 2001: 30-118.
- [ 12 ] Chang X N, Gao H J, Chen F J, Zhai B P. Effects of environmental moisture and precipitation on insects: A review. *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27(4): 619-625.
- [ 13 ] Gao X, Zhang X M, Yang J, Chen G H, Shi A X, Song J X, Li Q. Relationships between arthropod community characteristic and meteorological factors in *Zanthoxylum bungeanum* gardens. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(10): 2788-2796.
- [ 2 ] 沈泽昊, 方精云, 刘增力, 伍杰. 贡嘎山东坡植被垂直带谱的物种多样性格局分析. *植物生态学报*, 2001, 25(6): 721-732.
- [ 5 ] 方精云, 沈泽昊, 崔海亭. 试论山地的生态特征及山地生态学的研究内容. *生物多样性*, 2004, 12(1): 10-19.
- [ 6 ] 贺金生, 陈伟烈. 陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征. *生态学报*, 1997, 17(1): 91-99.
- [ 7 ] 刘兴良, 史作民, 杨冬生, 刘世荣, 杨玉坡, 马钦彦. 山地植物群落生物多样性与生物生产力海拔梯度变化研究进展. *世界林业研究*, 2005, 18(4): 27-34.
- [ 8 ] 永善县县志办. 永善县概况. (2012-09-29) [2013-11-20]. [http://www.ynys.gov.cn/wMcms\\_govShowArticle.asp?/2085.html](http://www.ynys.gov.cn/wMcms_govShowArticle.asp?/2085.html).
- [ 9 ] 唐启义, 冯明光. DPS 数据处理系统: 实验设计、统计分析及数据挖掘. 北京: 科学出版社, 2007: 305-326, 1027-1055.
- [ 10 ] 张承祚, 姚利忠, 李强, 李正跃, 宋家雄, 阮应珍. 云南不同海拔花椒园昆虫群落结构及动态. *应用生态学报*, 2006, 17(5): 915-919.
- [ 11 ] 孙儒泳. 动物生态学原理. 3 版. 北京: 北京师范大学出版社, 2001: 30-118.
- [ 12 ] 常晓娜, 高慧琛, 陈法军, 翟保平. 环境湿度和降雨对昆虫的影响. *生态学杂志*, 2008, 27(4): 619-625.
- [ 13 ] 高鑫, 张晓明, 杨洁, 陈国华, 石安宪, 宋家雄, 李强. 花椒园节肢动物群落特征与气象因子的关系. *生态学报*, 2011, 31(10): 2788-2796.
- 参考文献:**
- [ 1 ] 南京农学院. 昆虫生态及预测预报. 北京: 农业出版社, 1985: 45-83.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.8 Apr., 2014 (Semimonthly)

## CONTENTS

### Frontiers and Comprehensive Review

- Growth rates of marine planktonic ciliates; a review ..... ZHANG Wuchang, LI Haibo, FENG Meiping, et al (1897)
- Research status and prospects on functions of urban forests in regulating the air particulate matter .....  
..... WANG Xiaolei, WANG Cheng (1910)
- A review of snow-living Collembola ..... ZHANG Bing, NI Zhen, CHANG Liang, et al (1922)

### Autecology & Fundamentals

- Photosynthetic responses to changes in CO<sub>2</sub> concentration and soil moisture in leaves of *Securinega suffruticosa* from shell ridge  
islands in the Yellow River Delta, China ..... ZHANG Shuyong, XIA Jiangbao, ZHANG Guangcan, et al (1937)
- Quantities and spectral characteristics of DOM released from leaf and litterfall in *Castanopsis carlesii* forest and *Cunninghamia  
lanceolata* plantation ..... KANG Genli, YANG Yusheng, SI Youtao, et al (1946)
- Seasonal dynamics of leaf area index using different methods in the Korean pine plantation .....  
..... WANG Baoqi, LIU Zhili, QI Yujiao, et al (1956)
- Influence of environmental changes on stoichiometric traits of nitrogen and phosphorus for *Larix gmelinii* trees .....  
..... PING Chuan, WANG Chuankuan, et al (1965)
- Soil water in deep layers under different land use patterns on the Loess Tableland ... CHENG Liping, LIU Wenzhao, LI Zhi (1975)
- Water parameters of the branch of *Larrea tridentata* under different soil drought stress .....  
..... ZHANG Xiangning, SUN Xiangyang, WANG Baoping, et al (1984)
- Effects of shading treatments on photosynthetic characteristics of *Juniperus sabina* Ant. seedlings .....  
..... ZHAO Shun, HUANG Qiuxian, LI Yuling, et al (1994)
- Root distribution in typical sites of Lijiang ecotone and their relationship to soil properties .....  
..... LI Qingshan, WANG Dongmei, XIN Zhongbao, et al (2003)
- The survival and above/below ground growth of *Haloxylon ammodendron* seedling .....  
..... TIAN Yuan, TASHPOLAT · Tiyp, LI Yan, et al (2012)
- Effects of simulated acid rain on the physiological and ecological characteristics of *Rhododendron hybridum* .....  
..... TAO Qiaojing, FU Tao, XIANG Xina, et al (2020)
- Karst cave bacterial calcium carbonate precipitation: the Shijiangjun Cave in Guizhou, China .....  
..... JIANG Jianjian, LIU Ziqi, HE Qiufang, et al (2028)
- Migration of the 7<sup>th</sup> generation of brown planthopper in northeastern Guangxi Zhuang Autonomous Region, and analysis of source  
areas ..... QI Huihui, ZHANG Yunhui, JIANG Chunxian, et al (2039)

### Population, Community and Ecosystem

- The dynamics and determinants of population size and spatial distribution of Common Cranes wintering in Poyang Lake .....  
..... SHAN Jihong, MA Jianzhang, LI Yankuo, et al (2050)
- Effects of snow pack on wintertime soil nitrogen transformation in two subalpine forests of western Sichuan .....  
..... YIN Rui, XU Zhengfeng, WU Fuzhong, et al (2061)
- Numerical classification, ordination and species diversity along elevation gradients of the forest community in Xiaolinling .....  
..... CHEN Yun, WANG Hailiang, HAN Junwang, et al (2068)
- Phytoplankton community structures revealed by pigment signatures in Norwegian and Greenland Seas in summer 2012 .....  
..... WANG Xiaoying, ZHANG Fang, LI Juanying, et al (2076)
- Analysis of differences in insect communities at different altitudes in *Zanthoxylum bungeanum* gardens, Yunnan, China .....  
..... GAO Xin, ZHANG Limin, ZHANG Xiaoming, et al (2085)
- The bacterial community changes after papermaking wastewater treatment with artificial wetland .....  
..... GUO Jianguo, ZHAO Longhao, XU Dan, et al (2095)



- Ecological water requirement estimation of the rump lake in an extreme arid region of East Juyanhai .....  
..... ZHANG Hua, ZHANG Lan, ZHAO Chuanyan (2102)

### **Landscape, Regional and Global Ecology**

- Spatial distribution patterns of species richness and hotspots of protected plants in Qinling Mountain .....  
..... ZHANG Yinbo, GUO Liulin, WANG Wei, et al (2109)
- Impacts of solar radiation on net ecosystem carbon exchange in a mixed plantation in the Xiaolangdi Area .....  
..... LIU Jia, TONG Xiaojuan, ZHANG Jinsong, et al (2118)
- Carbon density and distribution of *Pinus tabulaeformis* plantation ecosystem in Hilly Loess Plateau .....  
..... YANG Yujiao, CHEN Yunming, CAO Yang (2128)
- Dynamics of carbon storage at different aged *Koelreuteria paniclata* tree in Xiangtan Mn mining wasteland .....  
..... TIAN Dalun, Li Xionghua, LUO Zhaozhui, et al (2137)

### **Resource and Industrial Ecology**

- Contamination status of Pb and Cd and health risk assessment on vegetables in a mining area in southern Hunan .....  
..... WU Yanming, LV Gaoming, ZHOU Hang, on storage at different age (2146)

### **Urban, Rural and Social Ecology**

- Life cycle assessment and environmental & economic benefits research of important building external insulation materials in Beijing ...  
..... ZHU Lianbin, KONG Xiangrong, WU Xian (2155)
- Effects of urban imperious surface on the habitat and ecophysiology characteristics of *Ginkgo biloba* .....  
..... SONG Yingshi, LI Feng, WANG Xiaoke, et al (2164)

# 《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 杨永兴

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 34 卷 第 8 期 (2014 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 8 (April, 2014)

编 辑 《生态学报》编辑部  
地址:北京海淀区双清路 18 号  
邮政编码:100085  
电话:(010)62941099  
www.ecologica.cn  
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 王如松

主 管 中国科学技术协会

主 办 中国生态学会  
中国科学院生态环境研究中心  
地址:北京海淀区双清路 18 号  
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂

发 行 科 学 出 版 社  
地址:东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717  
电话:(010)64034563  
E-mail: journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局

国外发行 中国国际图书贸易总公司  
地址:北京 399 信箱  
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号

许 可 证

Edited by Editorial board of  
ACTA ECOLOGICA SINICA  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China  
Tel: (010) 62941099  
www.ecologica.cn  
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief WANG Rusong

Supervised by China Association for Science and Technology

Sponsored by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

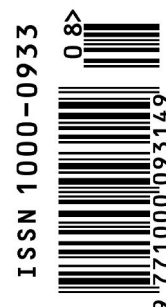
Published by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel: (010) 64034563  
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading  
Corporation  
Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元