

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 24 期
Vol.30 No.24
2010



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



生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

中国科学院科学出版基金资助出版

第 30 卷 第 24 期

2010 年 12 月 (半月刊)

目 次

三江平原残存湿地斑块特征及其对物种多样性的影响	施建敏, 马克明, 赵景柱, 等 (6683)
叶片碳同位素对城市大气污染的指示作用	赵德华, 安树青 (6691)
土地利用对崇明岛围垦区土壤有机碳库和土壤呼吸的影响	张容娟, 布乃顺, 崔 军, 等 (6698)
缓/控释复合肥料对土壤氮素库的调控作用	董 燕, 王正银 (6707)
北京海淀公园绿地二氧化碳通量	李 霞, 孙 睿, 李 远, 等 (6715)
三峡库区消落带生态环境脆弱性评价	周永娟, 仇江啸, 王 姣, 等 (6726)
应用碳、氮稳定同位素研究稻田多个物种共存的食物网结构和营养级关系	张 丹, 闵庆文, 成升魁, 等 (6734)
基于弹性系数的江苏省能源生态足迹影响因素分析	杨足膺, 赵 媛, 付伍明 (6741)
中国土地利用多功能性动态的区域分析	甄 霖, 魏云洁, 谢高地, 等 (6749)
遮荫处理对东北铁线莲生长发育和光合特性的影响	王云贺, 韩忠明, 韩 梅, 等 (6762)
臭氧胁迫对冬小麦光响应能力及 PS II 光能吸收与利用的影响	郑有飞, 赵 泽, 吴荣军, 等 (6771)
地表覆草和覆膜对西北旱地土壤有机碳氮和生物活性的影响	谢驾阳, 王朝辉, 李生秀 (6781)
喀斯特峰丛洼地旱季土壤水分的空间变化及主要影响因子	彭晚霞, 宋同清, 曾馥平, 等 (6787)
极干旱区深埋潜水蒸发量的测定	李红寿, 汪万福, 张国彬, 等 (6798)
灌木林土壤古菌群落结构对地表野火的快速响应	徐赢华, 张 涛, 李 智, 等 (6804)
稻田免耕和稻草还田对土壤腐殖质和微生物活性的影响	区惠平, 何明菊, 黄 景, 等 (6812)
造纸废水灌溉对黄河三角洲盐碱地土壤酶活性的影响	董丽洁, 陆兆华, 贾 琼, 等 (6821)
神农宫扁角菌蚊幼虫种群分布及其与环境因子的相关性	顾永征, 李学珍, 牛长缨 (6828)
三亚珊瑚礁水域纤毛虫种类组成和数量分布及与环境因子的关系	谭烨辉, 黄良民, 黄小平, 等 (6835)
淞江鲈在中国地理分布的历史变迁及其原因	王金秋, 成 功 (6845)
黄海中南部小黄鱼生物学特征的变化	张国政, 李显森, 金显仕, 等 (6854)
甲基溴消毒对番茄温室土壤食物网的抑制	陈云峰, 曹志平 (6862)
离子树脂法测定森林穿透雨氮素湿沉降通量——以千烟洲人工针叶林为例	盛文萍, 于贵瑞, 方华军, 等 (6872)
乡土植物芦苇对外来入侵植物加拿大一枝黄花的抑制作用	李愈哲, 尹 昕, 魏 维, 等 (6881)
遂渝铁路边坡草本植物多样性季节动态和空间分布特征	王 倩, 艾应伟, 裴 娟, 等 (6892)
古尔班通古特沙漠原生梭梭树干液流及耗水量	孙鹏飞, 周宏飞, 李 彦, 等 (6901)
碟果虫实种子萌发对策及生态适应性	刘有军, 刘世增, 纪永福, 等 (6910)
原始兴安落叶松林生长季净生态系统 CO ₂ 交换及其光响应特征	周丽艳, 贾丙瑞, 曾 伟, 等 (6919)
五种红树植物通气组织对人工非潮汐生境的响应	伍卡兰, 彭逸生, 郑康振, 等 (6927)
亚高寒草甸不同生境植物群落物种多度分布格局的拟合	刘梦雪, 刘佳佳, 杜晓光, 等 (6935)
内蒙古荒漠草原地表反照率变化特征	张 果, 周广胜, 阳伏林 (6943)
中国沙棘克隆生长对灌水强度的响应	李甜江, 李根前, 徐德兵, 等 (6952)
增温与放牧对矮蒿草甸 4 种植物气孔密度和气孔长度的影响	张立荣, 牛海山, 汪诗平, 等 (6961)
基于 ORYZA2000 模型的北京地区早稻适宜播种期分析	薛昌颖, 杨晓光, 陈怀亮, 等 (6970)
专论与综述	
区域生态安全格局研究进展	刘 洋, 蒙古军, 朱利凯 (6980)
植物功能性状与湿地生态系统土壤碳汇功能	王 平, 盛连喜, 燕 红, 等 (6990)
农田水氮关系及其协同管理	王小彬, 代 快, 赵全胜, 等 (7001)
虫害诱导挥发物的生态调控功能	王国昌, 孙晓玲, 董文霞, 等 (7016)
土壤微生物资源管理、应用技术与学科展望	林先贵, 陈瑞蕊, 胡君利 (7029)
问题讨论	
从演化的角度评价北京市经济系统可持续发展趋势	黄茹莉, 徐中民 (7038)
基于植物多样性特征的武汉市城市湖泊湿地植被分类保护和恢复	郑忠明, 宋广莹, 周志翔, 等 (7045)
濒危兰科植物再引入技术及其应用	陈宝玲, 宋希强, 余文刚, 等 (7055)
研究简报	
实验条件下华北落叶松和白杆苗期生长策略的差异比较	张芸香, 李海波, 郭晋平 (7064)
基于源-库互反馈的温室青椒坐果时空动态模拟	马韞韬, 朱晋宇, 胡包钢, 等 (7072)
西双版纳小磨公路及其周边道路对蛇类活动的影响	孙 戈, 张 立 (7079)
温度变化对藻类光合电子传递与光合放氧关系的影响	张 曼, 曾 波, 张 怡, 等 (7087)
黄土区六种植物凋落物与不同形态氮素对土壤微生物量碳氮含量的影响	王春阳, 周建斌, 董燕婕, 等 (7092)
食细菌线虫 <i>Caenorhabditis elegans</i> 的取食偏好性	肖海峰, 焦加国, 胡 锋, 等 (7101)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 424 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 48 * 2010-12	

神农宫扁角菌蚊幼虫种群分布及其 与环境因子的相关性

顾永征, 李学珍, 牛长缨*

(华中农业大学植物科技学院, 湖北省昆虫资源利用与害虫可持续治理重点实验室, 武汉 430070)

摘要: 神农宫扁角菌蚊是首次发现并命名的洞穴昆虫新种, 在洞穴内 1a 发生 1 代, 幼虫期长达 8—10 个月。以神农宫扁角菌蚊为对象, 系统研究了其幼虫种群在洞穴中的空间分布、季节分布及其与环境因子的相关性。分别采用了扩散系数(C 值)法、K 值法、平均拥挤度法、Iwao $M^* = \alpha + \beta X$ 回归模型分析法四种方法研究幼虫种群的空间分布, 结果表明神农宫扁角菌蚊幼虫种群在洞穴中呈现典型的聚集分布。幼虫数量季节变化动态表现为春季幼虫数量明显高于其它季节, 夏季 5—6 月份幼虫数量降到最低, 蛹期、成虫期短, 秋季幼虫开始孵化, 幼虫数量持续上升。根据 Pearson 简单相关分析理论得出, 神农宫扁角菌蚊幼虫数量与洞穴相对湿度、水流 pH 呈高度相关, 而与洞穴温度、渗水 pH 呈低度相关, 表明洞穴相对湿度、水流 pH 是影响幼虫种群分布的关键环境因子。

关键词: 神农宫扁角菌蚊; 空间分布; 季节分布; 相对湿度; 水流 pH

Spatial and temporal pattern of a *Chetoneura shennonggongensis* population and their association with environmental factors

GU Yongzheng, LI Xuezheng, NIU Changying*

Key Laboratory of Utilization of Insect Resources and Sustainable Control of Pests in Hubei Province, College of Plant Science & Technology of Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract: *Chetoneura shennonggongensis* (Diptera: Keroplatidae) is a recently described new cave species. It is univoltine (one generation per year) with an extended larval stage of up to 8—10 months. We studied the spatial and temporal pattern of a larval population of *C. shennonggongensis*. Furthermore, we also investigated various environmental factors that might explain the observed patterns. We used four different analytic methods to study the spatial pattern of the larval population, including the diffusion coefficient method (C value method), the K value method, Average Congestion (M^*) and the Iwao $M^* = \alpha + \beta x$ model. All these methods suggest an aggregated distribution of the larvae in the cave. The seasonal dynamics of *C. shennonggongensis* revealed highest number of larvae in spring and lowest numbers in summer, ie. May to June. The pupal and adult stage last very short. In autumn the larvae begin to hatch and the number increases continually. Finally, we carried out a correlation analysis between larval numbers and the seasonal changes of environmental factors using a Pearson Correlation matrix. The results showed a significant correlation of the larval numbers with the relative humidity and with the underground water pH of the cave, but no correlation with air temperature and the pH of infiltrating water from the top of the cave. This suggests that relative humidity and underground water pH might be key factors influencing the population distribution of *C. shennonggongensis* larvae.

Key Words: *Chetoneura shennonggongensis*; spatial pattern; seasonal pattern; relative humidity; underground water pH

基金项目: 教育部留学回国科研启动基金项目(4002-062029)

收稿日期: 2009-10-12; 修订日期: 2010-01-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: niuchangying88@163.com

2005 年,在中国江西万年县的神农宫洞穴考察过程中,首次发现并命名了新种-神农宫扁角菌蚊 *Chetoneura shennonggongensis* Amorim & Niu^[1],系统研究了其生物学特性。该虫 1a 发生 1 代,幼虫期较长,8—10 个月,蛹期较短,一般 6—7d,成虫期短,5—7d。幼虫栖居在黑暗潮湿的洞穴顶部,通过头部唾腺分泌大量垂直串珠状粘滞丝线,以捕食猎物,是该旅游洞穴重要的观赏昆虫资源^[2]。神农宫扁角菌蚊是国内外首次报道,其生态学特性不为人知。本文通过野外系统调查,对神农宫扁角菌蚊幼虫种群的空间分布、种群大小的环境影响因子进行研究,旨在明确神农宫扁角菌蚊的生态学特性,了解神农宫扁角菌蚊的野外分布情况,为更好的保护我国洞穴昆虫资源的多样性,进一步研究其系统进化奠定基础。

1 研究地点及方法

1.1 研究地点概况

神农宫位于江西省万年、弋阳、乐平三县交界处的黄天峰下,是当地著名的旅游观光洞穴,海拔 644m, 117°14'56" E, 28°42'46" N。洞全长 7000m,落差 300 余 m,其中地下河 250m。

1.2 供试昆虫

神农宫扁角菌蚊 (*Chetoneura shennonggongensis*)

1.3 实验材料

测量所用的 GPS 定位系统型号为 MAP60CS;红外测距仪为瑞士 LEICA 7X42BD 双目望远镜式红外测距仪;头灯为探路者 LED 头灯;温、湿度的测定采用上海生化技术有限责任公司生产的 MB-3342 型温湿度表;洞穴内水及岩石土壤 pH 值采用上海三爱思试剂有限公司生产的精密 pH 试纸测定。

1.4 实验方法

经过近 2a 的野外调查发现,由于食物原因,神农宫扁角菌蚊主要分布在距神农宫洞穴入口 500m 的范围内,因此本文选取神农宫洞穴离洞口约 500m 的洞段,作为本研究的调查区域。将这 500m 的洞段根据走向划分为 5 个区域,从洞的入口开始依次编号为 A、B、C、D、E 区,每个区域 100m,其中 E 区为非虫区,其它 4 区为虫区(有神农宫扁角菌蚊分布)。每个虫区内抽取 7 个 3m 为半径的圆形样点,调查幼虫数量,记录样点位置。为了调查的客观性,样点间距为 13m,基本可以覆盖整个区域。2007 年 1 月至 2007 年 12 月,每 2 个月调查 1 次,调查时做好洞穴海拔、温度、湿度、以及采集点周边情况等记录。

1.5 分析方法

1.5.1 幼虫种群空间分布

(1) 扩散系数(C)法

扩散系数是检验种群是否属于随机型的一个系数。公式如下:

$$C = \sum (x_i - \bar{x})^2 / \bar{x}(n - 1) = S^2 / \bar{x}$$

式中, x_i 为样本的虫头数, $\bar{x}$ 为样本的均值, S^2 为样本方差, n 为抽样数。

若 $C = 1$,则认为种群的分布属随机的,且 C 遵循均数为 1、方差为 $2n/(n - 1)^2$ 正态分布。若计算 C 值落入置信区间范围内,则可认为是随机分布型。若大于置信区间,则可判定为聚集分布型。如果 C 值随虫口密度变化,则不能用此法鉴定,而要用 K 值法或其他方法鉴定。因此先要判断 C 值是否随虫口密度变化。

(2) K 值法

K 值是负二项分布中的参数值 K ,与虫口密度无关。 K 值愈小,则表示聚集愈大,如 K 值趋于无穷大(一般为 8 以上),则逼近潘松分布。张孝羲指出 K 值有时要受抽样单位的大小影响,因此最好用相同的样方来比较^[3]。其公式如下:

$$K = \bar{x}^2 / (S^2 - \bar{x}); C_A = 1/K$$

$C_A = 0$,为随机分布; $C_A > 0$,为聚集分布; $C_A < 0$,为均匀分布。

Blackth 提出了用聚集均数(λ)来判断聚集是由什么原因引起的。

$$(\lambda) = (\bar{x}/2k)r$$

式中, r 是具有自由度等于 $2k$ 时的 x^2 的分布函数, 即 $r = x^2$ 分布表中自由度等于 $2k$ 与 0.5 概率值时对应的 x 值。

(λ) 为聚集均数, 判断标准为: (λ) < 2 , 聚集由环境条件引起; (λ) ≥ 2 , 聚集由昆虫本身的行为或环境条件引起。

(3) 平均拥挤度 (M^*)

张孝羲认为 M^* 不受“0”样方的影响, 可以比较真实的反映出种内竞争等生物因素的作用^[3]。平均拥挤度的公式为:

$$M^* = \sum x_i / N = \sum_{j=1}^Q x_j (x_j - 1) / \sum_{j=1}^Q x_j$$

式中, x_i 为第 i 个个体的邻居数; x_j 为第 j 个样方的种群个体; N 为总虫数; Q 为样方总数。如果 M^* 与 $\bar{x}$ 的比值大于 1, 则为聚集分布。

(4) $Iwao M^* = \alpha + \beta x$ 回归模型分析

在 $Iwao M^* = \alpha + \beta x$ 模型中, 当 M^* 与 $\bar{x}$ 成直线回归关系时, 可用 α 和 β 来分析种群的分布型。当 $\alpha > 0$ 时, 个体相互吸引, 基本成分为个体群; 当 $\alpha = 0$ 时, 分布的基本成分是单个个体; 当 $\alpha < 0$ 时, 个体间相互排斥。而 β 的大小反映了种群聚集程度的情况。 $\beta > 1$, 种群为聚集分布, $\beta = 1$ 为随机分布, $\beta < 1$ 为均匀分布。而根据 α 和 β 的不同组合, 可以提供种群不同的分布型信息。

1.5.2 环境因子相关性分析

采用 SPSS 软件进行相关性分析, 定量描述两个变量 X 与 Y 之间的线性相关程度, 明确两个变量之间的相关方向。目前, 简单 Pearson 相关分析 (Pearson correlation) 是最普遍的方法, 反映多个变量间的综合相关性^[4-6]。其公式为:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

式中, r 是相关系数, $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ 分别是 x 、 y 的均值, x_i 、 y_i 分别是 x 、 y 的第 i 个值, n 为样本量。

相关系数 r 取值范围在 -1 和 $+1$ 之间。当 $r > 0$ 时, 两个变量正相关; 当 $r < 0$ 时为负相关。通常当 $|r| < 0.3$ 时, x 与 y 微弱相关; 当 $0.3 \leq |r| < 0.5$ 时, x 与 y 低度相关; 当 $0.5 \leq |r| < 0.8$ 时, x 与 y 显著相关; 当 $|r| \geq 0.8$ 时, x 与 y 极显著相关。

2 结果与分析

2.1 幼虫种群的空间分布

2.1.1 扩散系数法分析结果

由于 C 值没有随着虫口密度 ρ 变化而增减, 故可用 C 法来判定神农宫扁角菌蚊幼虫种群的分布型。神农宫扁角菌蚊不同月份聚集度指标测定结果经 C 值法分析后, 结果见表 1。从表中可以看出, C 值明显大于

表 1 神农宫扁角菌蚊幼虫不同月份聚集度指标 C 值法分析结果

Table 1 The determination of aggregation indices of larvae of *C. shennonggongensis* in different months analyzed by C value

指标 Indices	调查时间 Investigation time					
	1 月 January	3 月 March	5 月 May	7 月 July	9 月 September	11 月 November
S^2	1231.510	1001.670	68.036	155.581	549.115	612.145
x	10.393	9.500	4.464	6.107	5.821	7.474
N	291	266	125	171	163	248
S	791.683	791.683	791.683	791.683	791.683	791.683
p	0.368	0.336	0.158	0.216	0.206	0.313
n	28	28	28	28	28	28
C	118.495	105.439	15.240	25.475	94.327	74.586

C 的 95% 置信区间

95% confidence interval of C

0.412, 2.458

95% 的置信区间,故可判定神农宫扁角菌蚊幼虫种群的空间分布为聚集型分布。在 1 月份和 3 月份 C 值较大,说明 1 月份和 3 月份幼虫种群聚集程度较强。

2.1.2 K 值法分析结果

神农宫扁角菌蚊不同月份聚集度指标测定结果经 K 值法分析,见表 2。从表中可以看出, C_A 值均大于 0,故可判定神农宫扁角菌蚊幼虫的空间分布为聚集型分布。各标准值的 K 值愈小,则表示聚集程度愈强,由表 2 可知,9 月份幼虫表现出的聚集性明显强于其它几个月份。1 月、3 月和 5 月份, $(\lambda) \geq 2$,说明在上半年神农宫扁角菌蚊幼虫种群的聚集主要是由昆虫本身的行为及环境条件共同作用引起的;7 月、9 月份和 11 月份, $(\lambda) < 2$,说明在下半年神农宫扁角菌蚊幼虫种群的聚集主要是由环境条件引起的。

表 2 神农宫扁角菌蚊幼虫不同月份聚集度指标 K 值法分析结果

Table 2 The determination of aggregation indices of larvae of *C. shennonggongensis* in different months analyzed by K value

指标 Indices	调查时间 Investigation time					
	1 月 January	3 月 March	5 月 May	7 月 July	9 月 September	11 月 November
S^2	1231.510	1001.670	68.036	155.581	549.115	612.145
$\bar{x}$	10.393	9.500	4.464	6.107	5.821	7.475
N	28	28	28	28	28	28
K	0.088	0.091	0.314	0.250	0.062	0.146
C_A	11.305	10.994	3.190	4.008	16.032	9.141
R	0.500	0.312	0.164	8.70×10^{-2}	1.75×10^{-5}	1.09×10^{-2}
(λ)	7.631	4.768	2.497	1.328	3.00×10^{-4}	0.166

2.1.3 平均拥挤度法分析结果

神农宫扁角菌蚊不同月份聚集度指标测定结果经平均拥挤度与均数 $\bar{x}$ 的比较,结果见表 3。由表可知, M^* 与均数 $\bar{x}$ 的比值显然大于 1,故可判断神农宫扁角菌蚊幼虫种群的空间分布型为聚集型分布。

表 3 神农宫扁角菌蚊幼虫不同月份聚集度指标平均拥挤度分析结果

Table 3 The determination of aggregation indices of larvae of *C. shennonggongensis* in different months analyzed by mean crowding intensity

指标 Indices	调查时间 Investigation time					
	1 月 January	3 月 March	5 月 May	7 月 July	9 月 September	11 月 November
M^*	1285.100	1046.600	81.071	181.214	557.571	804.429
$\bar{x}$	10.393	9.500	4.464	6.107	5.822	7.475
N	291	266	125	171	163	248
Q	28	28	28	28	28	28

2.1.4 回归分析结果

神农宫扁角菌蚊幼虫聚集度指标回归分析结果,见图 1。据 Iwao 1971 提出的模型 $M^* = \alpha + \beta x$ 中 $\alpha = -787.055, \beta = 198.314$ 。 $M^* = -787.055 + 198.314\bar{x}$,所以平均拥挤度 M^* 与均数 $\bar{x}$ 的回归关系如图 1。

沈佐锐等^[7]认为 β 不随抽样样方大小的改变而变化,即不受环境异质性的影响,是种群内在性质的聚集度指标, β 的大小只反映了种群聚集程度的情况。由模型可知: $\beta = 198.314 > 1$,说明幼虫种群为聚集分布。

2.2 神农宫部分环境因子季节动态

2.2.1 神农宫洞穴四季环境指标

根据调查神农宫洞穴常年温度稳定,相对湿度较大,洞顶有渗水,洞底有积水,也有地下河。表 4 列出了该洞穴四季的环境指标。

2.2.2 幼虫数量季节动态

神农宫扁角菌蚊幼虫数量季节变化动态,见图 2。由图可知,幼虫数量在春季明显高于其他季节,在春末大部分幼虫开始化蛹,幼虫数量逐渐下降,至夏季 5 月份或 6 月份时,幼虫数量达到最低点,蛹期和成虫期都

较短,到秋季有部分幼虫开始孵化,幼虫数量逐渐上升,但上升缓慢,冬季也有大量幼虫从卵中孵化,加上幼虫期较长,促使这种上升的趋势一直持续到第2年春天。

表4 神农宫洞穴四季环境指标

Table 4 The environmental index of Shennonggong Cave at all seasons

洞名 Name	区域 Region	气温 $T_a/^\circ\text{C}$				相对湿度 $RH/\%$				渗水 pH				水流 pH			
		春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
神农宫 Shennonggong cave	A	16.5	19.8	18.8	16	96.5	98	97.6	96.4	6.7	6.8	6.4	6.5	6.2	6.5	6.4	6.3
	B	16.7	19.5	18.5	16.5	97.6	98.8	97	96.6	6.6	6.7	6.5	6.4	6.5	6.4	6.2	6.3
	C	16.8	19.6	17.9	17	96.8	97.9	97.3	96.4	6.6	6.8	6.6	6.5	6.6	6.7	6.3	6.5
	D	16.7	18.8	17.5	16.7	96.8	98.5	97.6	96	6.7	6.7	6.8	6.6	6.5	6.6	6.4	6.5
	E	17.4	17.5	17.8	17	96.8	98.4	97.7	95.8	6.5	6.9	6.8	6.7	6	6.5	6.2	6.6

气温 T_a : Air Temperature; 相对湿度 RH : Relative humidity; 渗水 pH: pH of infiltrating water; 水流 pH: pH of flowing water; 春: Spring; 夏: Summer; 秋: Autumn; 冬: Winter

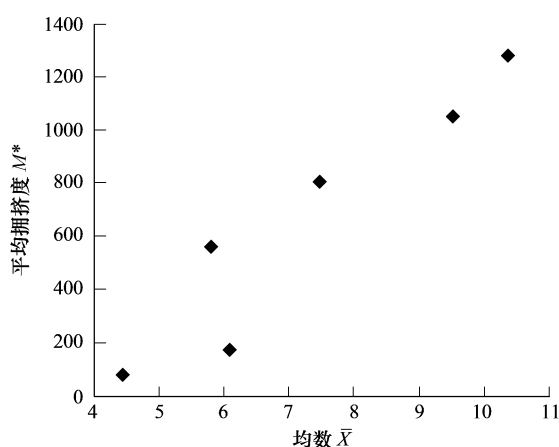
图1 平均拥挤度 M^* 与均数 $\bar{x}$ 的回归关系

Fig. 1 The Regression Analysis between mean crowding intensity and mean value

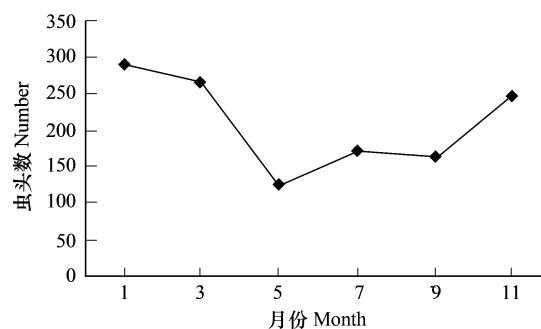


图2 神农宫扁角菌蚊幼虫数量季节动态

Fig. 2 The Seasonal Dynamics of *C. shennonggongensis* in Shennonggong Cave

2.3 幼虫数量与环境因子的相关性分析结果

不同季节各环境因子与幼虫数量的相关关系矩阵,见表5。

表5 各环境因子与神农宫扁角菌蚊幼虫数量的相关关系矩阵

Table 5 The matrix of Pearson Correlation between environmental index and the number of *C. shennonggongensis* larvae

春 Spring						夏 Summer					
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
x_1	1.0000	0.1691	0.9686 **	-0.5220	0.2402	x_1	1.0000	-0.0730	0.9029 *	-0.7328	-0.8259 *
x_2	0.1691	1.0000	0.4072	-0.6880	0.9941 **	x_2	-0.0726	1.0000	-0.4877	0.7301	-0.2080
x_3	0.9686 **	0.4072	1.0000	-0.6730	0.4692	x_3	0.9029 *	-0.4880	1.0000	-0.9526 **	-0.6690
x_4	-0.5218	-0.6882	-0.6732	1.0000	-0.6667	x_4	-0.7328	0.7301	-0.9526 **	1.0000	0.4472
x_5	0.2402	0.9941 **	0.4692	-0.6670	1.0000	x_5	-0.8259 *	-0.2080	-0.6694	0.4472	1.0000
秋 Autumn						冬 Winter					
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
x_1	1.0000	0.5869	-0.8324 *	-0.5196	-0.8324 *	x_1	1.0000	-0.3270	0.8217 *	-0.9223 **	-0.7930
x_2	0.5869	1.0000	-0.2231	-0.9755 **	-0.2231	x_2	-0.3267	1.0000	-0.2206	0.1943	0.8242 *
x_3	-0.8324 *	-0.2231	1.0000	0.2548	1.0000 **	x_3	0.8217 *	-0.2210	1.0000	-0.9733 **	-0.6880
x_4	-0.5196	-0.9755 **	0.2548	1.0000	0.2548	x_4	-0.9223 **	0.1943	-0.9733 **	1.0000	0.7071
x_5	-0.8324 *	-0.2231	1.0000 **	0.2548	1.0000	x_5	-0.7927	0.8242 *	-0.6882	0.7071	1.0000

注: ** 为双尾显著性检验 ≤ 0.01 ; * 为双尾显著性检验 ≤ 0.05 ; x_1 : 幼虫数量; x_2 : 气温 ($^\circ\text{C}$); x_3 : 相对湿度 (%); x_4 : 渗水 pH; x_5 : 水流 pH

由表 5 可知, x_1 与 x_2 在一年四季中都没有表现出明显的相关性, 并且相关系数大多小于 0.5, 根据 Pearson 简单相关分析理论, 虫口数 x_1 与温度 x_2 呈低度或微弱相关。 x_1 与 x_3 的相关性分别达到 0.01 和 0.05 显著水平, 并且相关系数绝对值都大于 0.8, 说明虫口数 x_1 与相对湿度 x_3 高度相关。 x_1 与 x_5 的相关性除春季外, 都达到 0.05 显著水平, 并且相关系数都高于 0.8, 表明虫口数 x_1 与水流的 pH 高度相关。因而洞穴相对湿度以及水流的 pH 是影响幼虫种群分布的关键环境因子。

3 讨论

本研究表明, 神农宫扁角菌蚊幼虫种群在空间呈现典型的聚集分布状态。1 月到 6 月, 孵化的幼虫逐渐增多, 幼虫数量逐渐上升, 随着幼虫数量的上升, 种群密度逐渐增大, 拥挤度也随之增强, 种群聚集程度明显增强, 而春季气候适宜, 万物复苏, 洞穴内外动物的活动频率也加快, 洞内外物质与能量的交换频繁, 因而对神农宫扁角菌蚊幼虫的分布也有较大的影响。因此, 此阶段幼虫种群的聚集是由昆虫本身的生物学特性及环境条件共同作用引起的。随着幼虫数量增大到一定程度, 种内竞争加大, 同类相食现象频繁, 到 7 月份, 幼虫数量就维持在一个相对平衡的状态, 有些幼虫准备化蛹, 此阶段需要更多的食物供应, 幼虫向食物源丰富以及环境条件适宜的地方聚集, 因而, 此阶段食物以及环境条件的变化是引起幼虫种群聚集的主要因子。

利用 $IwaoM^* = \alpha + \beta x$ 模型分析幼虫种群的空间分布, 得出 $\beta > 1$ 的结论, 从而判断神农宫扁角菌蚊幼虫种群空间分布为聚集分布。但是研究中也得出 $\alpha < 0$ 的结论, 据 $IwaoM^* = \alpha + \beta x$ 模型的推导公式, α 和 β 应该为非负数, 如果 $\alpha < 0$, 说明个体间相互排斥。而兰星平等指出利用 $\alpha < 0$ 来说明个体间相互排斥的特性是不恰当的^[8-9]。因为在实际抽样调查中, 由于受抽样单位大小的限制, 方程式所涉及的假设不仅难以满足, 而且本身也存在模糊的含义。即每个抽样单元中是否有基本成分的存在, 以及基本成分的数量、界限和每个基本成分中的个体数量, 均是不确定的。抽样单位的大小常常是人为规定的, 所以不宜用 α 和 β 的回归值来解释昆虫种群个体间的生物学含义。本文的结论也同意这一观点, 神农宫扁角菌蚊幼虫种群为聚集型分布, 但个体间是否相互排斥或者相互吸引并不确定。

在本文所研究的环境因子中, 得出相对湿度和洞穴水流 pH 是影响幼虫种群分布的关键控制因子。

相对湿度对神农宫扁角菌蚊的生长发育和分布有着十分重要的影响。在黑暗的洞穴中, 没有光的供给, 温度对神农宫扁角菌蚊的影响相对减小, 湿度作用较明显。神农宫扁角菌蚊具有通过唾液腺分泌垂直的串珠状丝线的特性, 而丝线带有粘性, 所以对湿度的要求比其它洞穴昆虫高, 一般相对湿度低于 94% 幼虫就难以正常分泌丝线, 没有丝线, 就难以捕获猎物, 正常生命活动所需要的食物难以满足, 当相对湿度低于 90%, 幼虫体壁开始失水, 皱缩, 最后死亡。由此可见, 相对湿度不仅影响着幼虫的分布, 甚至决定幼虫的存活。

神农宫扁角菌蚊栖息在黑暗的岩溶洞顶, 无论是洞顶还是水流的 pH 值都影响幼虫的分布与活动。偏酸性的环境更适宜幼虫的生存, 这可能与幼虫分泌的垂直丝线呈酸性有关。有资料显示幼虫分泌的这种呈酸性的丝线对猎物有很好的麻醉作用。Meyer-Rochow 研究表明猎物一旦落入丝线陷阱, 这种酸性物质就发挥作用, 将猎物麻醉, 使猎物难以逃脱^[10-11]。洞穴中, 食物相对缺乏, 而神农宫扁角菌蚊只能捕获一些飞行性的小昆虫, 食物来源相当有限, 所以推测洞顶的酸碱度可能是通过影响幼虫的捕食来影响幼虫的分布。

致谢: 感谢 Heinz Müller-Schärer 教授润色英文摘要。

References:

- [1] Amorim D S, Niu C Y, Li X Z, Lei C L, Clarke AK. *Chetoneura shennonggongensis*, a new species of cave-dwelling Keroplatini from China (Diptera: Keroplatidae), with a discussion of the position of *Chetoneura*. Zootaxa, 2008, (1716): 59-68.
- [2] Li X Z, Niu C Y, Huang Q Y, Lei C L, David WS. Life cycle of *Chetoneura shennonggongensis* (Diptera: Keroplatidae) from Jiangxi Province, China. Insect Science, 2009, 16: 351-359.
- [3] Zhang X X. Insect Ecology And Forecast (Professional use of plant production). Third edition, Beijing: China Agricultural Press, 2002: 58-68.
- [4] Guo W, Li D H. List of specimens and distribution of cave animal specimens lab in Guizhou Normal University. Journal of Guizhou Normal University (Natural Science Edition), 2005, 23(1): 28-35.

- [5] Guo W. Animal Community Structure and the Relevance to Some Environmental Factors of Pa Libo Water Cave and Boduo Cave in Guizhou Province. Guizhou: The Library of Guizhou Normal University, 2006.
- [6] He D W. Diurnal variation of photosynthetic and its relevance to environmental factors of *Ophioglossum thermale* Kom. Journal of China West Normal University (Natural Science Edition), 2007, 28(4):320-324.
- [7] Shen Z R. Statistical discussion of Taylor power law. Journal of Ecology, 1990, 15(6):8-12.
- [8] Lan X P. Population regression model aggregation group index test insects in the spatial distribution of population-based Application. Guizhou Forestry Science and Technology, 1995, 23(1):40-52.
- [9] Lan X P. Iwao M^*-m on the regression model the spatial distribution of population in insect-based application analysis. Guizhou Forestry Science and Technology, 2007, 35(1):1-8.
- [10] Meyer-Rochow V B. Glowworms: a review of *Arachnocampa* spp. and kin. Luminescence, 2007, 22(3):251-265.
- [11] Meyer-Rochow V B, Waldvogel H. Visual behaviour and the structure of dark and light-adapted larval and adult eyes of the New Zealand glowworm *Arachnocampa luminosa* (Mycetophilidae: Diptera). Journal of Insect Physiology, 1979, 25(7):610-613.

参考文献:

- [3] 张孝羲. 昆虫生态及预测预报(植物生产类专业用), 第3版. 北京: 中国农业出版社, 2002:58-68
- [4] 郭微, 黎道洪. 贵州师范大学洞穴动物标本室标本名录及其分布. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2005, 23(1):28-35.
- [5] 郭微. 贵州荔波水扒洞与波多洞洞穴动物群落结构与部分环境因子的相关性对比研究. 贵州: 贵州师范大学图书馆, 2006.
- [6] 何道文. 狭叶瓶尔小草光合日变化及其与环境因子的关系. 西华师范大学学报(自然科学版), 2007, 28(4):320-324.
- [7] 沈佐锐. 关于 Taylor 幂法则的统计学讨论. 生态学杂志, 1990, 15(6):8-12.
- [8] 兰星平. 种群聚集度指标回归模型群在检验昆虫种群空间分布型中的应用. 贵州林业科技, 1995, 23(1):40-52.
- [9] 兰星平. 关于 Iwao M^*-m 回归模型在昆虫种群空间分布型的应用分析. 贵州林业科技, 2007, 35(1):1-8.

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1~9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 30 卷 第 24 期 (2010 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 24 2010

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	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
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
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	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
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	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
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	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元