

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

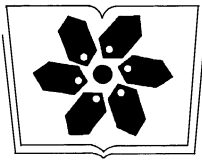
Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 14 期 Vol.32 No.14 **2012**

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 32 卷 第 14 期

2012 年 7 月 (半月刊)

目 次

海滨沙地砂引草对沙埋的生长和生理适应对策.....	王 进,周瑞莲,赵哈林,等 (4291)
外源 K ⁺ 和水杨酸在缓解融雪剂对油松幼苗生长抑制中的效应与机理 ...	张 莹,李法云,严 霞,等 (4300)
钱塘江中游流域不同空间尺度环境因子对底栖动物群落的影响.....	张 勇,刘朔孺,于海燕,等 (4309)
贡嘎山东坡非飞行小型兽类物种多样性的垂直分布格局.....	吴永杰,杨奇森,夏 霖,等 (4318)
基于斑块的红树林空间演变机理分析方法.....	李春干,刘素青,范航清,等 (4329)
亚热带六种天然林树种细根养分异质性.....	熊德成,黄锦学,杨智杰,等 (4343)
浙江省植被 NDVI 动态及其对气候的响应	何 月,樊高峰,张小伟,等 (4352)
亚热带 6 种天然林树种细根呼吸异质性.....	郑金兴,熊德成,黄锦学,等 (4363)
亚高山/高山森林土壤有机层氨氧化细菌和氨氧化古菌丰度特征	王 奥,吴福忠,何振华,等 (4371)
耕作方式对紫色水稻土轻组有机碳的影响.....	张军科,江长胜,郝庆菊,等 (4379)
火烧对长期封育草地土壤碳固持效应的影响.....	何念鹏,韩兴国,于贵瑞,等 (4388)
闽江河口潮汐湿地二氧化碳和甲烷排放化学计量比.....	王维奇,曾从盛,仝 川,等 (4396)
2010 年夏季珠江口海域颗粒有机碳的分布特征及其来源	刘庆霞,黄小平,张 霞,等 (4403)
新疆冷泉沉积物葡萄糖利用细菌群落多样性的稳定同位素标记分析.....	楚 敏,王 芸,曾 军,等 (4413)
土壤微生物群落多样性解析法:从培养到非培养.....	刘国华,叶正芳,吴为中 (4421)
伊洛河河岸带生态系统草本植物功能群划分	郭屹立,卢训令,丁圣彦 (4434)
濒危植物蒙古扁桃不同地理种群遗传多样性的 ISSR 分析	张 杰,王 佳,李浩宇,等 (4443)
强潮区较高纬度移植红树植物秋茄的生理生态特性.....	郑春芳,仇建标,刘伟成,等 (4453)
冬季高温对白三叶越冬和适应春季“倒春寒”的影响	周瑞莲,赵 梅,王 进,等 (4462)
中亚热带细柄阿丁枫和米槠群落细根的生产和死亡动态.....	黄锦学,凌 华,杨智杰,等 (4472)
欧美杨水分利用效率相关基因 <i>PdEPF1</i> 的克隆及表达	郭 鹏,金 华,尹伟伦,等 (4481)
再力花地下部水浸提液对几种水生植物幼苗的化感作用.....	缪丽华,王 媛,高 岩,等 (4488)
无致病力青枯雷尔氏菌对烟草根系土壤微生物脂肪酸生态学特性的影响.....	郑雪芳,刘 波,蓝江林,等 (4496)
基于更新和同化策略相结合的遥感信息与水稻生长模型耦合技术的研究.....	王 航,朱 艳,马孟莉,等 (4505)
温度和体重对克氏双锯鱼仔鱼代谢率的影响.....	叶 乐,杨圣云,刘 敏,等 (4516)
夏季西南印度洋叶绿素 a 分布特征.....	洪丽莎,王春生,周亚东,等 (4525)
大沽排污河生态修复河道水质综合评价及生物毒性影响.....	王 敏,唐景春,朱文英,等 (4535)
李肖叶甲成虫数量及三维空间格局动态.....	汪文俊,林雪飞,邹运鼎,等 (4544)
专论与综述	
基于景观格局的城市热岛研究进展	陈爱莲,孙然好,陈利顶 (4553)
沉积物质量评价“三元法”及其在近海中的应用	吴 斌,宋金明,李学刚,等 (4566)
问题讨论	
中国餐厨垃圾处理的现状、问题和对策	胡新军,张 敏,余俊锋,等 (4575)
研究简报	
稻秸蓝藻混合厌氧发酵沼液及其化学物质对尖孢镰刀菌西瓜专化型生长的影响.....	刘爱民,徐双锁,蔡 欣,等 (4585)
佛山市农田生态系统的生态损益.....	叶延琼,章家恩,秦 钟,等 (4593)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 314 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 33 * 2012-07



封面图说: 噶龙山南坡的高山湖泊——喜马拉雅山南坡的噶龙山光照强烈、雨量充沛,尽管是海拔 4500 多米的高寒地区,山上的草甸依然泛着诱人的翠绿色,冰川和雪山的融水汇集在山梁的低洼处形成了一个又一个的高山湖泊,由于基底的差别和水深的不同,使得纯净清澈的冰雪融水在湖里呈现出不同的颜色,湖面或蓝或绿,颜色或深或浅,犹如一块块通透透明的翡翠镶嵌在绿色的绒布之中。兰天下面,白云落在山间,通往墨脱的公路像丝带一样随随便便地缠绕着,一幅美丽的自然生态画卷就这样呈现在你的面前。

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

DOI: 10.5846/stxb201106270957

汪文俊, 林雪飞, 邹运鼎, 陶金昌, 毕守东, 郭骅, 柯磊, 杨林. 李肖叶甲成虫数量及三维空间格局动态. 生态学报, 2012, 32(14): 4544-4552.

Wang W J, Lin X F, Zou Y D, Tao J C, Bi S D, Guo H, Ke L, Yang L. Quantitative dynamics of adult population and 3-D spatial pattern of *Ceoporus variabilis* (Baly). Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(14): 4544-4552.

李肖叶甲成虫数量及三维空间格局动态

汪文俊^{1,2}, 林雪飞¹, 邹运鼎¹, 陶金昌¹, 毕守东^{1,*}, 郭 骅¹, 柯 磊¹, 杨 林¹

(1. 安徽农业大学, 合肥 230036; 2. 安徽省黄山市农业技术推广培训中心, 屯溪 245011)

摘要:对合肥地区李肖叶甲成虫数量动态及三维空间格局进行研究, 结果表明该成虫 5 月下旬初见, 6 月 4 日至 7 月 16 日为发生高峰期, 9 月上旬仍有零星虫口。6 月 4 日至 9 月 10 日种群增长模型为 $y = 1692.2258e^{-0.0545t}$, 6 月 4 日至 8 月 27 日树冠上部部位增长模型为 $y = 205.60e^{-0.0523t}$, 树冠西部部位的增长模型为 $y = 257.13e^{-0.0505t}$ 。样地中的李肖叶甲 5 月 21 日至 8 月 13 日半变异函数方程是 $y = 0.0709x^3 - 10.479x^2 + 391.67x - 300.71$, $\gamma = -0.0122x^3 + 1.1201x^2 - 19.781x + 317.84$, $\gamma = -0.0013x^3 + 0.1613x^2 - 4.4862x + 67.363$, $\gamma = -0.0016x^3 + 0.9177x^2 - 11.495x + 551.94$, $\gamma = -0.0029x^3 + 0.3034x^2 - 7.5906x + 103.37$ 和 $y = -0.0002x^3 + 0.0172x^2 - 0.4975x + 13.691$, 变程在 20.3938—65.0289 之间, 均为聚集格局, 聚集强度指标表明也均为聚集格局; 树冠东、西、南、北方位的水平分布 5 月 21 日至 8 月 13 日的 C 值均大于 1, I 值均大于 0, C_A 值均大于 0, Iw 值均大于 1, 为聚集格局; 树冠上、中、下方位的垂直分布 6 月 4 日至 8 月 13 日的 C 值均大于 1, I 值均大于 0, C_A 值均大于 0, Iw 值均大于 1, 为聚集格局; 5 月 21 日至 8 月 13 日的树冠东、南、西、北、上、中、下部位的 C 值均大于 1, I 值均大于 0, C_A 值均大于 0, Iw 值均大于 1, 三维分布均为聚集格局。用 Iwao 公式计算的结果与聚集强度指标分析的结果一致。6 月 4 日—8 月 13 日林间李肖叶甲的种群聚集均数 λ 值均大于 2, 聚集是李肖叶甲本身的行为所致。

关键词: 李肖叶甲; 成虫数量; 发生规律; 空间格局

Quantitative dynamics of adult population and 3-D spatial pattern of *Ceoporus variabilis* (Baly)

WANG Wenjun^{1,2}, LIN Xuefei¹, ZOU Yunding¹, TAO Jinchang¹, BI Shoudong^{1,*}, GUO Hua¹, KE Lei¹, YANG Lin¹

¹ Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China

² Agricultural Technology Extend Central of Huangshan, Tunxi 245011, China

Abstract: To analyze quantitative dynamics of adult population and 3-D spatial pattern of *Ceoporus variabilis* (Baly), from March 26 to September 24, 2006, we investigated the adult population occurrence of *Ceoporus variabilis* (Baly) in the Redleaf Cherry Plum trees in the “Apricot Blossom” Park of Hefei city (117°12' E, 31°52' N). The results showed that *Ceoporus variabilis* (Baly) was firstly seen on May 21, the high peak period of their occurrence was from June 4 to July 16, and only scattered adult numbers appeared in early September. The population growth model of *Ceoporus variabilis* (Baly) was $y = 1692.2258e^{-0.0545t}$ between June 4 and September 10. Similarly, the population growth model of *Ceoporus variabilis* (Baly) in the top part and the western part of the tree crown was $y = 205.60e^{-0.0523t}$ and $y = 257.13e^{-0.0505t}$, respectively, between May 4 and July 27. These results indicate that the adult numbers of *Ceoporus variabilis* (Baly) in both horizontal and vertical direction all presented exponential decline form after the high peak period of their occurrence. The geostatistics analysis showed that the semivariable function equation of space distribution of *Ceoporus variabilis* (Baly) in May 21, June

基金项目: 安徽省省长专项基金资助项目 (y47)

收稿日期: 2011-06-27; 修订日期: 2011-11-15

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

4, June 18, July 2, July 16, July 30 and August 13, respectively, was $y = 2E-05x^3 - 0.024x^2 + 0.0727x + 0.142$, $y = 0.0709x^3 - 10.479x^2 + 391.67x - 300.71$, $y = -0.0122x^3 + 1.1201x^2 - 19.781x + 317.84$, $y = -0.0013x^3 + 0.1613x^2 - 4.4862x + 67.363$, $y = -0.0016x^3 + 0.9177x^2 - 11.495x + 551.94$, $y = -0.0029x^3 + 0.3034x^2 - 7.5906x + 103.37$ and $y = -0.0002x^3 + 0.0172x^2 - 0.4975x + 13.691$. The range of spatial dependence of adult population of *Ceoporus variabilis* (Baly) in the seven periods was from 20.3938 to 65.0289. The above results revealed that the spatial pattern of adult population of *Ceoporus variabilis* (Baly) was aggregated distribution from May 21 to August 13. Moreover, our results demonstrated that aggregation indices of horizontal distribution pattern of *Ceoporus variabilis* (Baly) in the eastern, western, northern and southern part of the tree crown, respectively, have C value >1 , I value >0 , C_A value >0 and I_w value >1 , indicating that the spatial pattern of their horizontal distribution was aggregated pattern from May 21 to August 13. Consistently, the spatial pattern of their vertical distribution in upper, middle and lower part of the tree crown, respectively, was aggregated pattern with all $C >1$, $I >0$, $C_A >0$ and $I_w >1$ from June 4 to August 13. The further analysis indicated that the spatial pattern in the eastern, western, northern, southern, upper, middle and lower part of the tree crown, respectively, presented also aggregated pattern with all $C >1$, $I >0$, $C_A >0$ and $I_w >1$ from May 21 to August 13. In addition, our results showed that the λ values of *Ceoporus variabilis* from June 4 to August 13 were all more than 2, implying that their aggregation behaviors were caused by themselves.

Key Words: *Ceoporus variabilis* (Baly); adult population; occurrence rule; spatial pattern

李肖叶甲 (*Ceoporus variabilis* Baly), 又叫云南松叶甲, 属于鞘翅目, 肖叶甲科, 国内分布于安徽、四川、云南、黑龙江、辽宁、北京、山东、江苏、福建、台湾、广东、广西、湖南、贵州等省区; 国外分布在俄罗斯、朝鲜、日本、菲律宾。主要寄主为桃、李、杏等蔷薇科果树及云南松、华山松、马尾松、栎类、马桑、桉木、细叶桉木、胡枝子、大叶桉等。该虫在我国一年发生一代, 以卵在土中越冬, 初孵幼虫在土壤表层土内活动, 取食腐殖质、草根或树木的须根, 幼虫一般分布在林间空地、弃耕地、荒山的阳坡或半阳坡的表土层内 2—10cm 处, 老熟幼虫向土表移动, 在表土内筑土室化蛹, 羽化出土始期与雨季早迟有密切关系, 具有群体危害特点, 以成虫危害寄主叶片, 危害松树时成虫平均每天取食针叶 3cm, 大量发生时, 单株虫口可达数百头乃至数千头, 危害阔叶树时, 成虫可把全树树叶吃成鱼网状, 严重时可能造成死树^[1-6]。昆虫种群的空间生态学是研究空间对于种群动态和多种群的结构、动态、多样性以及稳定性影响的一个生态学分支学科^[7], 对单个种群以及害虫与其天敌之间的空间格局有大量报道^[8-19], 其结果对分析种内和种间关系以及环境的适应性方面具有重要意义, 在植保实践领域中可为调查抽样方法的选择提供科学依据。20 世纪 60 年代的研究是采用频次法, 进而采用方差与均数为要素的聚集强度指数法评判昆虫空间格局类型, 由于这些方法没考虑样方的位置(距离)和方向, 20 世纪 90 年代以来, 开始引用地学统计学方法分析单种种群空间分布^[8-11], 利用地学统计学方法比较变程大小分析害虫及其天敌的空间格局及空间关系^[12-17], 以及利用 Block kriging 插值等方法做出害虫与天敌的分布图, 在时间序列上进行分析, 评判天敌在空间上对害虫的跟随关系^[18-19]。红叶李 (*Prunus cerasifera* Ehrh cv. *Atropurea* Jacq) 属于蔷薇科植物, 是国内城市和公路沿线大量栽植的彩叶风景树种。李肖叶甲是红叶李主要害虫之一, 年度间差异很大, 其成虫数量动态和空间格局变化规律特别是在树冠上东、西、南、北水平方位和上、中、下垂直方位的变化规律未见报道, 本文利用回归分析法、地学统计学方法和聚集强度指数法研究李肖叶甲成虫种群消长、林间分布格局及在树冠上三维空间格局动态, 以期李肖叶甲的科学抽样提供科学依据, 并可丰富森林昆虫生态学内容。

1 材料与研究方法

1.1 调查方法

从 2006 年 3 月 26 日至 9 月 24 日在合肥市杏花公园 (117°12'E, 31°52'N) 选择有代表性的 15 年生 2hm² 的红叶李树林, 红叶李树林行、株距均为 4m, 胸径为 0.166m, 树高 5m, 平均每棵树长度 1m 以上的枝条有

85—130 支,采用平行线法随机抽样调查 4 行,每行 5 株,计 20 株,进行定株定枝挂牌系统调查,在树冠的东、西、南、北、上、中、下 7 个部位选择 1m 长的枝条 1 枝,每株共查 7 个枝条的所有叶片,调查李肖叶甲成虫各个方位的个体数量,每 14d 调查 1 次,共调查 13 次。

1.2 统计分析

用 Iwao 的 $\bar{m}^* - \bar{x}$ 回归分析法及聚集强度指数方法^[20-22]和地统计学分析法^[23]分析李肖叶甲的空间格局。

1.2.1 聚集强度指标测定法

采用聚集强度指标测定李肖叶甲在样地中的水平分布以及在树冠上的水平分布和垂直分布的空间格局,

分别采用如下指标进行测定,扩散系数 $C: C = \frac{S^2}{\bar{X}}$,丛生指数 $I: I = \frac{S^2}{\bar{X}} - 1$,聚块性指数 $Iw: Iw = \frac{\bar{m}^*}{\bar{x}}$,负二项分布的 k 指数: $k = \frac{\bar{x}^2}{S^2 - \bar{X}} = \frac{1}{C_A}$,久野指数 $C_A: C_A = \frac{1}{k}$,公式中, $\bar{x}$ 为样本均数, S^2 为样本方差, $\bar{m}^*$ 为平均拥挤度。

当 $C < 1$ 、 $K < 0$ 、 $C_A < 0$ 、 $Iw < 1$ 和 $I < 0$ 时为均匀分布; $C = 1$ 、 $K \rightarrow \infty$ 、 $C_A = 0$ 、 $Iw = 1$ 、 $I = 0$ 时为 poisson 分布; $C > 1$ 、 $0 < K < 8$ 、 $C_A > 0$ 、 $Iw > 1$ 、 $I > 0$ 时为聚集分布。

1.2.2 Iwao 的 $\bar{m}^* - \bar{x}$ 回归分析法

$\bar{m}^* = \alpha + \beta \bar{x}$ 的关系反映了个体散布的基本情况,说明成分的空间分布型,反映了个体群的散布情况。

α 指出分布的基本成分单个个体间的作用形式,当 $\alpha > 0$ 时,个体间相互吸引; $\alpha = 0$,个体间分布均匀,是单个个体;当 $\alpha < 0$ 时,个体之间相互排斥。 β 指出基本成分的空间分布图式:当 $\beta < 1$ 时,为均匀分布;当 $\beta = 1$ 时,为随机分布;当 $\beta > 1$ 时,为聚集分布。

1.2.3 地统计学分析法^[23]

据区域化变量的理论,在空间上昆虫种群数量是区域化变量,所以用区域化变量理论和方法进行研究。本文通过计算李肖叶甲种群的实验半变异函数、拟合半变异函数模型、分析半变异函数结构来描述它们的空间格局和空间相关关系。对于观察的数据系列 $z(x_i)$, $i = 1, 2, 3, \dots, n$, 样本半变异函数 $R^*(h)$ 可用下式计算: $R^*(h) = [1/2N(h)] \sum [z(x_i) - z(x_i+h)]^2$, 其中 $N(h)$ 是被 h 分割的数据对 (x_i, x_i+h) 对数, $z(x_i)$ 和 $z(x_i+h)$ 分别是在点 x_i 和 (x_i+h) 处样本的测量值, h 是分割两样点的距离。

半变异函数有 3 个重要参数,即基台值、变程或称空间依赖范围和块金值或称区域不连续值。变程指在变异函数值达到平衡时的间隔距离,基台值指达到平衡时的变异函数值,块金常数是指变异曲线被延伸至间隔距离为零时的截距。这 3 个参数反映了变异曲线图的形状结构,即昆虫种群空间格局或空间相关类型,同时还给出了这种空间相关的范围。

几种常用的理论模型如球型、指数型、高斯型和线型都可拟合实验半变异函数。球型半变异函数说明所研究的种群是聚集分布,其空间结构是当样点间离达到变程之前时,样点的空间依赖性随样点间的距离增大而逐渐变低。指数型与球型模型类似,但其基台值是渐近线。非水平状直线型的变异函数表明种群是中等程度的聚集分布,其空间依赖范围超过研究尺度。如果是随机分布,则 $R^*(h)$ 随距离无一定规律性变化,完全随机或均匀的数据, $R^*(h)$ 呈水平直线或稍有斜率,块金值等于基台值,表明抽样尺度下无空间相关性。

1.2.4 运用 Arbus 和 Kerrich 及 Blackith^[24-25] 种群聚集均数(λ)分析李肖叶甲成虫的聚集原因, $\lambda = \frac{\bar{x}}{2k} \cdot v$, 式

中 S^2 , $\bar{X}$, K 同前, v 为自由度等于 $2k$ 时的 $X_{0.5}^2$ 值。当 $\lambda < 2$ 时,物种聚集原因,主要是由于某些环境因素所致,当 $\lambda \geq 2$ 时,物种聚集的原因主要是物种李肖叶甲本身的聚集行为所致。

1.3 种群的数量动态

根据调查资料分析李肖叶甲成虫种群密度随时间的变化情况。将时间进行数字化处理作为 t , 令高峰日 6 月 4 日为 1, 则 6 月 18 日为 15, 7 月 2 日为 29, 依次类推, 将虫口数量 y 取自然对数, 两者之间进行相关分析并建立种群增长模型。

所有数据均用 DPS 计算软件进行计算。

2 结果与分析

2.1 李肖叶甲成虫数量消长动态

合肥地区李肖叶甲以卵在土中越冬,4月下旬开始孵化,5月上旬为孵化高峰,5月中旬在表土内化蛹,5月下旬开始羽化。年度间成虫数量差异明显,成虫危害树木叶片。将其成虫的调查结果列于表1,可以看出5月21日至9月10日是李肖叶甲成虫的发生时期,9月24日为零,此期间的7月1日和2日有雷阵雨和8级大风,对李肖叶甲的虫口数量有一定影响,5月21日初见成虫,6月4日至7月16日为高峰期,7月16日后成虫数量逐渐减少,直至9月10日仍有零星虫口,9月24日未发现李肖叶甲。将时间进行数字化处理作为 t ,每次20株李肖叶甲总的虫口数量 y 取自然对数,两者之间进行相关分析,其相关系数 r 为-0.9175,当 $df=6$ 时, $r_{0.01}=0.834$, $|r|>r_{0.01}$,表明两者极相关,建立数学模型为 $y=1692.2258e^{-0.0545t}$,表明该成虫高峰期后,数量以指数形式急剧减少。

表1 树冠不同方位李肖叶甲数量(头/20株)

Table 1 The number of *C. variabilis* (Baly) in crown on different orientations

日期 Date	东 East	南 South	西 West	北 North	上 Upper	中 Middle	下 Lower	合计 Σ
05-21	0	0	2	4	0	0	0	6
06-04	117	107	195	125	154	140	93	931
06-18	93	86	76	62	88	60	89	554
07-02	31	26	37	35	21	20	23	193
07-16	51	85	101	73	52	51	103	516
07-30	34	37	28	35	30	31	34	229
08-13	11	8	12	12	7	4	5	59
08-27	2	1	1	2	1	1	3	11
09-10	1	2	0	0	0	0	0	3

表1中水平的4个方位之间方差分析的 F 值为0.1304, $F<F_{0.05(3,32)}=2.92$,表明5月21日至9月10日四个方位之间数量动态差异不显著,同时可看出水平的4个方位之间变动趋势一致,但6月4日的高峰日树冠西部数量最多;垂直的3个方位之间方差分析的 F 值为0.0328, $F<F_{0.05(2,24)}=2.92$,表明5月21日至9月10日3个方位之间的数量动态差异不显著,可看出垂直3个方位之间趋势也一致,但6月4日的高峰日树冠上部数量最多。由于东、西、南、北之间和上、中、下之间李肖叶甲种群消长趋势一致且差异不显著,选择高峰日数量最多的水平方位的西部和垂直方位的上部分析其种群消长模型,对6月4日至8月27日树冠垂直部位上部的李肖叶甲数量的自然对数值与时间之间进行相关分析,相关系数 $r=-0.8444$, $df=5$, $r_{0.05}=0.757$, $r_{0.01}=0.874$, $|r|>r_{0.05}(0.757)$,表明两者之间相关,建立的数学模型为 $y=205.60e^{-0.0523t}$,同样求出树冠水平部位的西部李肖叶甲数量的自然对数值与时间的相关系数 $r=-0.874$, $|r|>r_{0.01}(0.834)$,建立数学模型为 $y=257.13e^{-0.0505t}$ 。说明不论是树冠的水平方位和垂直方位的李肖叶甲成虫数量,6月4日高峰期后虫口的均呈指数形式急剧下降。

2.2 样地中以株为单位李肖叶甲的空间分布格局

对5月21日至8月13日以株为单位的数据用聚集强度分析方法,分析结果列于表2,各聚类强度指数 I 、 C_A 、 C 、 K 和 Iw 的结果表明李肖叶甲在6月4日至8月13日期间均为聚集分布。将调查数据用Iwao的 $\hat{m}^*-\bar{x}$ 回归分析方法分析的结果列于表3, $\hat{m}^*-\bar{x}$ 的回归分析结果中的 β 均大于1,表明6月4日至8月13日都是聚集分布,和前面方法的分析结果相同,用种群聚集均数 λ 值分析聚集原因,6月4日至8月13日的 λ 值均大于2,说明聚集是由于李肖叶甲本身的聚集行为引起的,5月21日 λ 值 <2 。说明聚集是由于环境因子引起的。

表 2 李肖叶甲在样地中的水平分布的聚集强度

Table 2 Aggregation indices of horizontal distribution pattern of <i>C. variabilis</i> (Baly) in plot							
日期 Date	<i>I</i>	<i>C_A</i>	<i>C</i>	<i>K</i>	<i>I_w</i>	格局 Layout	λ
05-21	0.77	2.56	1.77	0.39	3.56	聚集	0.18
06-04	54.77	1.18	55.77	0.85	2.18	聚集	38.06
06-18	11.39	0.41	12.39	2.46	1.41	聚集	24.77
07-02	4.41	0.46	5.41	2.19	1.46	聚集	7.41
07-16	22.35	0.87	23.35	1.16	1.87	聚集	15.53
07-30	5.07	0.44	6.07	2.26	1.44	聚集	8.51
08-13	2.14	0.72	3.14	1.38	1.72	聚集	2.53

表 3 Iwao 公式的计算分析结果

Table 3 The result of distribution pattern of <i>C. variabilis</i> (Baly) by Iwao statistical law			
日期 Date	在样地中的水平分布 Horizontal distribution pattern in treatment	在树冠上的水平分布 Horizontal distribution pattern in crown	在树冠上的垂直分布 Vertical distribution pattern in crown
	$m^* = \alpha + \beta \bar{x}$	$m^* = \alpha + \beta \bar{x}$	$m^* = \alpha + \beta \bar{x}$
06-04	$m^* = -9.8271 + 1.4973\bar{x} \quad r = 0.9928$	$m^* = -1.5266 + 1.5154\bar{x} \quad r = 0.9827$	$m^* = 0.0535 + 1.1649\bar{x} \quad r = 0.9777$
06-18	$m^* = -5.5201 + 1.3291\bar{x} \quad r = 0.9627$	$m^* = -0.8731 + 1.1861\bar{x} \quad r = 0.9880$	$m^* = -0.0545 + 1.0073\bar{x} \quad r = 0.9777$
07-02	$m^* = 1.7993 + 1.0818\bar{x} \quad r = 0.9899$	$m^* = -0.40856 + 1.2301\bar{x} \quad r = 0.9144$	$m^* = -0.2866 + 1.9947\bar{x} \quad r = 0.9858$
07-16	$m^* = 12.2237 + 1.0337\bar{x} \quad r = 0.6614$	$m^* = -0.1541 + 1.2403\bar{x} \quad r = 0.9835$	$m^* = 0.0765 + 1.1133\bar{x} \quad r = 0.9629$
07-30	$m^* = -2.7044 + 1.4645\bar{x} \quad r = 0.8689$	$m^* = 0.0009 + 1.0228\bar{x} \quad r = 0.8769$	$m^* = -0.9613 + 1.8782\bar{x} \quad r = 0.9975$
08-13	$m^* = -0.8558 + 1.6802\bar{x} \quad r = 0.9605$	$m^* = -0.0986 + 1.0421\bar{x} \quad r = 0.7951$	$m^* = -0.6389 + 1.8500\bar{x} \quad r = 0.8820$

2.3 用地统计学方法分析样地中以株为单位李肖叶甲的水平空间分布

以不同时期的李肖叶甲半变异函数值为实际值,对理想半变异函数最优模型进行拟合,结果列于表 4 并绘于图 1,对李肖叶甲空间种群结构进行分析,结果显示,李肖叶甲不同时期 7 个半变异函数拟合模型具有较高的决定系数,其变化范围为 0.4498—0.8625,不同时期李肖叶甲种群半变异函数的变程(RSD,m)变动范围为 65.02872—20.29382m,7 个时期的半变异函数拟合模型均为球型,表明李肖叶甲成虫种群的空间分布是均为聚集分布,和 2.2 的结果一致。

表 4 不同时期李肖叶甲的理论半变异函数 $R^*(h)$ 、参数值、变程、决定系数 R^2

Table 4 Paraments, R^2 value ,RSD(m) for <i>C. variabilis</i> (Baly) at different period						
日期 Date	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	变程 RSD/m	R^2
05-21	0.00002	-0.0024	0.0727	0.142	20.29382	0.8257
06-04	0.0709	-10.479	391.67	-300.71	25.06378	0.8609
06-18	-0.0122	1.1201	-19.781	317.84	50.50683	0.7542
07-02	-0.0013	0.1613	-4.4862	67.363	65.02872	0.8625
07-16	-0.0116	0.9177	-11.495	551.94	45.47821	0.7642
07-30	-0.0029	0.3034	-7.5906	103.37	53.41224	0.5601
08-13	-0.0002	0.0172	-0.4975	13.691	42.3182	0.4498

2.4 李肖叶甲在红叶李树冠上水平分布

由于树木植株远比农作物高大,占据的体积也远比农作物大,由于李肖叶甲对光照的喜好性原因,各部位数量不同,尤其是 6 月 4 日高峰日西部比南部多 88 只,9 次调查的总虫口,西部比东部多 112 只,因此李肖叶甲还有一个在树冠上的水平分布问题,害虫在树冠东、南、西、北方位上的分布与抽样和重点防治方位有关。

从表 1 可以看出 20 株树上 4 个方位的李肖叶甲的总的分布趋势,把每次调查的 20 株的东、南、西、北四

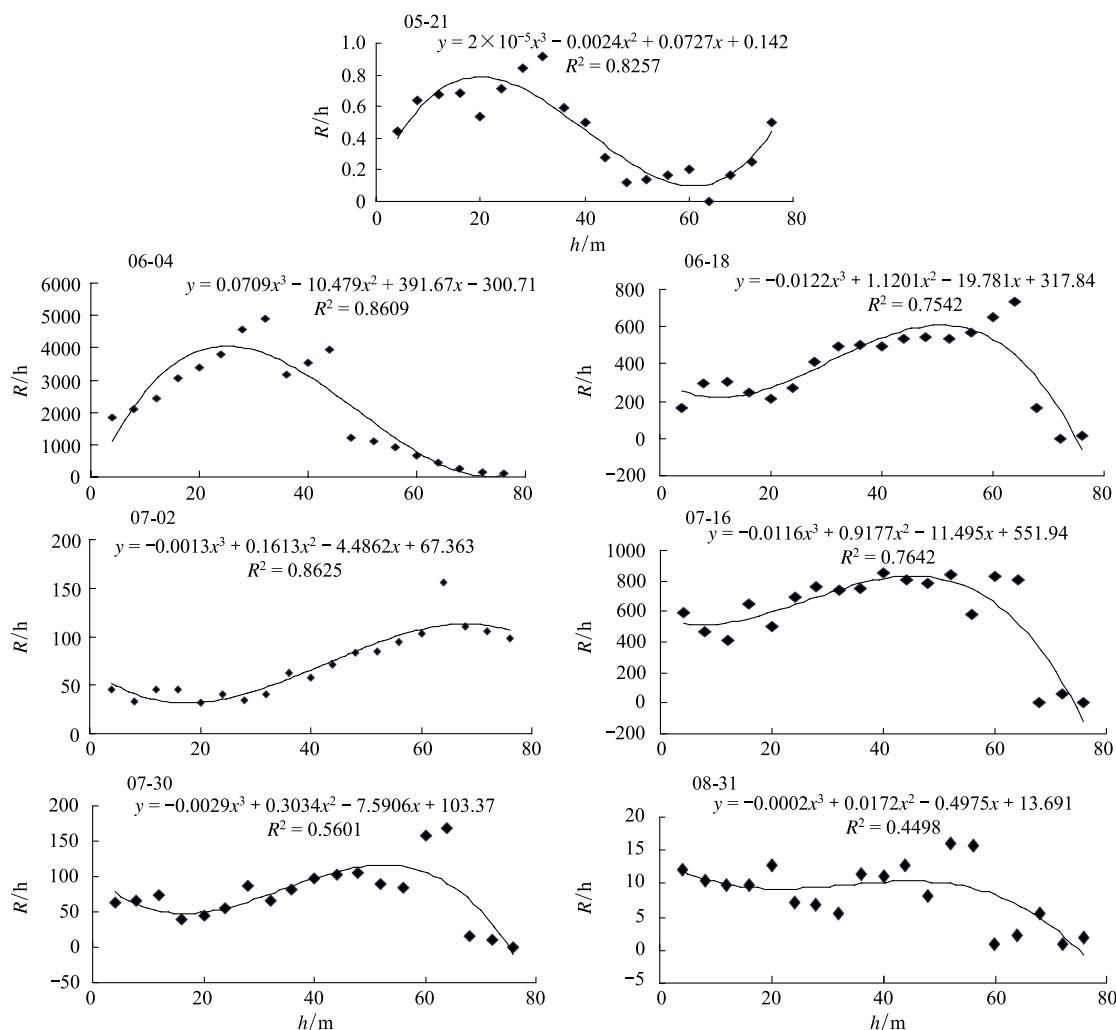


图1 李肖叶甲半变异函数曲线

Fig. 1 Model of semivariogram of *C. variabilis* (Baly)

个方位的数据用聚集强度指标分析,5月21日至8月13日数据计算结果列于表5,对照判断标准可以看出,李肖叶甲在红叶李树冠上的水平分布为聚集分布,表3中列出的用 $m-\bar{x}$ 回归分析方法的分析结果 $\beta > 1$,也表明李肖叶甲在树冠上的水平分布均为聚集分布。

表5 树冠上李肖叶甲水平分布聚集强度指数

Table 5 Aggregation indices of horizontal distribution pattern of *C. variabilis* (Baly) in crown

日期 Date	I	C_A	C	K	I_w	格局 Layout	λ
05-21	0.09	0.29	1.09	3.42	1.29	聚集	0.28
06-04	6.24	0.92	7.24	1.09	1.92	聚集	4.34
06-18	3.05	0.77	4.05	1.3	1.77	聚集	3.36
07-02	0.80	0.49	1.80	2.02	1.49	聚集	1.34
07-16	3.09	0.80	4.09	1.25	1.80	聚集	3.67
07-30	0.69	0.41	1.69	2.42	1.41	聚集	1.51
08-13	0.64	1.20	1.64	0.83	2.20	聚集	0.45

6月4日、6月18日和7月16日的种群聚集均数 λ 均大于2。表明该时间的聚集是李肖叶甲本身的聚集

行为引起的,而5月21日、7月2日、7月30日和8月13日的种群聚集均数 λ 值均小于2。表明聚集是由于环境因子作用引起的。

2.5 李肖叶甲在树冠上、中、下方位的垂直分布

李肖叶甲由于喜光,在树冠的上、中、下方位的分布也不尽相同,尤其是6月4日高峰日3个方位的数量上部与下部之间相差61只,9次调查的总虫口上部和下部比中部多44只和45只,这也与抽样和重点防治方位有关。将红叶李树冠上、中、下三个方位的李肖叶甲的垂直分布用聚集强度指数分析法进行分析,结果列于表6,可以看出均为聚集分布。表3的Iwao公式计算结果 β 值均大于1,也均为聚集分布。

表6 树冠上李肖叶甲的垂直分布的聚集强度指标

Table 6 Aggregation indices of vertical spacial pattern of *C. variabilis* (Baly) in crown

日期 Date	I	C_A	C	K	Iw	格局 Layout	λ
06-04	4.91	4.75	5.91	0.20	5.75	聚集	1.07
06-18	4.17	2.47	5.17	0.24	3.47	聚集	0.56
07-02	0.27	0.25	1.27	4.00	1.25	聚集	0.98
07-16	4.56	2.35	5.56	0.22	3.35	聚集	0.53
07-30	2.63	0.77	3.63	0.38	1.77	聚集	0.17
08-13	0.51	1.91	1.51	0.52	2.91	聚集	0.12

2.6 李肖叶甲在树冠上的三维空间分布格局

表1表明,李肖叶甲害虫在树冠上东、西、南、北、上、中、下部位数量不同,高峰日的6月4日西部比下部多102只,9次调查虫口总数西部比中部多145只,因此李肖叶甲在树冠上的三维分布与抽样部位有关。

将李肖叶甲在树冠的东、西、南、北、上、中、下7个部位的数据用聚集强度指标分析法进行分析,结果列于表7,可以看出5月21日至8月13日李肖叶甲在树冠上7个方位的三维分布均为聚集分布。

表7 李肖叶甲在树冠7个方位分布的聚集强度指标

Table 7 Aggregation indices of *C. variabilis* (Baly) on seven orientations in crown

日期 Date	I	C_A	C	K	Iw	格局 Layout	λ
05-21	0.09	0.29	1.09	3.42	1.29	聚集	0.28
06-04	1.97	13.09	2.97	0.51	14.09	聚集	2.95
06-18	0.54	2.14	1.54	1.87	3.14	聚集	3.60
07-02	0.85	0.62	1.85	1.62	1.62	聚集	1.01
07-16	1.37	5.04	2.37	0.73	6.04	聚集	1.13
07-30	0.53	0.86	1.53	1.90	1.86	聚集	1.45
08-13	1.57	0.66	2.57	0.64	1.66	聚集	0.15

李肖叶甲在树冠上7个方位6月4日和6月18日的种群聚集均数 λ 值均大于2,说明聚集是李肖叶甲本身聚集行为所致,而其它时间的种群聚集均数 λ 均小于2,说明该段时间的聚集是环境因子所引起的。

将用Iwao公式计算的李肖叶甲在树冠上的三维分布列于表8,可看出以方位为单位各时间的 β 值均大于1,表明李肖叶甲在7个方位上的分布是聚集分布。

3 小结与讨论

通过回归分析法、聚集强度方法和地学统计学等方法对李肖叶甲成虫的种群动态及空间格局分析,得出:

1)6月4日至9月10日林间种群增长模型为 $y=1692.2258e^{-0.0545t}$,6月4日至8月27日树冠上部部位增长模型为 $y=205.06e^{-0.0523t}$,树冠西部部位的增长模型为 $y=257.13e^{-0.0505t}$ 。

2)5月21日至8月13日株间的李肖叶甲成虫分布为聚集格局。

表 8 Iwao 公式的计算分析结果

Table 8 The result of distribution pattern of *C. variabilis* (Baly) by Iwao statistical law

日期 Date	在样地中的水平分布 horizontal distribution pattern in treatment $m^* = \alpha + \beta \bar{x}$	$\bar{x}$ 与 m^* 的相关系数	备注 Note
05-21	$m^* = -0.043 + 3.2260\bar{x}$	0.7781 *	
06-04	$m^* = -0.5117 + 2.1203\bar{x}$	0.9983 **	df=5
06-18	$m^* = 1.0060 + 1.2568\bar{x}$	0.8466 *	$r_{0.10} = 0.669$
07-02	$m^* = -1.4345 + 2.5778\bar{x}$	0.8684 *	$r_{0.05} = 0.754$
07-16	$m^* = 2.0683 + 1.5868\bar{x}$	0.6920 (*)	$r_{0.01} = 0.874$
07-30	$m^* = 0.3101 + 1.3239\bar{x}$	0.7498 (*)	
08-13	$m^* = -0.1646 + 3.0448\bar{x}$	0.8163 (*)	

- 3)5月21日至8月13日树冠东、西、南、北4个方位的李肖叶甲成虫分布为聚集格局。
- 4)6月4日至8月13日树冠上、中、下3个方位的李肖叶甲成虫分布为聚集格局。
- 5)5月21日至8月13日树冠东、西、南、北、上、中、下7个方位的李肖叶甲分布为聚集格局。
- 6)6月4日至8月13日株间李肖叶甲成虫的种群聚集均数 λ 值均大于2,在株间聚集是李肖叶甲本身的行为所致。

昆虫的野外研究是在昆虫集团中通过一定的方法进行抽样,用抽样值代替集团的特征值,通过恰当的抽样方法获得种群密度的准确估计值,是研究种群生态学的基础,也是害虫预测预报的基础性工作^[21]。由于生境、气候、寄主及昆虫本身的生物学特性的共同作用,昆虫在寄主上的分布格局是不同的。要获取昆虫准确的信息估值,在样本数一定的情况下,必须根据昆虫空间分布格局选取不同的抽样方法,一般情况下,随机分布的昆虫采用五点式、棋盘式和对角线取样方法,若为核心型和嵌纹型分布,则采用平行线和“Z”字形抽样法^[20-22]。研究表明,5月21日至8月13日李肖叶甲在株间的分布为聚集格局,抽样采用平行线法。由于树木远比一般农作物高大,不可能全株调查,也不可能随意调查几个枝条,在选择取样部位时应考虑害虫在树冠上的分布特点,必须调查害虫在树冠东、西、南、北方位和上、中、下方位或更多方位上的分布,这样才可了解昆虫在树冠上三维空间的分布格局,获取较为准确的估计值,为抽样方法和防治重点部位的选择提供科学依据。

李肖叶甲成虫有较强的喜光性,因此,6月4日高峰日树冠西部和上部数量相对多,对树林及部位的选择上喜群栖于阳光经常照射的散生树木或疏林中,其次是林缘,未郁闭的幼林,林缘较林内受害严重,密林一般不受害。本研究的结果表明样地中的分布都是聚集格局,在树冠的水平和垂直分布以及三维分布也为聚集格局。它反映了该成虫群栖危害的特点,因此对该成虫的抽样调查必须考虑到样点中林间和林缘的选择,其次是二次抽样时树冠上的部位选择,这样取样调查的结果才能较真实地反映李肖叶甲种群特征。

致谢:本文得到南京师范大学马飞教授的帮助,特此致谢。

References:

[1] Xiao G R. Forest insects of China, the second edition (revised&enlarged). Beijing: China Forestry Publishing House, 1991: 533-535.

[2] Wang X D, Zhao Q, Li N. The distribution and occurrence of main pests of *Pinus yunnanensis* in Liang Shan state. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2003, 12(19): 221-223.

[3] Sun X L. Studies on biology features of *Eumolpidae* of Yunnan Province. Forest Pest and Disease, 1983, (3): 21-22.

[4] Zhou H Z. Distribution patterns and zoogeography of *Eumolpidae* of Fujian province, China (*Coleoptera*). Acta Zootaxonomica Sinica, 1999, 24(1): 65-75.

[5] Zhou H Z. Regional and altitudinal differences in species distribution of *Eumolpidae*(*Coleoptera*) of Fujian province, China. Acta Zootaxonomica Sinica, 1999, 24(3): 320-330.

[6] Ren B Z, Wang D Z, Li Y. Studies on the diversity of *Coleoptera* insects damaging the agriculture and forestry in the northeast area of China(IV). Journal of Jilin Agricultural University. 2001, 23(3): 46-49.

[7] Ge F. Modern Ecology. Beijing: Science Press, 2002: 95-103.

- [8] Huang S S, Hu H J, Liang G W. The spatial pattern of dipausing larva of triped rice borer, *Chilo suppressalis* Walker, with geostatistics. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(2): 250-253.
- [9] Liu S S, Wang X G, Wu X J, Shi Z H. Spatial pattern and its time series dynamics in the population of *Myzus persicae* on two *Brassica* spp. *Acta Entomologica Sinica*, 1996, 39(2): 158-165.
- [10] Liebholt A M, Rossi R E, Uemp W P. Geostatistic and geographic information systems in applied insect ecology. *Annual Review Entomology*, 1993, 38: 303-307.
- [11] Rossi R E, Mulla D J, Journel A G. Geostatistical tools for modeling and interpreting spatial dependence. *Ecological Monographs*, 1992, 62(2): 277-314.
- [12] Zou Y D, Bi S D, Zhou X Z, Li L, Gao C Q, Ding C C. Geostatistical analysis on spatial patterns of *Erythroneura sudra* and *Erigonidium graminicola*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(12): 1645-1648.
- [13] Zou Y D, Li C G, Zhou X Z, Wu H Z, Chen X Y. Spatial construction and relationship between *Haltica chalybea* and its predatory natural enemy, *Erigonidium graminicola*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2007, 34(3): 241-246.
- [14] Li T S, Zhou G F. Studies on the spatial autocorrelation and the index of spatial distribution patterns. *Acta Ecologica Sinica*, 1994, 14(3): 327-331.
- [15] Huang B H, Zou Y D, Bi S D, Zhu H W, Gao Z L. Geostatistical analysis on spatial patterns of *Didesmococcus Korenus* Boorehs and *Chilocorus rubidus* Hope. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(3): 413-417.
- [16] Zou Y D, Bi S D, Zhou X Z, Li L, Gao C Q, Ding C C. Three-dimentional distribution pattern dynamics of *Erythroneura sudra* and its natural enemy *Erigonidium graminicola*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(9): 1485-1488.
- [17] Li L, Zou Y D, Bi S D, Gao C Q, Ding C C, Meng Q L, Li C G, Zhou X Z. Geostatistic analysis on spatial paterens of *Aphis gossypii* and *Erigonidium graminicola*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(6): 1043-1046.
- [18] Wang R, Zhai B P, Hu G, Chen X, Shen H M. Analysis of Spatio-temporal Dynamics of *Laodelphax striatellus* (Fallen) (Homoptera: Delphacidae) and Spiders in Paddy Fields Based on Geostatistics. *Acta Entomologica Sinica*, 2009, 52(1): 65-73.
- [19] Zhao J, Zhao X, Wang Y J, Li G Q, Liu L P, Meng J H, Zheng F Q. Geostatistical analysis of spatial patterns of *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae) and its natural enemy spiders. *Ecology*, 2010, 30(15): 4196-4205.
- [20] Ding Y Q. *Insects Mathematical Ecology*. Beijing: Science Press, 1994: 43-53.
- [21] Xu R M. *Insects Population Ecology*. Beijing: Beijing Normal University Press, 1987: 7-34.
- [22] Zou Y D, Wang H F. *Insects Ecology of Agriculture and Forestry*. Hefei: Anhui Science and Technology Press, 1989: 135-136.
- [23] Hou J R, Huang J X. *Theory and method of Geostatistics*. Beijing: China Geology Press. 1990: 87-102.
- [24] Arbous A G, Kerrich J E. Accident, statistics and the concept of accident-proneness. *Biometrics*, 1951, 7: 340-342.
- [25] Blackith R E. Nearest-neighbour distance measurements for the estimations of animal population. *Ecology*, 1958, 39: 147-150.

参考文献:

- [1] 萧刚柔. 中国森林昆虫, 第二版(增订本). 北京: 中国林业出版社, 1991: 533-535.
- [2] 王向东, 赵芊, 李莉娜. 凉山州云南松主要害虫分布及发生情况研究. *中国农学通报*, 2003, 12(19): 221-223.
- [3] 孙锡麟. 云南松叶甲生物学特性研究. *森林病虫通讯*, 1983, (3): 21-22.
- [4] 周红章. 福建省肖叶甲科属种分布类型与动物地理格局(鞘翅目: 肖叶甲科). *动物分类学报*, 1999, 24(3): 320-330.
- [5] 周红章. 福建省肖叶甲科物种垂直分布与区域分化的比较研究. *动物分类学报*, 1999, 24(3): 659-664.
- [6] 任炳忠, 王东昌, 李玉. 东北地区危害农业、林业的鞘翅目昆虫多样性的研究(IV). *吉林农业大学学报*, 2001, 23(3): 46-49.
- [7] 戈峰. *现代生态学*. 北京: 科学出版社, 2002: 95-103.
- [8] 黄寿山, 胡慧建, 梁广文. 二化螟越冬幼虫空间分布图示的地理统计学分析. *生态学报*, 1999, 19(2): 250-253.
- [9] 刘树生, 汪信庚, 吴晓晶, 施祖华. 甘蓝和白菜上桃蚜种群的空间格局及其时序动态昆虫学. 1996, 39(2): 158-165.
- [12] 邹运鼎, 毕守东, 周夏芝, 李磊, 高彩球, 丁程成. 桃一点叶蝉及草间小黑蛛空间格局的地统计学研究. *应用生态学报*, 2002, 13(12): 1645-1648.
- [13] 邹运鼎, 李昌根, 周夏芝, 巫厚长, 陈向阳. 葡萄跳叶甲和捕食性天敌草间小黑蛛的空间格局及其联系. *植物保护学报*, 2007, 34(3): 241-246.
- [14] 李天生, 周国法. 空间自相关与分布型指数的研究. *生态学报*, 1994, 14(3): 327-331.
- [15] 黄保宏, 邹运鼎, 毕守东, 朱宏伟, 高正良. 朝鲜球坚蚱及黑缘红瓢虫空间格局的地统计学研究. *应用生态学报*, 2003, 14(3): 413-417.
- [16] 邹运鼎, 周夏芝, 毕守东, 李磊, 高彩球, 丁程成. 桃一点叶蝉及其天敌草间小黑蛛种群的三维空间格局动态. *应用生态学报*, 2003, 14(9): 1485-1488.
- [17] 李磊, 邹运鼎, 毕守东, 高彩球, 丁程成, 孟庆雷, 李昌根, 周夏芝. 棉蚜和草间小黑蛛种群空间格局的地统计学研究. *应用生态学报*, 2004, 15(6): 1043-1046.
- [18] 王瑞, 翟保平, 胡高, 陈晓, 沈慧梅. 基于地统计学方法的稻田灰飞虱与蜘蛛时空动态分析. *昆虫学报*, 2009, 52(1): 65-73.
- [19] 赵静, 赵鑫, 王玉军, 李光强, 刘丽平, 孟家华, 郑方强. 烟盲蝽及其天敌蜘蛛空间格局的地统计学分析. *生态学报*, 2010, 30(15): 4196-4205.
- [20] 丁岩钦. *昆虫数学生态学*. 北京: 科学出版社, 1994: 43-53.
- [21] 徐汝梅. *昆虫种群生态学*. 北京: 北京师范大学出版社, 1987: 7-34.
- [22] 邹运鼎, 王弘法. *农林昆虫生态学*. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1989: 135-136.
- [23] 侯景儒, 黄竞先. *地质统计学原理与方法*. 北京: 地质出版社, 1990: 87-102.

CONTENTS

Growth and physiological adaptation of <i>Messerschmidia sibirica</i> to sand burial on coastal sandy	WANG Jin, ZHOU Ruilian, ZHAO Halin, et al (4291)
Alleviation effect and mechanism of exogenous potassium nitrate and salicylic acid on the growth inhibition of <i>Pinus tabulaeformis</i> seedlings induced by deicing salts	ZHANG Ying, LI Fayun, YAN Xia, et al (4300)
Influence of different spatial-scale factors on stream macroinvertebrate assemblages in the middle section of Qiantang River Basin	ZHANG Yong, LIU Shuoru, YU Haiyan, et al (4309)
Species diversity and distribution pattern of non-volant small mammals along the elevational gradient on eastern slope of Gongga Mountain	WU Yongjie, YANG Qisen, XIA Lin, et al (4318)
A patch-based method for mechanism analysis on spatial dynamics of mangrove distribution	LI Chungan, LIU Suqing, FAN Huangqing, et al (4329)
Nutrient heterogeneity in fine roots of six subtropical natural tree species	XIONG Decheng, HUANG Jinxue, YANG Zhijie, et al (4343)
Variation of vegetation NDVI and its response to climate change in Zhejiang Province	HE Yue, FAN Gaofeng, ZHANG Xiaowei, et al (4352)
Heterogeneity in fine root respiration of six subtropical tree species	ZHENG Jinxing, XIONG Decheng, HUANG Jinxue, et al (4363)
Characteristics of ammonia-oxidizing bacteria and ammonia-oxidizing archaea abundance in soil organic layer under the subalpine/alpine forest	WANG Ao, WU Fuzhong, HE Zhenhua, et al (4371)
Effect of tillage systems on light fraction carbon in a purple paddy soil	ZHANG Junke, JIANG Changsheng, HAO Qingju, et al (4379)
Effects of prescribed fire on carbon sequestration of long-term grazing-excluded grasslands in Inner Mongolia	HE Nianpeng, HAN Xingguo, YU Guirui, et al (4388)
Stoichiometry of carbon dioxide and methane emissions in Minjiang River estuarine tidal wetland	WANG Weiqi, ZENG Congsheng, TONG Chuan, et al (4396)
Distribution and sources of particulate organic carbon in the Pearl River Estuary in summer 2010	LIU Qingxia, HUANG Xiaoping, ZHANG Xia, et al (4403)
The glucose-utilizing bacterial diversity in the cold spring sediment of Shawan, Xinjiang, based on stable isotope probing	CHU Min, WANG Yun, ZENG Jun, et al (4413)
Culture-dependent and culture-independent approaches to studying soil microbial diversity	LIU Guohua, YE Zhengfang, WU Weizhong (4421)
The classification of plant functional types based on the dominant herbaceous species in the riparian zone ecosystems in the Yiluo River	GUO Yili, LU Xunling, DING Shengyan (4434)
Genetic diversity of different eco-geographical populations in endangered plant <i>Prunus mongolica</i> by ISSR Markers	ZHANG Jie, WANG Jia, LI Haoyu, ZHANG Huirong, et al (4443)
Ecophysiological characteristics of higher-latitude transplanted mangrove <i>Kandelia candel</i> in strong tidal range area	ZHENG Chunfang, QIU Jianbiao, LIU Weicheng, et al (4453)
The effect of artificial warming during winter on white clover (<i>Trifolium repens</i> Linn): overwintering and adaptation to coldness in late spring	ZHOU Ruilian, ZHAO Mei, WANG Jin, et al (4462)
Estimating fine root production and mortality in subtropical <i>Altingia grilipes</i> and <i>Castanopsis carlesii</i> forests	HUANG Jinxue, LING Hua, YANG Zhijie, et al (4472)
The cloning and expression of WUE-related gene (<i>PdEPF1</i>) in <i>Populus deltoides</i> × <i>Populus nigra</i>	GUO Peng, JIN Hua, YIN Weilun, et al (4481)
The allelopathy of aquatic rhizome and root extract of <i>Thalia dealbata</i> to seedling of several aquatic plants	MIAO Lihua, WANG Yuan, GAO Yan, et al (4488)
Effect of the avirulent strain of <i>Ralstonia solanacearum</i> on the ecological characteristics of microorganism fatty acids in the rhizosphere of tobacco	ZHENG Xuefang, LIU Bo, LAN Jianglin, et al (4496)
Coupling remotely sensed information with a rice growth model by combining updating and assimilation strategies	WANG Hang, ZHU Yan, MA Mengli, et al (4505)
Effects of water temperature and body weight on metabolic rates of Yellowtail clownfish <i>Amphiprion clarkii</i> (Pisces: Perciformes) during larval development	YE Le, YANG Shengyun, LIU Min, et al (4516)
The distribution of chlorophyll a in the Southwestern Indian Ocean in summer	HONG Lisha, WANG Chunsheng, ZHOU Yadong, et al (4525)
Evaluation of the effects of ecological remediation on the water quality and biological toxicity of Dagou Drainage River in Tianjin	WANG Min, TANG Jingchun, ZHU Wenyong, et al (4535)
Quantitative dynamics of adult population and 3-D spatial pattern of <i>Ceoporus variabilis</i> (Baly)	WANG Wenjun, LIN Xuefei, ZOU Yunding, et al (4544)
Review and Monograph	
Studies on urban heat island from a landscape pattern view: a review	CHEN Ailian, SUN Ranhao, CHEN Liding (4553)
Sediment quality triad and its application in coastal ecosystems in recent years	WU Bin, SONG Jinming, LI Xuegang, et al (4566)
Discussion	
Food waste management in China: status, problems and solutions	HU Xinjun, ZHANG Min, YU Junfeng, et al (4575)
Scientific Note	
Effects of microchemical substances in anaerobic fermented liquid from rice straw and cyanobacteria on <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>niveum</i> growth	LIU Aimin, XU Shuangso, CAI Xin, et al (4585)
Ecological benefit-loss analysis of agricultural ecosystem in Foshan City, China	YE Yanqiong, ZHANG Jiaen, QIN Zhong, et al (4593)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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 70 元/册,全年定价 1680 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

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 32 卷 第 14 期 (2012 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 14 (July, 2012)

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:1000717	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