

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 20 期 Vol.32 No.20 **2012**

中国生态学会
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 20 期

2012 年 10 月 (半月刊)

目 次

太湖流域源头溪流氧化亚氮(N_2O)释放特征.....	袁淑方, 王为东 (6279)
闽江河口湿地植物枯落物立枯和倒伏分解主要元素动态.....	曾从盛, 张林海, 王天鹅, 等 (6289)
宁夏荒漠草原小叶锦鸡儿可培养内生细菌多样性及其分布特征.....	代金霞, 王玉炯 (6300)
陕西省栎黄枯叶蛾蛹的空间分布.....	章一巧, 宗世祥, 刘永华, 等 (6308)
模拟喀斯特生境条件下干旱胁迫对青冈栎苗木的影响.....	张中峰, 尤业明, 黄玉清, 等 (6318)
中国井冈山生态系统多样性.....	陈宝明, 林真光, 李 贞, 等 (6326)
鄂西南木林子常绿落叶阔叶混交林恢复过程中优势树种生态位动态.....	汤景明, 艾训儒, 易咏梅, 等 (6334)
不同增温处理对夏蜡梅光合特性和叶绿素荧光参数的影响	徐兴利, 金则新, 何维明, 等 (6343)
模拟长期大风对木本猪毛菜表观特征的影响	南 江, 赵晓英, 余保峰 (6354)
雷竹林土壤和叶片 N、P 化学计量特征对林地覆盖的响应	郭子武, 陈双林, 杨清平, 等 (6361)
利用树木年轮重建赣南地区 1890 年以来 2—3 月份温度的变化	曹受金, 曹福祥, 项文化 (6369)
川西亚高山草甸土壤呼吸的昼夜变化及其季节动态.....	胡宗达, 刘世荣, 史作民, 等 (6376)
火干扰对小兴安岭白桦沼泽和落叶松-苔草沼泽凋落物和土壤碳储量的影响	周文昌, 牟长城, 刘 夏, 等 (6387)
黄土丘陵区三种典型退耕还林地土壤固碳效应差异.....	佟小刚, 韩新辉, 吴发启, 等 (6396)
岩质公路边坡生态恢复土壤特性与植物多样性	潘树林, 辜 彬, 李家祥 (6404)
坡位对东灵山辽东栎林土壤微生物量的影响.....	张 地, 张育新, 曲来叶, 等 (6412)
太湖流域典型入湖港口景观格局对河流水质的影响.....	王 瑛, 张建锋, 陈光才, 等 (6422)
基于多角度基尼系数的江西省资源环境公平性研究	黄和平 (6431)
中国土地利用空间格局动态变化模拟——以规划情景为例	孙晓芳, 岳天祥, 范泽孟 (6440)
世界主要国家耕地动态变化及其影响因素	赵文武 (6452)
不同氮源下好氧反硝化菌 <i>Deffluibacter lusatiensis</i> str. DN7 的脱氮特性	肖继波, 江惠霞, 褚淑祎 (6463)
基于生态足迹方法的南京可持续发展研究.....	周 静, 管卫华 (6471)
基于投入产出方法的甘肃省水足迹及虚拟水贸易研究.....	蔡振华, 沈来新, 刘俊国, 等 (6481)
浦江县土壤碱解氮的空间变异与农户 N 投入的关联分析	方 斌, 吴金凤, 倪绍祥 (6489)
长江河口潮间带盐沼植被分布区及邻近光滩鱼类组成特征	童春富 (6501)
深圳湾不同生境湿地大型底栖动物次级生产力的比较研究.....	周福芳, 史秀华, 邱国玉, 等 (6511)
灰斑古毒蛾口腔反吐物诱导沙冬青细胞 Ca^{2+} 内流及 H_2O_2 积累	高海波, 张淑静, 沈应柏 (6520)
濒危物种金斑喙凤蝶的行为特征及其对生境的适应性.....	曾菊平, 周善义, 丁 健, 等 (6527)
细叶榕榕小蜂群落结构及动态变化.....	吴文珊, 张彦杰, 李凤玉, 等 (6535)
专论与综述	
流域生态系统补偿机制研究进展	张志强, 程 莉, 尚海洋, 等 (6543)
可持续消费的内涵及研究进展——产业生态学视角	刘晶茹, 刘瑞权, 姚 亮 (6553)
工业水足迹评价与应用.....	贾 佳, 严 岩, 王辰星, 等 (6558)
矿区生态风险评价研究述评.....	潘雅婧, 王仰麟, 彭 建, 等 (6566)
研究简报	
围封条件下荒漠草原 4 种典型植物群落枯落物枯落量及其蓄积动态.....	李学斌, 陈 林, 张硕新, 等 (6575)
密度和种植方式对夏玉米酶活性和产量的影响.....	李洪岐, 蔺海明, 梁书荣, 等 (6584)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 312 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2012-10	

封面图说: 草丛中的朱鹮——朱鹮有着鸟中“东方宝石”之称。洁白的羽毛, 艳红的头冠和黑色的长嘴, 加上细长的双脚, 朱鹮历来被日本皇室视为圣鸟。20 世纪前朱鹮在中国东部、日本、俄罗斯、朝鲜等地曾有较广泛地分布, 由于环境恶化等因素导致种群数量急剧下降, 至 20 世纪 70 年代野外已认为无踪影。1981 年 5 月, 中国鸟类学家经多年考察, 在陕西省洋县重新发现朱鹮种群, 一共只有 7 只, 也是世界上仅存的种群。此后对朱鹮的保护和科学研究做了大量工作, 并于 1989 年在世界首次人工孵化成功。

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

DOI: 10.5846/stxb201203030283

章一巧, 宗世祥, 刘永华, 温俊宝, 闫占文, 骆有庆. 陕西省栎黄枯叶蛾蛹的空间分布. 生态学报, 2012, 32(20): 6308-6317.

Zhang Y Q, Zong S X, Liu Y H, Wen J B, Yan Z W, Luo Y Q. Spatial distribution of *Trabala vishnou gigantina* Yang pupae in Shaanxi Province, China. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(20): 6308-6317.

陕西省栎黄枯叶蛾蛹的空间分布

章一巧¹, 宗世祥¹, 刘永华¹, 温俊宝¹, 闫占文², 骆有庆^{1,*}

(1. 北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 吴起县林业站, 陕西 717600)

摘要:栎黄枯叶蛾(*Trabala vishnou gigantina* Yang)是近年来在陕西吴起沙棘林中大面积暴发的一种食叶害虫, 为了解其种群空间结构, 有效控制危害, 利用地统计学等方法, 对不同坡向和疏密度沙棘纯林中的栎黄枯叶蛾蛹的空间分布进行了研究。结果表明: 栎黄枯叶蛾化蛹的高峰期为 8 月中旬, 雄性幼虫较雌性幼虫平均早 3.7 d 化蛹; 蛹在阴坡的东南向和阳坡的西、北两方向分布比例最大; 在距沙棘树基部 30.00—75.00 cm 范围处分布密集。由全方向的变异函数曲线分析得知: 阴坡密林、阴坡疏林、阳坡密林、阳坡疏林中, 栎黄枯叶蛾蛹的空间依赖范围分别为 95.609、47.379、79.238、42.415 m, 空间变异值分别为 0.760、0.561、0.649、0.407; 且在阴阳两坡向的密林中均呈聚集分布, 疏林中均呈随机分布。用 Kriging 插值方法生成的空间分布图显示蛹在空间分布上存在一定的边缘效应, 且方向性较明显。

关键词:栎黄枯叶蛾; 蛹; 空间分布; 地统计学; 坡向; 疏密度

Spatial distribution of *Trabala vishnou gigantina* Yang pupae in Shaanxi Province, China

ZHANG Yiqiao¹, ZONG Shixiang¹, LIU Yonghua¹, WEN Junbao¹, YAN Zhanwen², LUO Youqing^{1,*}

1 Key Laboratory for Silviculture and Conservation, Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

2 Wuyi County Forestry Station, Shaanxi, 717600, China

Abstract: *Trabala vishnou gigantina* Yang (Lepidoptera: Lasiocampidae) is one of the most important defoliators in China. Larvae of *T. vishnou gigantina* feed on tender leaves primarily causing damage to the crown layer. In the last few years, the use of single species plantations combined with poor management and a lack of adequate monitoring and early warning has allowed populations of this pest to erupt and cause serious damage in *Hippophae rhamnoides* L. forest stands in Wuyi County, Shaanxi Province, China.

Spatial distribution is one of the most important properties of insect populations. It provides dynamic information about insect populations, describes individual associations, and allows the prediction of variations in spatial distribution patterns. Geostatistical methods provide very powerful tools for explaining the spatial distribution of many species. These methods allow both the direct measurement of spatial distribution of organisms and tracking of changes in distribution over time because the exact location of the species has been documented at a specific point in time.

To further investigate spatial distribution and effectively control this pest species, spatial distribution patterns of *T. vishnou gigantina* pupae were analyzed using geostatistical methods in pure *H. rhamnoides* forests with different slopes and densities. Results show high levels of pupating occurred mainly in mid-August. Also, males pupated 3.7 days earlier than females. Pupae were also widely distributed on southeastern facing shady slopes, and on west and north facing sunny

基金项目: 林业公益性行业科研专项(201004003); 国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD19B07)

收稿日期: 2012-03-03; 修订日期: 2012-08-03

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

slopes. Pupae gathered mainly at heights of 30—75 cm on trees. Analysis of isotropic variograms indicated *T. vishnou gigantea* pupae spaced themselves 95.609, 47.379, 79.238, and 42.415 m apart in densely forested shady slopes, open forests on shady slopes, densely forested sunny slopes, and open forests on sunny slopes, respectively, while the intensity of local spatial continuity was 0.760, 0.561, 0.649, and 0.407, respectively, in the above stands. Also, semivariogram analysis revealed the Gaussian model had the best fit to *T. vishnou gigantea* pupae distributional patterns in dense forests, implying an intense spatial aggregation pattern, while the linear model fitted best with the open forest, implying a random distribution. As the maps with Kriging interpolation described, *T. vishnou gigantea* pupae exhibited an edge effect and an obvious directional distribution; the pupae had a clustered distribution at the edge of the plantation and occurred in point locations scattered inside the plantation. Numbers of clustered plaque gradually declined toward the center of the forested area. This was reflected in the tendency of the pupae to cluster together on a spatial scale, and in the direction of their proliferation.

Currently, *T. vishnou gigantea* infestations are most commonly controlled using chemical pesticides. However, *H. rhamnoides* is an economically and ecologically important plant, so residues need to be considered when spraying pesticides. Based on the spatial distribution characters, we suggest picking the pupa manually on the sunny slopes and especially on the edges of seabuckthorn plantations at a height of 30—75 cm to limit reproduction of this pest species. Research results demonstrate the spatial distribution patterns of *T. vishnou gigantea* pupae in pure *H. rhamnoides* forests, providing a theoretical basis and practical guidance for controlling populations of this insect pest. This research will provide a meaningful foundation for integrated pest management.

Key Words: *Trabala vishnou gigantea*; pupae; spatial distribution pattern; geostatistics; slope; density

空间分布取决于物种的生物学特性和栖息环境,是昆虫种群的重要属性之一^[1]。研究空间分布能揭示种群动态结构,为提高抽样技术和虫情预测预报提供较好依据,对制定害虫防治策略意义重大^[2-3]。地统计学以区域化变量理论为基础,结合样点的空间位置和方向,利用半变异函数对稀疏的或无规律的数据进行估值,探讨变量的空间分布规律,能最大限度地揭示空间相关性和依赖性。通过直接测定和分析变量而建立起的预测性模型,能有效地解决了昆虫种群的空间异质性问题,因此近十年来成为生态学者的研究热点^[4-6]。

栎黄枯叶蛾(*Trabala vishnou gigantea* Yang)别名大黄枯叶蛾、黄绿枯叶蛾,属鳞翅目(Lepidoptera)枯叶蛾科(Lasiocampidae)黄枯叶蛾属(*Trabala*),主要分布在我国北京、山西、内蒙古、河南、陕西、甘肃等地。该虫寄主广泛,主要有栎类、板栗、核桃、苹果、海棠、沙棘等^[7],主要以幼虫为害叶片,常造成叶片孔洞和缺刻,严重时仅残留叶柄。近年来西北地区的沙棘种植区由于种植树种单一,经营管理粗放,缺乏有效的生物监控和防灾手段,导致栎黄枯叶蛾在沙棘人工林中大面积暴发。据陕西吴起县林业站统计,当地2008—2010年栎黄枯叶蛾虫害发生面积分别为 1.06×10^4 、 1.67×10^4 、 1.33×10^4 hm²,危害最严重的年份有虫株率达100%,平均虫口密度30—58头/株^[8]。迄今国内外对栎黄枯叶蛾的研究多集中在生物学特性和药剂防治等方面^[9-12],生态学方面的报道甚少。本文对栎黄枯叶蛾蛹在沙棘上的空间分布状况进行调查,以期对种群动态监测和防治等提供参考与依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

陕西省吴起县位于东经107°38′—108°32′,北纬36°33′—37°24′,属黄土高原梁状丘陵沟壑区,海拔1233—1809 m。境内为半干旱温带大陆性季风气候,年平均气温7.8℃,年降水量478.4 mm,无霜期146 d。吴起是我国沙棘种植大县,成林沙棘8.3万hm²,以人工沙棘纯林为主,间有少量山杏、山桃^[8,13]。

2011年7—9月于吴起县的吴仓堡乡刘堡村场岷岷沙棘纯林内进行蛹的空间分布情况调查。由于复杂多变的山势地形,沙棘种植区内林分疏密程度差异较大。结合试验地实际情况,本研究暂将郁闭度0.30以下

的林地划为疏林范畴。试验选取了不同坡向和疏密度的 4 块具有代表性样地,平均空间距离 860 m,包括阴坡密林、阴坡疏林、阳坡密林、阳坡疏林,面积均为 50 m×40 m。样地内沙棘均为 10 年生的人工纯林,抚育管理方式一致,且土壤均贫瘠疏松。阴坡海拔自西北向东南呈下降趋势,东南方向光照最多;阳坡海拔自东南向西北呈下降趋势,西北方向光照最多。样地概况见表 1。

表 1 样地概况

Table 1 General situation in the sample plots

林分类型 Stand types	坡度/(°) Slope gradient	平均地径 Average basal diameter /cm	平均树高 Average height /cm	郁闭度 Canopy closure	蛹密度 Average population density/(个/株)
阴坡密林 Dense forest on the shady slope	16	4.04	163.07	0.80	1.14
阴坡疏林 Open forest on the shady slope	15	4.23	170.09	0.30	1.00
阳坡密林 Dense forest on the sunny slope	14	3.56	138.31	0.70	1.08
阳坡疏林 Open forest on the sunny slope	15	4.10	156.01	0.25	1.05

1.2 研究方法

1.2.1 调查方法

首先采取逐株调查的方法,记录沙棘的株行距,将每株沙棘的相对空间位置绘制于坐标纸上。然后从 7 月 26 日起,至 9 月 13 日样地内基本无新蛹出现,每隔 7d 共 7 次分别统计每株沙棘树上雌雄新蛹出现的数量(雌雄蛹在形态上可按大小区分:雌蛹长(35.12±1.58) mm,宽(13.02±0.65) mm;雄蛹长(24.41±1.22) mm,宽(9.39±0.38) mm)、每个蛹在沙棘树上的高度及其朝向(茧为马鞍形,有一大一小两个茧峰,大茧峰为蛹头部所在位置,记大茧峰的朝向为蛹的朝向),对已调查过的蛹做好标识避免重复统计。

1.2.2 分析方法

(1) 蛹朝向及垂直分布

从沙棘树的基部往上至树梢,每 15.0 cm 为一区域等距离划分,统计每一区域内蛹的数量。利用 SPSS 18.0 软件进行方差分析,采用多重比较法(LSD)判断不同林分中蛹的朝向及垂直分布的差异显著性。

(2) 半方差函数

基于地统计学的区域化变量理论,使用 GS+8.0 软件中的半方差函数分析栎黄枯叶蛾蛹的空间分布。其公式如下:

$$\gamma^{(h)} = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + j)]^2$$

式中, $\gamma^{(h)}$ 为相对距离 h 的半方差函数值, $N(h)$ 是被 h 分割的数据对 (x_i, x_i+h) 的对数, $Z(x_i)$ 和 $Z(x_i+h)$ 分别是点 x_i 和 x_i+h 处样本的测量值, h 为两样点间的距离。

(3) 变异函数理论模型的拟合

计算所得的半方差函数值需应用一定模型进行拟合,常用来拟合空间变异曲线的理论模型主要包括线性模型、球状模型、高斯模型和指数模型。除线性模型揭示种群随机或均匀分布外,后 3 种模型均表明种群聚集状态分布^[14-15]。在拟合过程中还需要结合实际调查情况综合判断,选出最优拟合模型。根据模拟误差最小原则,依次考虑的因素为决定系数 R^2 大小、残差 RSS 大小、变程 A 和块金值 C_0 的大小^[16-18]。

(4) 空间分布图的生成

借助 Kriging 法对蛹在样地中的密度进行插值分析,在 Surfer 8 软件中生成空间分布图。

2 结果与分析

2.1 栎黄枯叶蛾化蛹数量动态

调查发现:栎黄枯叶蛾蛹始见于 7 月下旬,化蛹高峰期为 8 月中旬,终见于 9 月上旬。阴坡密林、阴坡疏林、阳坡密林、阳坡疏林中的蛹数分别为 733、1296、1023、673 个,共计 4 块样地中总蛹数 3725 个,其中雌蛹

1548 个,雄蛹 2177 个,雌:雄为 1:1.41。

将调查获得的数据绘成折线图后发现(图 1),幼虫化蛹主要集中在 8 月份,且在 8 月 9—16 日达到高峰。8 月上旬出现的蛹数为 589 个,8 月中旬 2698 个,8 月下旬 235 个,分别占总数的 22.31%、65.13% 和 6.60%。由曲线的变化趋势还可看出,从 7 月 26 日—8 月 16 日雄蛹的增加速率明显快于雌蛹;从 8 月 16—30 日,两者数量增加的幅度都骤减,且雌蛹减少的幅度小于雄蛹,并在数量上逐渐超过雄蛹;8 月 30 日后,两者新增的数量已渐趋一致。由此说明栎黄枯叶蛾的雄性幼虫较雌性幼虫先化蛹,调查发现雄性幼虫较雌性幼虫平均早 3.7 d 化蛹。

如图 1 所示,4 块不同林分中的雌雄蛹数变化趋势总体一致,在 8 月 9—16 日均有最高峰。从 8 月 2—16 日,阳坡疏林中的雌雄蛹增幅超过其他 3 块样地,雄蛹的曲线折点波动尤为明显。野外观察可知,阳坡疏林相对温度略高,光照强度充足,很好地满足了幼虫化蛹时的需求。

2.2 栎黄枯叶蛾蛹的朝向情况

由图 2 可知,阴坡疏林和阴坡密林中蛹朝东南方向均分布最多,所占比例分别为 21.45%、19.10%;朝东和朝南次之;西北最少,分别仅占 4.48%、7.50%。对蛹在阴坡上的朝向比例进行方差分析及多重比较表明,东南、东、南三向与另外 5 个方向存在极显著差异($P<0.01$),说明蛹朝这 3 个方向分布明显多于其他方向。

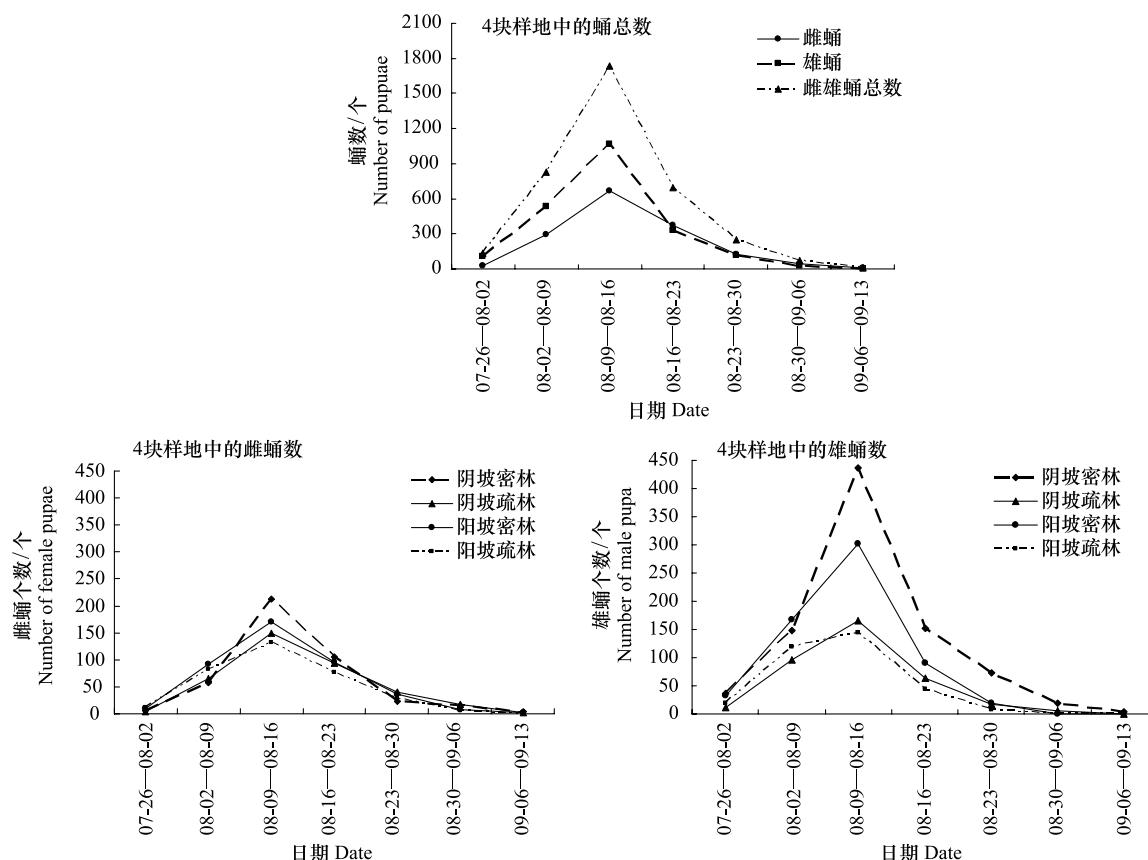


图 1 栎黄枯叶蛾化蛹数量动态变化

Fig. 1 Population dynamics of *T. vishnou gigantina* pupae

如图 2 所示,阳坡密林和阳坡疏林中蛹朝西和朝北两方向分布最多,其中朝西的比例分别为 29.89%、18.42%,朝北的比例分别为 23.08%、17.09%;西北方向次之;东南方向最少,分别仅占 2.34%、5.79%。通过对蛹在阳坡上的朝向比例进行多重比较表明,西、北两向与其他 6 个方向差异显著($P<0.05$),说明蛹朝这两个方向分布明显多于其他方向。

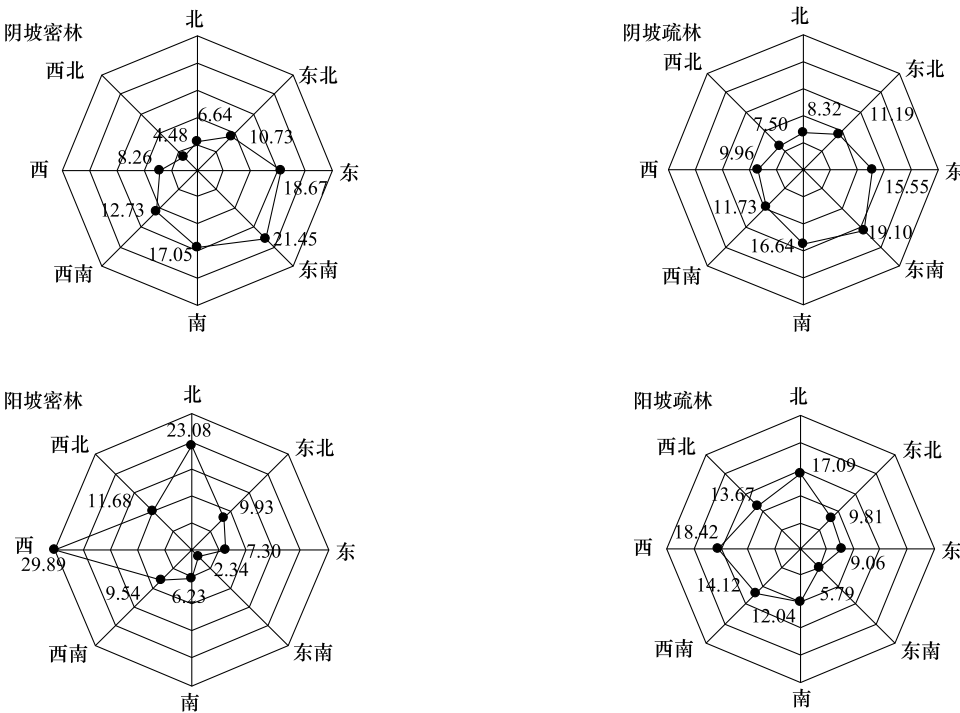


图2 栎黄枯叶蛾蛹朝不同方向的分布比例
Fig.2 Proportion of *T. vishnou gigantina* pupae in different directions

2.3 栎黄枯叶蛾蛹在沙棘上的垂直分布情况

利用 SPSS 18.0 软件进行数据处理显示,栎黄枯叶蛾蛹在沙棘树上的高度基本呈正态曲线分布(图3),且距离基部30.0—75.0 cm处分布最多,该高度在阴坡密林、阴坡疏林、阳坡密林、阳坡疏林中分别占72.5%、65.5%、72.2%、72.9%。对蛹在30.0 cm以下、30.0—75.0 cm及75.0 cm以上这3个区域内的垂直分布比例进行方差分析和多重比较表明,三者差异均极显著。

2.4 栎黄枯叶蛾蛹数量的半变异函数及空间分布分析

利用 GS+软件对栎黄枯叶蛾蛹的空间分布情况进行处理,在不同坡向和疏密度的沙棘样地中相应得到的变异函数理论模型、拟合参数及分布型具体见表2。结合在 Surfer 环境中生成的空间分布图,对比显示其空间分布特征在阴阳两坡中非常类似,故现仅对在不同疏密度的林分类型中的蛹空间分布情况进行归类分析。

表2 栎黄枯叶蛾蛹的变异函数理论模型、拟合参数及空间格局
Table 2 Parameters of variogram models and spatial distribution for *T. vishnou gigantina* pupae

林分类型 Stand types	理论模型 Theoretical models	C_0	C	A	$Sill$	$C/Sill$	R^2	RSS	分布格局 Spatial distribution pattern
阴坡密林 Dense forest on the shady slope	Gaussian	1.850	5.859	95.609	7.709	0.760	0.982	0.262	聚集分布
阴坡疏林 Open forest on the shady slope	Linear	1.878	2.397	47.379	4.275	0.561	0.929	0.279	随机分布
阳坡密林 Dense forest on the sunny slope	Gaussian	1.472	2.719	79.238	4.191	0.649	0.946	0.403	聚集分布
阳坡疏林 Open forest on the sunny slope	Linear	1.774	1.218	42.415	2.992	0.407	0.934	0.0577	随机分布

C_0 为块金值, C 为偏基台值, A 为变程即空间依赖范围, $Sill$ 为基台值, $C/Sill$ 为空间变异, R^2 为决定系数, RSS 为残差平方和

2.4.1 密林中栎黄枯叶蛾蛹数量的半变异函数及空间分布分析

由表2可以看出无论是阴坡还是阳坡的沙棘密林中,栎黄枯叶蛾蛹的数量都呈现较明显的空间聚集状

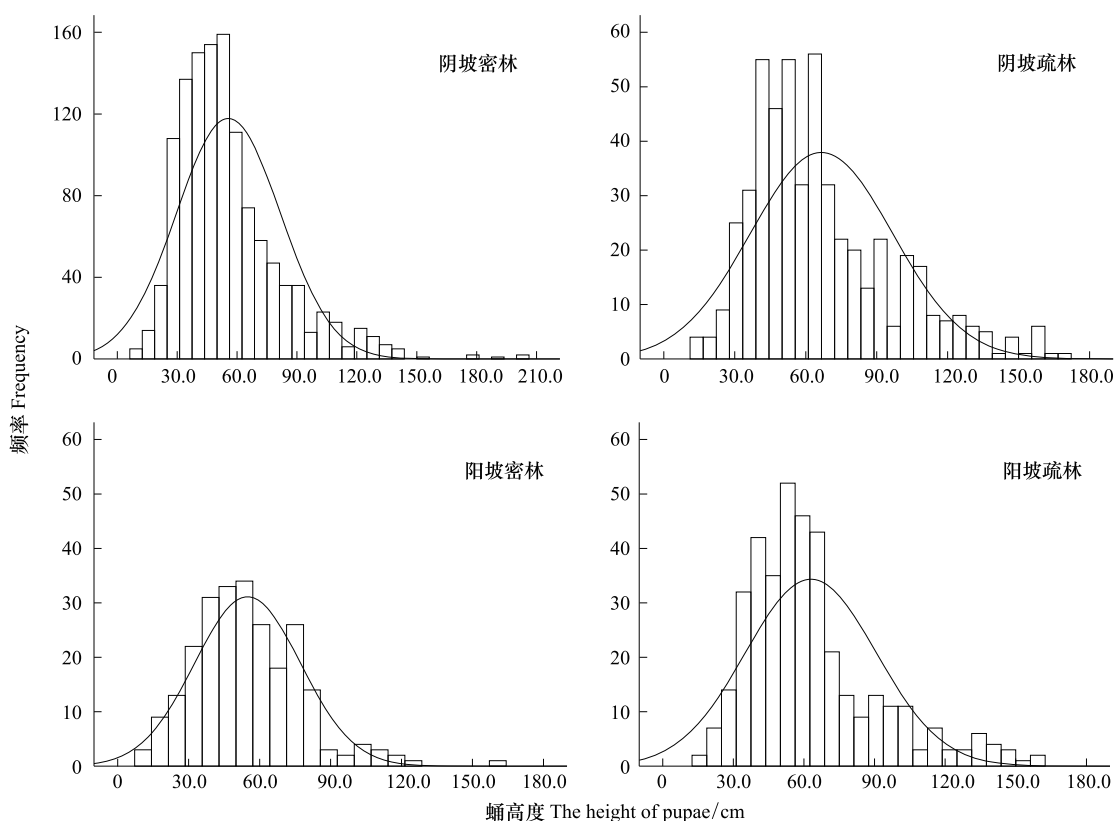


图3 柞黄枯叶蛾蛹在沙棘树上的高度

Fig.3 Height of *T. vishnou gigantina* pupae in the *H. rhamnoides*

态,他们的空间依赖范围分别是 95.609、79.238 m,即在此距离范围内密林样地中任何两点蛹的数量都各自存在一定的关系,空间相关性随着距离的增大逐渐减小,且蛹在阴坡植株间的相互依赖性比阳坡小。阴坡密林和阳坡密林中的偏基台值分别占了比例 76.0% 和 64.9%,说明总空间变异中有 76.0% 和 64.9% 是由空间自相关现象产生的。

由图 4 的两幅等值线与矢量叠加图可以看出,柞黄枯叶蛾蛹在不同坡向的密林样地中存在着明显的空间结构:样地边缘主要呈聚集条带状分布;林间蛹数量较少,以点状零散分布。空间分布有明显的方向性:阴坡密林中聚集斑块自西北向东南方向渐增,呈现东南比西北方向聚集强度高的现象,阳坡密林则恰恰相反。另外,聚集斑块由聚集中心区域向四周逐渐减小,反映出蛹的聚集强度和空间尺度,也说明了其扩散方向。

2.4.2 疏林中柞黄枯叶蛾蛹数量的半变异函数及空间分布分析

表 2 显示,在阴坡和阳坡的沙棘疏林中,柞黄枯叶蛾蛹的最优拟合模型为线性模型,说明其聚集性较弱,基本接近随机分布。蛹的数量在阴坡疏林中依赖范围是 47.379 m,在阳坡疏林中是 42.415 m,阳坡疏林中的空间聚集程度略大于阴坡。两样地的空间变异值分别是 0.561、0.407,这说明蛹的数量在疏林样地中抽样空间范围随机性较强。究其原因,这同疏林中树木生长空间宽裕、阳光照射充分及通风性良好关系密切。这些因素都能满足幼虫化蛹时喜阳喜干燥的特性,故使得蛹在疏林中的空间依赖性弱,自相关性强。

由柞黄枯叶蛾蛹数量的等值线与矢量叠加图(图 5)可以看出,柞黄枯叶蛾蛹在阴阳两坡向的沙棘疏林样地中总体以点状零散分布,且聚集斑块在林缘上分布略多于林间。阴坡疏林中的斑块在东南方向偶有连接,向西北方向递减;阳坡疏林中随机分布性则更为明显。

3 讨论

3.1 化蛹的数量动态

柞黄枯叶蛾的雄性幼虫比雌性幼虫提前化蛹现象,是自身进化不断完善的结果,这对提高成虫羽化率、保

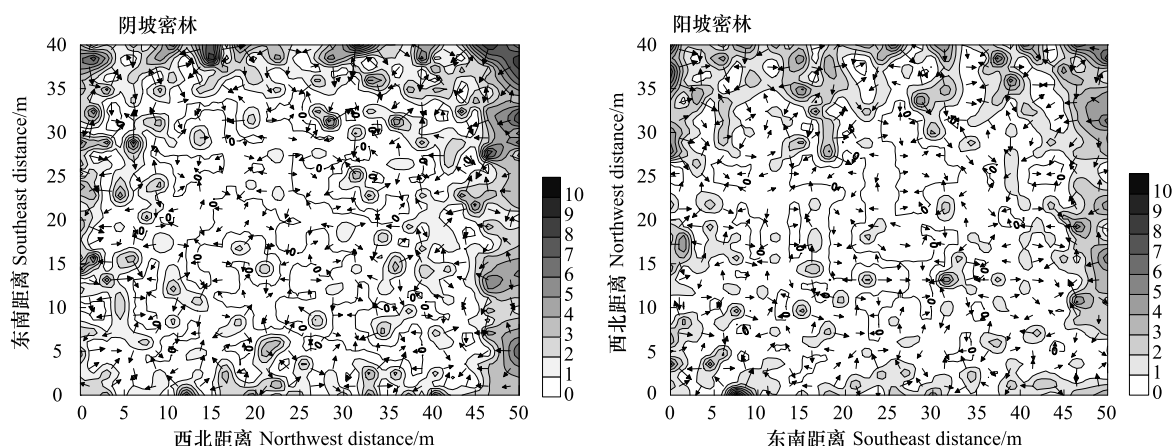


图4 密林中栎黄枯叶蛾蛹等值线与矢量叠加图

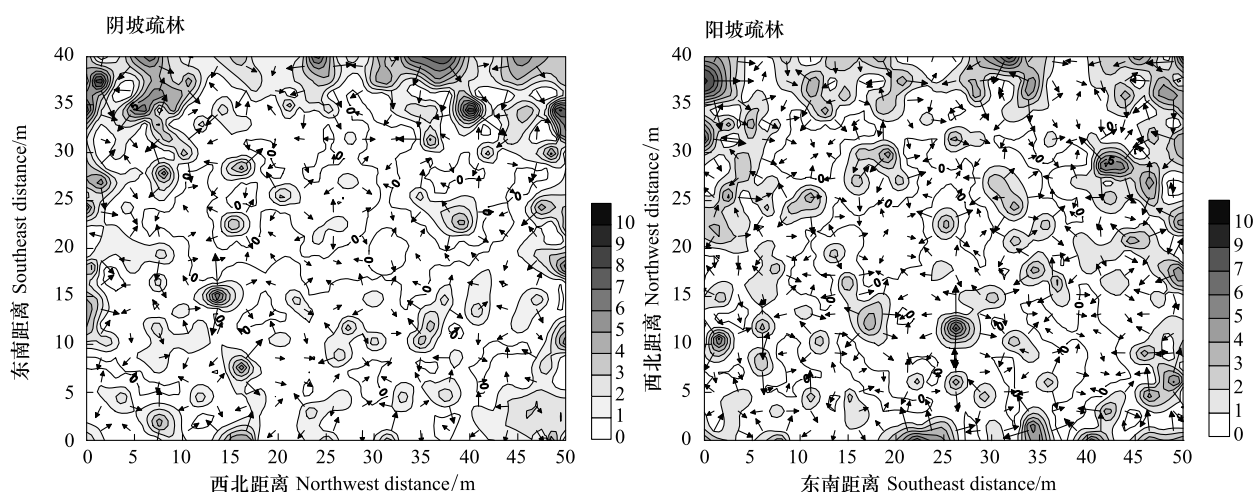
Fig.4 Overlay map of isoline and vector for *T. vishnou gigantina* pupae in the dense forest

图5 疏林中栎黄枯叶蛾蛹等值线与矢量叠加图

Fig.5 Overlay map of isoline and vector for *T. vishnou gigantina* pupae in the open forest

障种群繁衍意义重大。调查期间多次出现下雨降温等天气,而不良的气候条件在一定程度上会影响幼虫的种群密度和化蛹率^[19-20],进而影响了蛹的空间分布情况。关于气候因子对栎黄枯叶蛾化蛹动态及空间分布的影响程度还有待进一步探讨。

3.2 蛹的朝向及垂直分布

蛹的朝向可能取决于以下几点:(1)幼虫化蛹时的喜阳程度;(2)树木不同方向所受光照强度的差异;(3)树木自身枝条的长势情况。由于本试验选择的4块样地在林龄、造林管理、受害程度等方面情况基本一致,因此可判断出栎黄枯叶蛾化蛹有喜阳的特点。

蛹在沙棘树上的垂直分布情况主要取决于老熟幼虫栖息时所处的位置以及化蛹时对光照、干湿度的要求。沙棘树梢阳光直射强烈,而树干基部由于上部枝桠交错等影响,光照少、空气流动性较差。野外观察发现:在距离基部30.0—75.0 cm范围内,阳光照射强度适中,通风性良好。由此可推测出栎黄枯叶蛾幼虫喜欢在阳光较为充足且干燥处化蛹。

3.3 边缘效应

栎黄枯叶蛾蛹在沙棘林中分布存在边缘效应。边缘效应主要是林缘和林内的生境条件如温度、湿度、气流、光照度等存在差异产生的^[21-22]。林缘附近的树木生长空间相对宽裕,树枝交错重叠程度较少,因而空气

流动性和干燥性较好,能够满足栎黄枯叶蛾化蛹的习性。此外,雌蛾在林缘处释放的性信息素也能通过气流被更广泛地扩散,从而吸引更多的雄虫^[23];完成交配后雌虫即在附近产卵,使得种群密度增加。反之,林内则不仅枝叶繁密,不易于幼虫的扩散迁移^[24-25],且光照少、湿度大较难满足幼虫化蛹对温度及干燥度的需求;空气通透性差,雄虫接收性信息素能力弱,使得林间羽化的成虫交配产卵率低,最终影响了种群在林内的丰富度和密度^[26-27]。丁岩钦发现昆虫虫口密度是影响空间分布的主要原因^[28],幼虫的分布特性又极大程度决定了蛹的空间分布情况,因此,栎黄枯叶蛾蛹在空间分布中出现了边缘效应。

3.4 空间格局的研究方法

空间分布的研究有助于揭示种群动态结构、提高抽样技术和制定虫害防治策略。考虑到环境条件对它的重要影响,很多学者针对群落类型、受害程度等样地条件进行了一定程度的研究^[29-32]。本试验首次结合了样地的坡向和稀疏度两方面因素,利用地统计学的方法对栎黄枯叶蛾蛹在沙棘上的空间分布进行了分析处理,研究发现林分的疏密程度对蛹在聚集上有较大影响,而与坡向无关,这同样符合了栎黄枯叶蛾化蛹喜干的生物学特性。

目前,地统计学在昆虫生态学领域被广泛应用在定量区域化变量的空间相关性、空间插值或估值以及分析种群的时空规律性上^[33]。由于地统计学在处理空间分布时只涉及静态现象,如何把时间动态因素融入空间变异研究中,组建预测昆虫种群数量动态的时空模型是当前研究的瓶颈。与此同时,针对昆虫的世代重叠、局部世代、休眠和滞育等复杂的生物学特性对种群空间分布产生的影响,以及异质空间中昆虫更换寄主植物引起的时空动态变化也将成为未来探讨的重点^[34]。为更好地模拟分析不同尺度和生境下昆虫种群的空间分布,地统计学还可结合地理信息系统、遥感监测系统、全球定位系统等多种现代信息技术,为预测评估害虫发生、提高管理决策水平提供全方位的技术支持^[35]。

由于调查年限较短,应用地统计学方法对栎黄枯叶蛾其他虫态及其在时间上的依赖性与连续性、与天敌的动态关系等研究有待今后进一步完成。

3.5 防治建议

当前对栎黄枯叶蛾这种食叶害虫主要采用化学防治方法,鉴于沙棘是果叶兼用的生态经济型树种,喷施药剂时需考虑残留问题。建议根据栎黄枯叶蛾蛹的空间分布特性,集中在朝阳面的沙棘林缘处、在距离沙棘树基部 30.00—75.00 cm 范围内,进行人工摘蛹来控制下一代虫口数量。

致谢:感谢山西农业大学王世飞老师和北京林业大学林学 2009 级齐虎同学在外业调查中的帮助。

References:

- [1] Ding Y Q. Mathematical Ecology of Insects. Beijing: Science Press, 1994: 22-69.
- [2] Zheng H Y, Xia R B. Forest Insect Ecology. Beijing: China Forestry Publishing House, 1993: 120-167.
- [3] Grego C R, Vieira S R, Lourencão A L. Spatial distribution of *Pseudaletia sequax* Franclemont in triticale under no-till management. Scientia Agricola, 2006, 63(4): 321-327.
- [4] Decante D, VanHelden M. Spatial and temporal distribution of *Empoasca vitis* within a vineyard. Agricultural and Forest Entomology, 2008, 10(2): 111-118.
- [5] Karimzadeh R, Hejazi M J, Helali H, Iranipour S, Mohammadi S A. Analysis of the spatio-temporal distribution of *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) by using spatial analysis by distance indices and geostatistics. Environmental Entomology, 2011, 40(5): 1253-1265.
- [6] Zhang R D. Spatial Variability Theory and Application. Beijing: Science Press, 2005: 13-13.
- [7] Liu Y J, Wu C S. Chinese Journal of Animal. Beijing: Science Press, 2006: 338-339.
- [8] Wu Z K. Regionalization of *Hippophae rhamnoides* L. plantations in Wuqi County. The Global Seabuckthorn Research and Development, 2006, 4(3): 12-14.
- [9] Ren Z F. Preliminary records of *Trabala vishnou* Lefebure in Shanxi. Journal of Xibei Agricultural College, 1957, (2): 103-108.
- [10] Tong C S. A preliminary study on *Trabala vishnou gigantina* Yang of life habit and control. Chinese Bulletin of Entomology, 1966, (2): 96-97.
- [11] Zhou Z J, Yang W, Yang C P. The investigation in egg parasitoids of *Trabala vishnou gigantina* Yang. Sichuan Forestry Science and Technology, 1992, 13(2): 49-52.

- [12] Wang J Y. The prevention and control of *Trabala vishnou gigantina* Yang. Forestry of China, 2007, (19): 52-52.
- [13] Fang X J. Allocation models of *Hippophae rhamnoides* L. stands in Wuqi County. The Global Seabuckthorn Research and Development, 2006, 4(3): 40-44.
- [14] García F J M. Analysis of the spatio-temporal distribution of *Helicoverpa armigera* Hb. in a tomato field using a stochastic approach. Biosystems Engineering, 2006, 93(3): 253-259.
- [15] Shi G S, Li D M. Entomological Research Progress. Beijing: China Forestry Publishing House, 1997: 170-170.
- [16] Chen Q, Wu W J, Zhang Z F, Liang G W. Geostatistic analysis of spatial pattern of *Fruhstorferiola tonkinensis* Will (Orthoptera: Catantopidae) nymphs. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18(2): 467-470.
- [17] Pang J, Wang T, Zong S X, Wen J B, Luo Y Q. Geostatistical analysis and sampling technique on spatial distribution pattern of *Dendroctonus valens* population. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(1): 195-202.
- [18] Zong S X, Luo Y Q, Xu Z C, Wang T, Heliövaara K. Spatial distribution regularities of *Holcocerus Hippophaecolus* pupae. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(10): 3232-3237.
- [19] Qu X W. Occurrence Dynamics and Management Technology Based on Chemical Ecology of *Cydia Pomonella* (L.) in Fruit Orchards [D]. Shandong: Shandong Agricultural University, 2009.
- [20] 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. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(15): 4196-4205.
- [21] Murcia C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. Trends in Ecology and Evolution, 1995, 10(2): 58-62.
- [22] Liu H. Studies on the Diversities and Edge Effect of Orthopteran in Ecologically Restored Area of Wuqi, Shanxi [D]. Shaanxi: Shanxi Normal University, 2007.
- [23] Li Y L, Han F S, Zhang J T. Review on insect sex pheromone. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2010, 38(6): 51-54.
- [24] Wang Y, Wang G, Du Y Q, Chen Q M, Gu Y F. Influence of edge effects on arthropods communities in agroforestry ecological systems. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(20): 6186-6193.
- [25] Tian C, Yang X B, Liu Y. Edge effect and its impacts on forest ecosystem: a review. Chinese Journal of Applied Ecology, 2011, 22(8): 2184-2192.
- [26] Ifoulis A A, Savopoulou-Soultani M. Use of geostatistical analysis to characterize the spatial distribution of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) Larvae in Northern Greece. Environment Entomology, 2006, 35(2): 497-506.
- [27] Zhou Y F, Zhou G M. Summary of research on edge effect of patch. East China Forest Management, 2007, 21(2): 1-8.
- [28] Ding Y Q, Li D M, Chen Y P. Studies on the sampling method of nymphal stage of the *Oriental migratory Locust* (*Locusta migratoria* Manilensis). Acta Phytophylacica Sinica, 1980, 7(2): 101-112.
- [29] Shi G S, Li D M. Spatial distribution of massonpine caterpillar pupae and its parasitic natural enemy guilds for the overwintering generation in the different pine forests. Acta Ecologica Sinica, 1997, 17(4): 386-392.
- [30] Zong S X. Studies on the Bio-ecological Characteristics of Seabuckthorn Carpenter Moth; *Holcocerus hippophaecolus* (Lepidoptera: Cossidae) [D]. Beijing: Beijing Forest University, 2006.
- [31] Guo H X, Wang S Q, Xu X Q, Zhou S R. Study on site cocoons and effect of density of pine stand (*Pinus yunnanensis*) on spatial pattern of *Neodiprion xiangyunicus* cocoons. Journal of Southwest Agricultural University, 1989, 11(5): 462-467.
- [32] Pan J. Invasive Characteristics, Spatial Distribution and Sampling Technique of *Dendroctonus valens* Population. Beijing: Beijing Forest University, 2011.
- [33] Wang Z J, Li M D, Shang H W, Cheng J A. Theories and methods of geostatistics and its application in insect ecology. Entomological knowledge, 2002, 39(6): 405-411.
- [34] Li Z, Ji R, Xie B Y, Li M D. Review on the insect spatial ecology. Entomological Knowledge, 2004, 40(1): 1-6.
- [35] Hao L W. Applications of Geographic information system (GIS) and geostatistics (GS) in the insect ecology. Agricultural Engineering, 2011, 1(3): 96-99.

参考文献:

- [1] 丁岩钦. 昆虫数学生态学. 北京: 科学出版社, 1994: 22-69.
- [2] 郑汉业, 夏乃斌. 森林昆虫生态学. 北京: 中国林业出版社, 1993: 120-167.
- [6] 张仁铎. 空间变异理论及应用. 北京: 科学出版社, 2005: 13-13.
- [7] 刘友樵, 武春生. 中国动物志. 北京: 科学出版社, 2006: 338-339.
- [8] 吴宗凯. 吴起县沙棘种植区划. 国际沙棘研究与开发, 2006, 4(3): 12-14.

- [9] 任作佛. 陕西栎黄枯叶蛾 (*Trabala vishnou* Lefebure) 之初步记述. 西北农学院学报, 1957, (2): 103-108.
- [10] 同长寿. 栎黄枯叶蛾的生活习性与防治初步研究. 昆虫知识, 1966, (2): 96-97.
- [11] 周祖基, 杨伟, 杨春平. 栎黄枯叶蛾卵寄生蜂的调查. 四川林业科技, 1992, 13(2): 49-52.
- [12] 王金玉. 沙棘栎黄枯叶蛾的防治. 中国林业, 2007, (19): 52-52.
- [13] 方向军. 吴起县沙棘林分配置模式. 国际沙棘研究与开发, 2006, 4(3): 40-44.
- [15] 石根生, 李典谟. 昆虫学研究进展. 北京: 中国林业出版社, 1997: 170-170.
- [16] 陈强, 吴伟坚, 张振飞, 梁广文. 越北腹露露若虫空间格局的地统计学分析. 应用生态学报, 2007, 18(2): 467-470.
- [17] 潘杰, 王涛, 宗世祥, 温俊宝, 骆有庆. 红脂大小蠹种群空间格局地统计学分析及抽样技术. 生态学报, 2011, 31(1): 195-202.
- [18] 宗世祥, 骆有庆, 许志春, 王涛, Heliövaara K. 沙棘木蠹蛾蛹的空间分布. 生态学报, 2006, 26(10): 3232-3237.
- [19] 翟小伟. 苹果蠹蛾发生规律和化学生态调控技术 [D]. 山东: 山东农业大学, 2009.
- [20] 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.
- [22] 刘慧. 陕西吴起生态恢复区直翅目昆虫多样性及其边缘效应的研究 [D]. 陕西: 陕西师范大学, 2007.
- [23] 李咏玲, 韩福生, 张金桐. 昆虫性信息素研究综述. 山西农业科学, 2010, 38(6): 51-54.
- [24] 汪洋, 王刚, 杜瑛琪, 陈绮铭, 谷艳芳. 农林复合生态系统防护林斑块边缘效应对节肢动物的影响. 生态学报, 2011, 31(20): 6186-6193.
- [25] 田超, 杨新兵, 刘阳. 边缘效应及其对森林生态系统影响的研究进展. 应用生态学报, 2011, 22(8): 2184-2192.
- [27] 周宇峰, 周国模. 斑块边缘效应的研究综述. 华东森林经理, 2007, 21(2): 1-8.
- [28] 丁岩钦, 李典谟, 陈玉平. 东亚飞蝗蝗蛹抽样的研究. 植物保护学报, 1980, 7(2): 101-112.
- [29] 石根生, 李典谟. 不同松林马尾松毛虫蛹及其寄生天敌群子的空间格局分析. 生态学报, 1997, 17(4): 386-392.
- [30] 宗世祥. 沙棘木蠹蛾生物生态学特性的研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2006.
- [31] 郭亨孝, 王树全, 徐学勤, 周述荣. 祥云新松叶蜂茧分布规律及林分疏密度对结茧空间格局的影响. 西南农业大学学报, 1989, 11(5): 462-467.
- [32] 潘杰. 红脂大小蠹危害特性、种群空间格局及抽样技术研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2011.
- [33] 王正军, 李典谟, 商哈武, 程家安. 地质统计学理论与方法及其在昆虫生态学中的应用. 昆虫知识, 2002, 39(6): 405-411.
- [34] 李哲, 季荣, 谢宝瑜, 李典谟. 论昆虫空间生态学研究. 昆虫知识, 2004, 40(1): 1-6.
- [35] 郝立武. 地理信息系统和地质统计学在昆虫生态学中的应用. 农业工程, 2011, 1(3): 96-99.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 20 October, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Characteristics of nitrous oxide (N ₂ O) emission from a headstream in the upper Taihu Lake Basin	YUAN Shufang, WANG Weidong (6279)
Nutrient dynamics of the litters during standing and sediment surface decay in the Min River estuarine marsh	ZENG Congsheng, ZHANG Linhai, WANG Tian'e, et al (6289)
Diversity and distribution of endophytic bacteria isolated from <i>Caragana microphylla</i> grown in desert grassland in Ningxia	DAI Jinxia, WANG Yujiong (6300)
Spatial distribution of <i>Trabala vishnou gigantina</i> Yang pupae in Shaanxi Province, China	ZHANG Yiqiao, ZONG Shixiang, LIU Yonghua, et al (6308)
Effects of drought stress on <i>Cyclobalanopsis glauca</i> seedlings under simulating karst environment condition	ZHANG Zhongfeng, YOU Yeming, HUANG Yuqing, et al (6318)
Ecosystem diversity in Jinggangshan area, China	CHEN Baoming, LIN Zhengguang, LI Zhen, et al (6326)
Niche dynamics during restoration process for the dominant tree species in montane mixed evergreen and deciduous broadleaved forests at Mulinzi of southwest Hubei	TANG Jingming, AI Xuenru, YI Yongmei, et al (6334)
Effects of different day/night warming on the photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of <i>Sinocalycanthus chinensis</i> seedlings	XU Xingli, JIN Zexin, HE Weiming, et al (6343)
The effect of simulated chronic high wind on the phenotype of <i>Salsola arbuscula</i>	NAN Jiang, ZHAO Xiaoying, YU Baofeng (6354)
Responses of N and P stoichiometry on mulching management in the stand of <i>Phyllostachys praecox</i>	GUO Ziwu, CHEN Shuanglin, YANG Qingping, et al (6361)
Tree-ring-based reconstruction of the temperature variations in February and March since 1890 AD in southern Jiangxi Province, China	CAO Shoujin, CAO Fuxiang, XIANG Wenhua (6369)
Diel variations and seasonal dynamics of soil respirations in subalpine meadow in western Sichuan Province, China	HU Zongda, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (6376)
Effects of fire disturbance on litter mass and soil carbon storage of <i>Betula platyphylla</i> and <i>Larix gmelinii</i> - <i>Carex schmidtii</i> swamps in the Xiaoxing'an Mountains of Northeast China	ZHOU Wenchang, MU Changcheng, LIU Xia, et al (6387)
Variance analysis of soil carbon sequestration under three typical forest lands converted from farmland in a Loess Hilly Area	TONG Xiaogang, HAN Xinhui, WU Faqi, et al (6396)
Soil-property and plant diversity of highway rocky slopes	PAN Shulin, GU Bin, LI Jiaxiang (6404)
Effects of slope position on soil microbial biomass of <i>Quercus liaotungensis</i> forest in Dongling Mountain	ZHANG Di, ZHANG Yuxin, QU Laiye, et al (6412)
Responses of water quality to landscape pattern in Taihu watershed: case study of 3 typical streams in Yixing	WANG Ying, ZHANG Jianfeng, CHEN Guangcai, et al (6422)
Study on the fairness of resource-environment system of Jiangxi Province based on different methods of Gini coefficient	HUANG Heping (6431)
Simulation of the spatial pattern of land use change in China: the case of planned development scenario	SUN Xiaofang, YUE Tianxiang, FAN Zemeng (6440)
Arable land change dynamics and their driving forces for the major countries of the world	ZHAO Wenwu (6452)
Denitrification characteristics of an aerobic denitrifying bacterium <i>Deffluibacter lusatiensis</i> str. DN7 using different sources of nitrogen	XIAO Jibo, JIANG Huixia, CHU Shuyi (6463)
Study on sustainable development in nanjing based on ecological footprint model	ZHOU Jing, GUAN Weihua (6471)
Applying input-output analysis method for calculation of water footprint and virtual water trade in Gansu Province	CAI Zhenhua, SHEN Laixin, LIU Junguo, et al (6481)
Correlation analysis of spatial variability of Soil available nitrogen and household nitrogen inputs at Pujiang County	FANG Bin, WU Jinfeng, NI Shaoxiang (6489)
Characteristics of the fish assemblages in the intertidal salt marsh zone and adjacent mudflat in the Yangtze Estuary	TONG Chunfu (6501)
A comparison study on the secondary production of macrobenthos in different wetland habitats in Shenzhen Bay	ZHOU Fufang, SHI Xiuhua, QIU Guoyu, et al (6511)
Regurgitant from <i>Orgyia ericae</i> Germar induces calcium influx and accumulation of hydrogen peroxide in <i>Ammopiptanthus mongolicus</i> (Maxim. ex Kom.) Cheng f. cells	GAO Haibo, ZHANG Shujing, SHEN Yingbai (6520)
Behavior characteristics and habitat adaptabilities of the endangered butterfly <i>Teinopalpus aureus</i> in Mount Dayao	ZENG Juping, ZHOU Shanyi, DING Jian, et al (6527)
Community structure and dynamics of fig wasps in syconia of <i>Ficus microcarpa</i> Linn. f. in Fuzhou	WU Wenshan, ZHANG Yanjie, LI Fengyu, et al (6535)
Review and Monograph	
Review and trend of eco-compensation mechanism on river basin	ZHANG Zhiqiang, CHENG Li, SHANG Haiyang, et al (6543)
Definition and research progress of sustainable consumption: from industrial ecology view	LIU Jingru, LIU Ruiquan, YAO Liang (6553)
The estimation and application of the water footprint in industrial processes	JIA Jia, YAN Yan, WANG Chenxing, et al (6558)
Research progress in ecological risk assessment of mining area	PAN Yajing, WANG Yanglin, PENG Jian, et al (6566)
Scientific Note	
Litter amount and its dynamic change of four typical plant community under the fenced condition in desert steppe	LI Xuebin, CHEN Lin, ZHANG Shuoxin, et al (6575)
Effects of planting densities and modes on activities of some enzymes and yield in summer maize	LI Hongqi, LIN Haiming, LIANG Shurong, et al (6584)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,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,300 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

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 20 期 (2012 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 20 (October, 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