

春尺蠖种群空间格局的地质统计学分析*

余昊¹, 王登元², 王运兵¹, 吕文彦¹

(1. 河南科技学院植保系, 河南 新乡 453003; 2. 新疆农业大学农学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 春尺蠖是我国中西部地区严重的森林果树害虫,其空间格局的理论研究是种群控制的重要基础。应用地质统计学的半方差函数分析了春尺蠖成虫、卵块和一龄幼虫的空间结构。结果为:春尺蠖成虫、卵块和一龄幼虫种群均为聚集分布,空间相关范围分别是:49 m,18 m,14 m,它们的聚集强度也有区别,而且存在各向异性。最后采用普通克里格方法空间插值模拟了春尺蠖成虫、卵块和一龄幼虫种群分布状况,取得了较好效果。

关键词: 春尺蠖; 空间格局; 地质统计学; 模拟

中图分类号: Q 968.1 文献标识码: A 文章编号: 1004-390X(2006)03-0303-03

Geostatistic Analysis of Spatial Pattern of *Apocheima cineraius* Erschoff

YU Hao¹, WANG Deng-yuan², WANG Yun-bing¹, LU Wen-yan¹

(1. Department of Plant Protection, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China;
2. College of Agronomy, Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: *Apocheima cineraius* Erschoff is serious pest in forest and fruit orchard in Midwest of China. Spatial pattern theoretics of *Apocheima cineraius* Erschoff population is important foundation of population control. The *Apocheima cineraius* Erschoff adults and egg masses and 1st larvae population spatial structure were analyzed with semivariogram method of geostatistics, the results as follows: The *Apocheima cineraius* Erschoff adults and egg masses and 1st larvae population are all aggregated distribution, and the range is 49 m, 18 m and 14 m, but they have different aggregating intensity and anisotropy. The simulation distribution maps of *Apocheima cineraius* Erschoff adults and egg masses and 1st larvae population which was interpolated by Ordinary Kriging, showed good effect.

Key words: *Apocheima cineraius* Erschoff; spatial pattern; geostatistics; simulation

春尺蠖(*Apocheima cineraius* Erschoff),属鳞翅目(Lepidoptera)尺蛾科(Geometridae)。国外分布于中亚细亚地区,国内发生于新疆、宁夏、甘肃、内蒙古、山西、河南、山东等省份,分布相当广泛。危害苹果、沙果、梨树、核桃、桑树、榆树、沙枣、胡杨、杨等树木,靠近果树附近的小麦、玉米、苜蓿、葡萄的叶片也被取食,近几年爆发成灾。此文详细研究春尺蠖种群空间格局,为进一步制定综合防治方法奠定基础^[1]。

地质统计学以区域化变量理论为基础,以半方

差函数为主要工具,研究那些在空间分布上既有随机性又有结构性的自然现象。它能最大限度地利用野外调查所提供的各种信息,揭示周期性和非周期性生态参数本质。它估计出的量比经典方法更为精确,可有效的避免系统误差。地质统计学用于昆虫种群空间格局的研究,不仅能判断种群的空间分布状态,还可以提供有关聚集程度、聚集范围和聚集方向性等更详细的信息^[2-6]。本文运用地质统计学方法研究春尺蠖的空间结构,模拟了种群的空间分布,提供了该虫在林间的空间信息,为制定

收稿日期: 2005-08-24

* 基金项目: 河南省重点科技攻关项目资助(0123014300)

作者简介: 余昊(1978-),男,河南信阳人,讲师,硕士,主要从事昆虫生态学研究。

综合防治方法奠定了基础。

1 材料与方 法

1.1 试验地点和调查方法

以新疆和田地区的皮山县杨树林地和沙枣林地 为研究区,杨树样区面积 55 m × 75 m,树龄 7 ~ 9 年,树高 6 ~ 11 m,在成虫和卵期进行调查,以单株 为单位,记录每株成虫数量、卵块数量和该树在样 区中的位置。沙枣林地面积 60 m × 100 m,树龄 6 ~ 10 年,树高 1 ~ 2.5 m,在一龄幼虫期调查,每株 树各取东南西北中方向上 30 cm 枝条 1 支,记录平 均幼虫量,同时记录该树在网格中的位置。

1.2 数据分析方法

空间格局分析采用地统计学中的半方差函数。 半方差函数是地质统计学的核心参数,它通过测定 区域化变量分隔等距离的样点间的差异来研究变 量的空间相关性和空间结构,样本半方差函数只可 由下式计算:

$$r(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

式中, $N(h)$ 为被 h 分割的数据对 $(x_i, x_i + h)$ 的总数, $z(x_i)$ 和 $z(x_i + h)$ 分别为在点 x_i 和 $x_i + h$ 处样本的测量值, h 为样点间距离。

拟合变异函数曲线可采用不同模型,根据试验 数据分析,采用球状模型对区域变量的半方差函数 进行最优拟合,球状模型公式如下:

$$r(h) = c_0 + c \left[3/2 \frac{h}{a} - 1/2 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right]$$

表 1 春尺蠖成虫、卵块、一龄幼虫半方差函数模型参数及分布型

Tab. 1 Model of semivariogram, parameters for the *Apocheima cinerarius* Erschoff, adult, egg masses and 1st larvae in the spatial pattern

虫态 stage	模型 model	块金值 c_0 nugget	基台值 c sill	变程 a range	拱高 C_1	聚集程度/% C_1/c	分布型 pattern
成虫 adult	球形 spherical	15.125	23.796 3	48.994	8.668 6	63.560	聚集 aggregation
卵块 egg masses	球形 spherical	4.300 4	5.798 3	18.237	1.497 9	74.167	聚集 aggregation
一龄幼虫 1st larvae	球形 spherical	0.785 79	1.545 42	14.427	0.759 63	50.846	聚集 aggregation

2.2 空间结构及全方位半方差函数分析

2.2.1 成虫空间结构及半方差函数模型

成虫的空间格局半方差函数模型曲线如图 1, 模型参数如表 1,表明样点间的空间依赖性距离可

$$0 < h \leq a \quad (3)$$

式中, C_0 为块金系数,其大小可反映变量的随 机程度; C 为基台值,其大小可反映变量变化幅 度的大小; $(C - C_0)$ 为拱高; $(C - C_0) / C$ 的值表示 变量的聚集程度,即在研究范围内由种群的空间自 相关引起的变异在总变异中所占的比率,而 C_0/C 的值表示变量的随机程度,即在总变异中随机性变 异所占的比率; a 为变程,表示以 a (变程) 为半径 的邻域内的任何其它 $z(x + h)$ 间存在空间相关性, 或者说 $z(x)$ 与 $z(x + h)$ 相互有影响^[7~10]。

当获得了某个变量的变变异函数的模拟模型 后,使用普通克里格法对整个样区进行空间插值模 拟,生成模拟图。春尺蠖成虫、卵块、一龄幼虫的 空间格局的半方差函数分析以及克里格插值模拟在 地理信息系统软件 arcgis 8.1 的扩展模块 geostatistics 中完成。

2 结果与分析

2.1 春尺蠖空间格局的半方差函数总体分析

根据试验调查数据,分析结果如表 1。表明春 尺蠖成虫、卵块、一龄幼虫的半方差函数均为可用 球状模型进行拟合,表现为聚集型的空间格局,但 空间相关范围和大小、空间变异成分等有差异。由 大到小聚集强度依次为成虫、卵块和一龄幼虫;空 间相关距离由大到小依次是成虫、卵块、一龄幼虫, 成虫的相关范围约为 49 m,卵块为 18 m,一龄幼虫 约为 14 m。

达 48.994 m,超过该距离样点间不存在相关性,总变 异中约有 63.56% 的变异由空间依赖性产生。采用 球形模型拟合,理论拟合模型为: $\gamma(h) = 15.125 + 8.668 6 [1.5(h/48.994) - 0.5(h/48.994)^3]$ 。

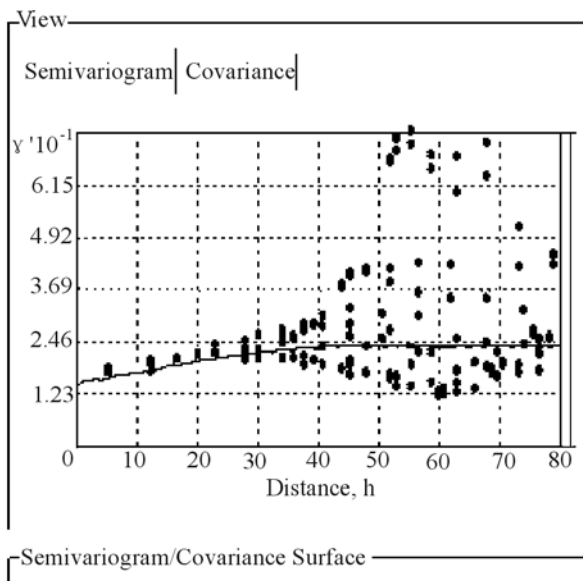


图1 春尺蠖成虫半方差函数曲线图
Fig. 1 Semivariogram of *Apocheima cinerarius* Erschoff adult

2.2.2 卵块的空间结构及半方差函数模型

卵块数量显示的空间结构与成虫类似,如图2。半方差函数模型参数如表1,表明样点间的空间依赖性距离可达18.237 m,空间总变异中有约74.167%变异由空间依赖性产生,随机性变异成分只占25.833%。采用球状模型拟合,理论拟合模型为: $\gamma(h) = 4.3004 + 1.4979 [1.5h/18.237] - 0.5(h/18.237)^3$ 。

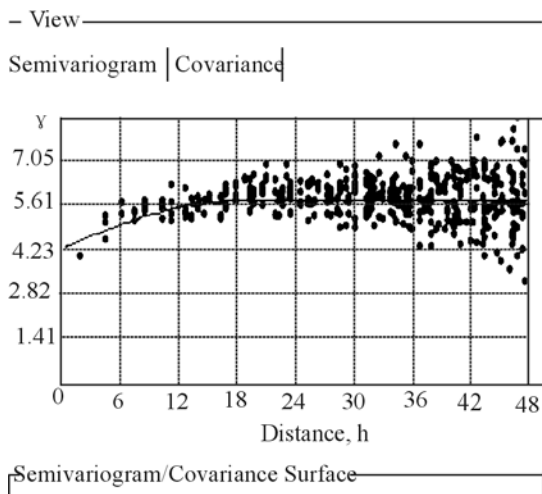


图2 春尺蠖卵块半方差函数曲线
Fig. 2 Semivariogram of *Apocheima cinerarius* Erschoff egg mass

2.2.3 一龄幼虫空间结构及半方差函数模型

一龄幼虫半方差函数模型参数如表1,表明样点

间的空间依赖性距离可达14.427 m,在空间总变异中约有50.846%的变异是由空间依赖性产生。其空间结构可由图3和表1定量的描绘。用球形模型拟合半方差函数曲线,理论拟合模型为: $\gamma(h) = 0.78579 + 0.75963 [1.5(h/14.427) - 0.5(h/14.427)^3]$ 。

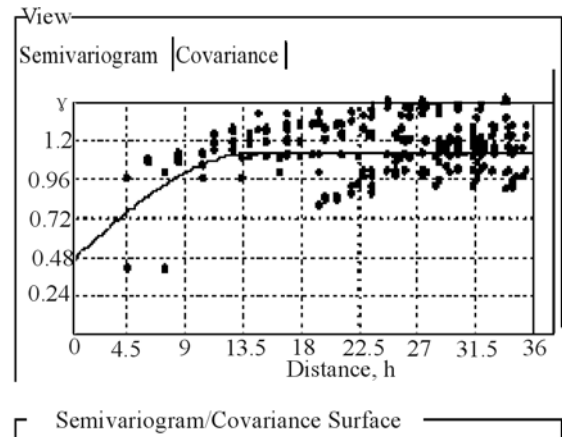


图3 春尺蠖一龄幼虫半方差函数曲线图
Fig. 3 Semivariogram of *Apocheima cinerarius* Erschoff 1st larvae

2.2.4 各向异性半方差函数

区域化变量在各个方向上的半方差函数图显示不同,变量就存在各向异性。某个方向上的变程越长,则该方向上有较强的空间连续性(几何性的各向异性);各方向上基台值的不同,反映空间变异的大小随方向的不同而发生变化(带状性的各向异性)。为揭示春尺蠖成虫、卵块和一龄幼虫空间分布的各向异性,计算了0°,45°,90°,135°这4个方向上的半方差函数,结果表明成虫在4个方向的半方差函数均为球形,成虫基台值约为24,块金值为15,但变程(即空间依赖范围)却不同,在4个方向上的变程分别为69,63,45和46 m,空间变异属几何性的各向异性,它在0°,45°方向上有较强的连续性,大于其它两个方向。对卵块,在4个方向上的半方差函数均为球形,0°~90°方向上基台值为6.8,块金值为3.59,45°~135°方向上基台值为5.85,块金值为4.33,说明它们在各方向上的半方差函数曲线有差异,表现出不一致的行为。0°,45°,90°,135°这4个方向上的变程依次为:9.5827,20.904,19.982,18.193。对一龄幼虫,各方向上基台值均约为1.1,在0°~90°方向上块金值为0.8,45°~135°方向上块金系数为0.446,在0°,45°,90°,135°这4个方向上的变程依次为:35.56,14.49,19.308,14.372。说明在各个方向上也存在差异。

表 2 春尺蠖不同方向上的变异函数参数

Tab. 2 Parameters of variograms for *Apocheima cinerarius* Erschoff in different direction

虫态 Stage	成虫 adults				卵块 egg mass				一龄幼虫 1st larvae			
方向	0°	45°	90°	135°	0°	45°	90°	135°	0°	45°	90°	135°
模型 model	球形 spherical	球形 spherical	球形 spherical	球形 spherical	球形 spherical	球形 spherical	球形 spherical	球形 spherical	球形 spherical	球形 spherical	球形 spherical	球形 spherical
基台值 sill	24.465 1	24.075 1	24.465 1	24.075 3	6.818 6	5.854 6	6.818 6	5.854 6	1.149 14	1.127 61	1.149 14	1.127 61
块金值 C_0 nugget	14.99	15.404	14.99	15.404	3.588 3	4.326 8	3.588 1	4.326 8	0.800 02	0.445 64	0.800 02	0.445 64
变程 a range	69.144	62.655	45.219	46.418	9.582 7	20.904	19.982	18.193	35.56	14.496	19.308	14.372
聚集程度 (sill - C_0)/sill	0.387 3	0.360 2	0.387 3	0.360 2	0.4737	0.261 0	0.473 7	0.261 0	0.303 8	0.604 8	0.303 8	0.604 8

2.3 种群密度及格局的空间模拟

应用普通克里格方法,对成虫、卵和一龄幼虫在样区空间上的成虫密度进行插值分析,获得了密度等值线图,从而模拟了种群的空间分布。从图 4,图 5,图 6 可以看出样地各处的密度因空间位置和方向不同而有差异,因此分析空间格局时要考虑空间位置和方向。克里格是一种最优的无偏的线性估值方法,对预测和估计种群某点数量是很有用的。

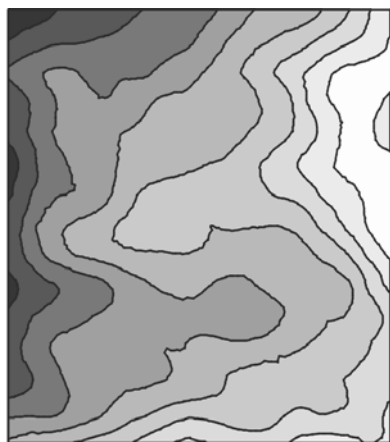


图 4 成虫空间格局模拟图

Fig. 4 The map of kriging for adults density

3 讨论

本文采用地质统计学方法对春尺蠖种群空间格局的分析结果与聚集指数方法分析结果一致^[1],均为聚集分布。但地质统计学方法提供了春尺蠖种群空间结构更丰富的信息,如聚集范围、聚集强度、各向异性等,空间插值模拟更直观可靠。

地质统计学的半方差函数和克里格空间差值是基于区域化变量的线性最优无偏估计,但生物所

处的环境是复杂的,两点间的关系往往是一种复杂的非线性关系,对此也值得改进。

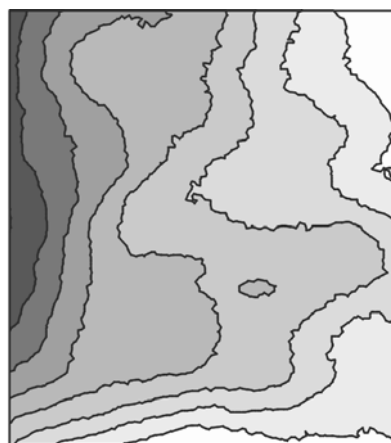


图 5 卵块空间格局模拟图

Fig. 5 The map of kriging for egg mass density

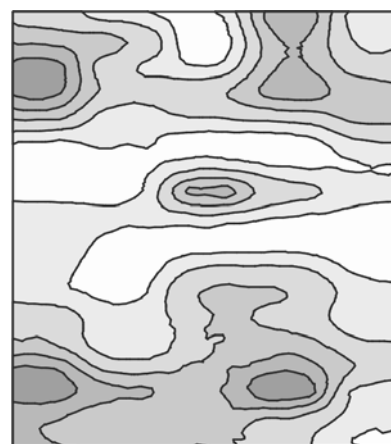


图 6 一龄幼虫空间格局模拟图

Fig. 6 The map of kriging for larvae density

(下转第 319 页)

- 业大学学报,1995,16(2):80-85.
- [4] 秦厚国,叶正襄,敖秋春. 10种杀虫剂对斜纹夜蛾的防效比较[J]. 植物保护,2002,28(5):49-51.
- [5] 吴世昌,顾言真,王冬生. 斜纹夜蛾的抗药性及其防治[J]. 上海农业学报,1995,11(2):39-43.
- [6] 莫美华,黄彰欣. 鱼藤酮及其混剂对蔬菜害虫的毒效研究[J]. 华南农业大学学报,1994,15(4):58-62.
- [7] 茹李军,魏岑. 农药混剂对害虫抗药性发展影响的探讨[J]. 中国农业科学,1997,30(2):65-69.
- [8] 陈立,徐汉虹. 农药复配最佳增效配方筛选方法的探讨[J]. 植物保护学报,2000,27(4):349-354.
- [9] SUN Y P, JOHSON E R. Analysis of action of insecticides against house flies[J]. J Econ Entomol., 1960,53(5):887-981.
- [10] 陈立,徐汉虹,赵善欢. 甘蓝叶碟厚度对昆虫拒食剂拒食活性的影响[J]. 华中农业大学学报,2000,19(1):12-14.
- [11] 陈立,徐汉虹. 唐古特瑞香对菜粉蝶幼虫的拒食和胃毒活性[J]. 天然产物研究与开发,2001,12(6):22-26.

=====

(上接第306页)

[参考文献]

- [1] 余昊,王登元. 春尺蠖种群空间分布型及抽样技术研究[J]. 新疆农业科学,2004,41(5):296-298.
- [2] 石根生,李典漠. 马尾松毛虫空间格局的地学统计学分析[J]. 应用生态学报,1997,8(6):612-616.
- [3] 周国法,徐汝梅. 生物地理统计学[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [4] RICHARD E R, DAVID J M, et al. Geostatistical Tools for Modeling and Interpreting Ecological Spatial Dependence[J]. Ecological Monographs, 1992, 62(2):277-314.
- [5] MICHAEL E H, ANDREW M L, et al. Gestatistical Model for Forecasting Spatial Dynamics of Defoliation Caused by the Gypsy Moth[J]. Environmental Entomology, 1993, 2(5):1066-1075.
- [6] LIEBHOLD A M, ROSSI R E, KEMP W P. Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology[J]. AnnuRev Entomol, 1993, 38:303-327.
- [7] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [8] 王正军,程家安,史舟. 早稻二化螟一代卵块的区域性空间分布格局及动态[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2000, 26(5):465-473.
- [9] 陆永跃,梁广文. 棉铃虫卵空间分布的地理统计学分析[J]. 华中农业大学学报, 2002, 21(1):13-17.
- [10] 周强,张润杰,古德祥. 白背飞虱在稻田内空间结构的分析[J]. 昆虫学报, 2003, 46(2):171-177.