

文章编号: 100F 1498(2002) 05 0593 06

# 鞭角华扁叶蜂滞育幼虫空间格局的生物地理统计学分析及抽样技术的研究

陈绘画, 张建薇, 杨胜利

(浙江省仙居县林业局, 浙江 仙居 317300)

**摘要:** 应用生物地理统计学的原理和方法, 对 2 块危害程度不同的柏木林分中的鞭角华扁叶蜂滞育幼虫的空间格局进行研究, 结果表明: 受中度危害的柏木林分中的鞭角华扁叶蜂滞育幼虫有明显的空间依赖性, 其变程为 15.77 m, 半方差函数模型为指数型; 受重度危害的柏木林分中的鞭角华扁叶蜂滞育幼虫则表现纯粹周期性变化的空间现象, 其周期性为 6.806 2。同时对鞭角华扁叶蜂滞育幼虫种群的空间抽样技术进行了研究。

**关键词:** 鞭角华扁叶蜂; 滞育幼虫; 生物地理统计学; 空间格局; 抽样技术

中图分类号: S718.8

文献标识码: A

空间格局是昆虫种群的重要特征之一。它是由昆虫种群的生物学特性与特定生境条件相互作用协同进化的结果。研究昆虫空间格局有助于了解昆虫的生态特性, 对于虫口数量调查的取样、种群消长趋势和扩散范围的预测预报以及制订害虫防治策略都具有重要的意义。生态学家们利用经典生物统计学和统计生态学提供的手段给出了多种判定昆虫种群空间格局的方法<sup>[1,2]</sup>。这些判定方法的共同点是依赖于样本频次分布或均值与方差关系及其相应的判定准则确定空间分布格局, 仅考虑样本间的数量关系而忽视样本的空间位置, 因而难以解释昆虫种群的空间相关性和依赖性。因此需要一种既考虑样本值又考虑样本空间位置及样本间距离的方法来研究昆虫种群的空间格局。

生物地理统计学和经典生物统计学方法不同。它充分利用样本信息, 能够较好地解决昆虫种群的空间相关性和依赖性问题。本文应用生物地理统计学的原理和方法<sup>[3]</sup>, 对来自不同危害程度的 2 块柏木 (*Cupressus funebris* Endl.) 林分的鞭角华扁叶蜂 (*Chinolyda flagellicornis* (F. Smith)) 滞育幼虫的空间格局进行分析, 并对空间抽样技术进行研究, 为鞭角华扁叶蜂的综合控制提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地概况详见文献[4]。

### 1.2 调查方法

1991 年 8 月在浙江省仙居县萍溪林场田塘林区西坡、南坡选择受中度、重度危害的柏木

收稿日期: 2001-12-10

基金项目: 浙江省仙居县科委“八五”攻关项目“鞭角华扁叶蜂综合防治技术研究”内容之一

作者简介: 陈绘画(1968), 男, 浙江仙居人, 工程师。

林分,在面积均为  $80\text{ m} \times 80\text{ m}$  的调查样地中,中度危害按全面抽样方式调查 1 600 块样方,重度危害按机械抽样方式抽取 100 块样方,样方面积为  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ 。然后清理样方内及其周围杂草,在样方一侧挖一条 35 cm 深的沟,再从沟边开始向样方内仔细深挖,深度 35 cm 以上,记录各样方内鞭角华扁叶蜂滞育幼虫的数量及其位置。

### 1.3 分析方法

以  $Z_i$  和  $Z_{i+h}$  分别表示间隔为  $h$  的两个样本的测量值,则在样本空间内,所有这些间隔为  $h$  的样本对间数值的空间相关性或平均差异性可用半方差函数表示,即:

$$\gamma(h) = \frac{\sum (Z_i - Z_{i+h})^2}{2N(h)} \quad (1)$$

求和  $\Sigma$  是对  $i$  从 1 到  $N(h)$  进行的,  $N(h)$  是相距  $h$  的点对的个数,据文献[5],在计算  $\gamma(h)$  时,  $N(h)$  值不应少于总样本数的一半。

常用的半方差函数模型有线性模型、球状模型、指数模型、双曲平方模型、高斯模型、幂率模型、空穴模型等。本文应用指数模型和空穴模型,指数模型为:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1[1 - \exp(-3h/A_e)] \quad (2)$$

其中  $C_0 \geq 0, C_1 \geq 0, A_e > 0$ 。式中  $C_0$  代表金块常数,相关范围是  $A_e$ ,当  $h \rightarrow +\infty$  时,  $\gamma(h) \rightarrow C_0 + C_1$ ,设  $S = C_0 + C_1$ ,则  $S$  代表基台值。空穴模型为:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1[1 + \cos(h/B_w)] \quad (3)$$

其中  $C_0 \geq 0, C_1 \geq 0, B_w > 0$ 。式中  $B_w$  表示周期性。

## 2 结果与分析

### 2.1 中度受害林分中滞育幼虫的半方差函数和空间格局

2 种受害程度不同的柏木林分中鞭角华扁叶蜂滞育幼虫种群的半方差函数模型和空间分布型结果如表 1。

表 1 2 种受害程度不同的柏木林分中滞育幼虫空间分布的半方差函数模型、参数值

受害程度	模型	$C_0$	$C_1$	基台值	变程或周期性	空间变异/%	决定系数 $R^2$	分布
中度	指数	68 335.32	45 386.78	113 722.1	15.769 45	39.91	0.737 7	聚集型
重度	空穴	93 912.22	32 562.78	126 475.0	6.806 20	25.75	0.875 2	聚集型

应用公式(1)计算中度受害林分中滞育幼虫的半方差,然后运用公式(2)对其进行拟合,得半方差函数模型为:

$$\gamma(h) = 68\,335.32 + 45\,386.78[1 - \exp(-3h/15.769\,45)] \quad (4)$$

表 1 与公式(4)均表明中度受害柏木林分中的鞭角华扁叶蜂滞育幼虫种群具有空间依赖性(见图 1),其空间格局为聚集型分布,这与郑永祥<sup>[6]</sup>等的研究结果相同。半方差函数在 15.77 m 时达到基台值,因此其变程为 15.77 m,亦即在这个距离内,抽样空间上任意两点滞育幼虫的数量间有一定的相关关系。半方差函数中金块常数占基台的比例——空间不连续性强度为 60.09%,这表明在同一样方内,由于空间依赖性而减少的变异占总体方差的 39.91%。金块效应较大可能由 3 方面原因引起<sup>[7,8]</sup>:(1) 调查的误差。因为有的地方滞育幼虫数量很多,并集中分布在树冠垂直投影周围,在挖掘时稍不注意就可能漏过,且在同一样地上分几组同时进行开挖,各组间的认真程度有差距,在处理样方交界处时方法不完全相同;(2) 样方划分的误差。因为样地面积大,各样方间甚至同一样方内表面的坡度相差较大,难以以水平面积

确定各样方的倾斜面积, 存在较大的误差; (3) 样地内有露岩。部分地段林木已被砍伐, 滞育幼虫分布数量相对减少。

## 2.2 重度危害林中滞育幼虫的半方差函数和空间格局

在遭受重度危害的柏木林分中, 滞育幼虫种群显示周期性变化的空间结构(见图 2), 其空间格局的类型为聚集型分布, 半方差函数模型为:

$$\gamma(h) = 93\,912.22 + 32\,562.78[1 - \cos(h/6.8062)] \quad (5)$$

半方差函数中区块常数占基台的比例为 74.25%, 区块效应较大除上述原因外, 还由于在该样地内样方是按机械方式抽取的, 各样方间距离过大(样方间距离为 8 m), 因此丢失了许多有用的信息, 造成半方差函数只能用空穴模型来拟合。

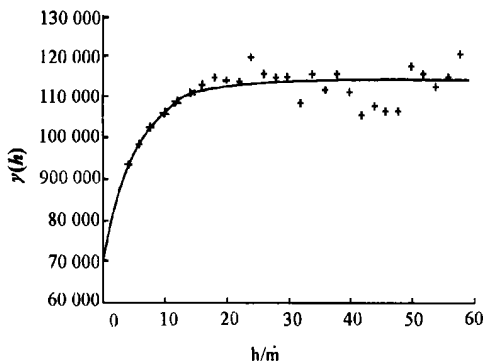


图 1 中度受害柏木林分的滞育幼虫半方差函数曲线模型

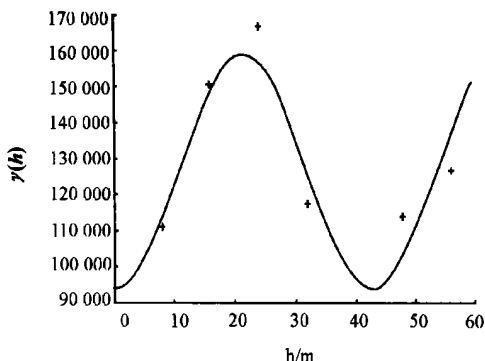


图 2 重度受害柏木林分的滞育幼虫半方差函数曲线模型

## 2.3 空间抽样技术

在传统的生物统计学和种群生态学中, 对抽样数据的分析不考虑样本调查时的空间位置, 仅以所抽取的样本去估计总体的平均值或方差, 因此抽样分析的结果常常是确定某种误差条件下的抽样数。在生物地理统计学中, 抽样结果更多是以所得到的样本数据的半方差函数或相关函数(样本间距离的函数)去估计总体的半方差函数, 因此抽样问题不仅要考虑抽取多少样本, 而且要考虑在多大范围内抽取, 以及在空间的什么地方抽取等问题。

在  $N$  个位置上选取  $n$  个样本, 共有  $C_N^n$  种选择, 每种选择就是一种抽样方案, 这是一个非常巨大的数字, 如在 100 个位置上选 10 个样本有大于  $1.7 \times 10^{13}$  种方法。但随着电子计算机技术的发展, 利用计算机来确定抽样方案就显得非常快捷、方便。现将本文利用计算机确定空间抽样方案步骤简述如下:

- (1) 根据昆虫种群的空间依赖性距离划定抽样范围, 一般抽样范围应略大于变程。
- (2) 根据文献[3]确定适当的抽样数, 正方形网格抽样数一般不大于 64 个。
- (3) 在划定的范围内采用等概重复方式抽取 64 组样本。
- (4) 计算样本的半方差函数并与总体的半方差函数比较。
- (5) 达到精度要求则结束抽样, 输出抽样结果; 否则回到步骤(3)。

表2 中度受害柏林分内任一小样地估计整块样地的最终抽样数、平均误差与平均精度

小样地号	抽样数	平均误差/ %	平均精度/ %	小样地号	抽样数	平均误差/ %	平均精度/ %
1	60	10.80	89.20	9	46	13.62	86.38
2	48	11.93	88.07	10	48	10.88	89.12
3	45	15.21	84.79	11	47	16.13	83.87
4	46	14.17	85.83	12	48	15.82	84.18
5	53	11.47	88.53	13	45	17.17	82.83
6	49	13.31	86.69	14	47	11.56	88.44
7	49	13.00	87.00	15	51	13.22	86.78
8	48	12.30	87.70	16	48	4.74	95.26

根据上述抽样方法首先对本文中的中度受害样地进行抽样估计。在此样地内, 滞育幼虫的变程为 15.77 m, 故将抽样范围划为 20 m。按理论计算, 整块样地可划分为 961 块小样地, 为便于说明, 将整块样地划分为面积与样方数均相等的 16 块小样地, 每块小样地面积均为 20 m × 20 m, 均含 100 块样方。16 块小样地中, 任一块小样地估计整块样地的最终抽样数、平均精度和平均误差见表 2。限于篇幅, 仅对 1 号小样地作一较详细的介绍。经多次抽样比较, 最终确定抽样数为 60 个, 所抽样本的半方差函数与总体半方差函数的平均误差为 10.80%, 平均精度为 89.20%, 详见表 3、表 4。

表3 1号小样地抽样结果的误差与精度

样方距离/ m	大样地半方差值	抽样估计值	误差/ %	精度/ %
2	82 860	67 529	18.50	81.50
4	93 533	75 830	18.93	81.07
6	98 482	93 464	5.10	94.90
8	102 310	121 560	18.82	81.18
10	105 690	108 250	2.42	97.58
12	107 940	115 480	6.99	93.01
14	111 290	122 290	9.88	90.12
16	112 830	111 930	0.79	99.21
18	114 530	96 440	15.79	84.21

注: 精度 = (实际值 - 理论值) / 实际值 × 100%

表4 中度受害样地抽样结果(每样方虫口数)

向东距离 / m	向南距离/ m									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
2	376*	384*	525*	383*	518*	845*	571	247	439*	352*
4	279	658*	1 162*	683	586	1 194	1 340	438	356*	229
6	483*	660*	652	847*	1 295	694	328	478	314	298
8	530	640	781*	848*	324*	1 181*	392	330*	223*	197*
10	1 563	765	381*	787	244*	291*	785	387	205*	172*
12	393	250*	475*	280	310*	185	375	875*	236*	191
14	126*	191	392*	219*	355	137	223*	211*	208*	388*
16	529	230	191	268	127*	170*	224*	234*	254*	1 285*
18	893	245*	111	144*	165*	166*	197*	202*	949*	582*
20	411	172*	143*	199	130*	141*	252*	295*	1 226*	220*

注: 带\* 样方为被抽中样方, 表 6 同。

对于重度危害的样地, 由于总体样方数只有 100 个, 因此就在这 100 个样方内抽取部分样本进行估计, 其最终抽样数为 60 个, 平均误差为 5.39%, 平均精度为 94.16%, 抽样结果见表 5、表 6。

### 3 小结与讨论

(1) 生物地理统计学不仅考虑昆虫种群的数量关系, 而且同时考虑样本间的距离或方向, 因此能充分利用种群数量分布的空间信息, 可以避免同一组资料用不同方法拟合空间格局时可能同时符合两种或两种以上的理论分布型。

表 5 重度受害柏木林分抽样结果的误差和精度

样方距离/m	半方差实际值	抽样估计值	误差/%	精度/%
8	111 030	110 850	0.16	99.84
16	151 080	128 060	15.23	84.77
24	167 070	178 530	6.86	93.14
32	117 660	114 230	2.91	97.09
40	93 272	101 470	5.40	94.60
48	114 360	107 020	6.42	93.58
56	127 330	126 410	0.73	99.27

表 6 重度受害样地抽样结果(每样方虫口数)

向北距 离/m	向东距离/m									
	5	13	21	29	37	45	53	61	69	77
5	852*	728*	1 239*	301*	387*	381*	1 466*	1 314*	311	633*
13	592*	423	861*	386*	397	318*	488	359*	457*	836
21	431*	303	231*	384*	360*	284	409	481	280	1 407
29	1 356	1 431*	457*	637	361*	1 076*	865*	582*	539	1 251*
37	884	1 184*	1 168	1 103*	274*	267*	571	1 132*	349	277*
45	1 737*	729*	1 038	299*	851*	887*	1 716	1 439	711*	339
53	253	346	588	460	754*	366	662	650*	1 041*	861*
61	346*	514*	643	330*	441*	1 026	312*	352*	324*	1 402
69	356	779*	942	515	386	511	405*	851*	330	458*
77	443*	339*	845	318	308*	654*	360*	877*	1 054	806*

(2) 由半方差函数组成的半方差函数模型, 不仅揭示了空间任意两样本间的相互关系, 即空间相关性, 而且还揭示这种空间相关范围的大小。当两样本间的距离大于变程时, 两样本间就不存在空间相关性而变成相互独立, 即随机样本, 因此要想得到随机样本, 抽样时样本间的距离必须大于变程。

(3) 作为一种昆虫种群空间格局的分析工具, 生物地理统计学与其他空间理论分布分析方法并不是相互排斥而是相互补充的。生物地理统计学只是形象地揭示了昆虫种群的空间依赖性 or 相关性, 但未能提供种群空间格局的具体指数; 经典的空间格局分析方法未能解决昆虫种群的空间依赖性问题, 但却针对种群的具体分布提供具体的指数, 在未知所研究对象空间特性的情况下, 经典的空间格局分析方法可以为生物地理统计学提供指导。因此生物地理统计学和其他经典的空间格局分析理论各有其不完善之处, 两者均有待于今后的进一步发展和完善。

#### 参考文献:

[1] 徐汝梅. 昆虫种群生态学[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1987  
 [2] 郑汉业, 夏乃斌. 森林昆虫生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995  
 [3] 周国法, 徐汝梅. 生物地理统计学[M]. 北京: 科学出版社, 1998  
 [4] 陈绘画, 崔相富, 郑永祥. 鞭角华扁叶蜂滞育幼虫空间数量分布的研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14(5): 503-508

- [5] 李天生, 周国法. 空间自相关与分布型指数研究[J]. 生态学报, 1949, 14(3): 327-331
- [6] 郑永祥, 崔丰富, 吴道圣, 等. 鞭角华扁叶蜂滞育期幼虫空间分布型及抽样技术研究[J]. 林业科学研究, 1996, 9(5): 386-392
- [7] 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[J]. 生态学报, 1997, 17(4): 386-392
- [8] 李友常, 夏乃斌, 屠泉洪, 等. 杨树光肩星天牛种群空间格局的地统计学研究[J]. 生态学报, 1997, 17(4): 393-401

## Biogeostatitics and Sampling Technique about Spatial Pattern of *Chinolyda flagellicornis* Diapause Larva

CHEN Hui-hua, ZHANG Jian-wei, YANG Sheng-li  
(Xianju Forestry Bureau of zhejiang province 317300, Zhejiang, China)

**Abstract:** The principle and method of biogeostatitics were used to study the spatial pattern of diapause larva of *Chinolyda flagellicornis* in *Cupressus funebris* stands with different damage degrees. The results show that the diapause larva appeared obvious spatial dependence in medium damaged *Cupressus funebris* stand, the range is 15.77 m, the half-variance function is a exponential one, while the diapause larva of *Chinolyda flagellicornis* in heavy-damaged *Cupressus funebris* stand appeared pure periodic change, the period was 6.8062. The spatial sampling technique of diapause larva population of *Chinolyda flagellicornis* was also studied.

**Key words:** *Chinolyda flagellicornis*; diapause larva; biogeostatitics; spatial pattern; sampling technique

### 欢迎订阅 2003 年度《中国林业》(半月刊)

《中国林业》杂志是国家林业局的机关刊物, 是中国唯一以大林业报道为主的国家级综合性半月刊。

主要栏目设有: 特别报道、高层论坛、绿界人物、林业政策、六大工程、国土绿化、山区综合开发、全球接触、绿色家居、野生园、产经世界、科教界, 另有《中国木业专刊》、《园林绿化专刊》、《森林旅游专刊》等。

《中国林业》是集政策性、经济性、科学性、知识性及趣味性于一体的杂志, 覆盖面广, 信息量大。希望林业、农业、造纸、水利、环保、园林等行业的行政领导干部、科研人员、院校师生、企业经理、个体业主、林农群众及相关人士加入本刊读者行列。

《中国林业》大 16 开本, 52 页, 每期售价 4.80 元, 半年价 57.60 元, 全年价 115.20 元(含邮资), 国内外公开发售, 国内邮发代号: 2-42, 国外代号: M-386。欢迎广大读者及早在当地邮局和中国国际图书贸易总公司订阅。也可从当地邮局汇款直接向本社订阅。

本刊地址: 北京市和平里东街 18 号

银行汇款单位: 中国绿色时报社

邮政编码: 100714

开户行: 农业银行北京和平里分理处

订阅电话: (010) 84239280

账 号: 230301040000287

传 真: (010) 84239280