

二化螟越冬幼虫空间分布图式的
地理统计学分析

250-253

黄寿山 胡慧建 梁广文

(华南农业大学昆虫生态研究室 广州 510642)

S435.112-1

摘要 利用地理统计学的方法,对二化螟(*Chilo suppressalis*(Walker))越冬幼虫田间全查数据进行分析,通过全方位上的半方差图和 Kriging 估计后的空间分布,结合二化螟的生物学特性和以往的概率拟合确定,该田块的二化螟越冬幼虫在 0.2~0.3m 的扩散中心向四周扩散,形成 1.8~2.0m 的聚集区,各聚集区间则为均匀分布,同时,对未取样点的值进行相应的估计。

关键词 二化螟,地理统计学,空间分布,概率拟合。

THE SPATIAL PATTERN OF DIPAUSING LARVA OF
STRIPED RICE BORER, *Chilo suppressalis*
Walker, WITH GEOSTATISTICS

J. 111

HUANG Shou-Shan HU Hui-Jian LIANG Guang-Wen

(The Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, 510642, China)

Abstract Geostatistic methods, omni-semivariogram and punctual kriging, were applied to study the spatial pattern of dipausing larva of striped rice borer at a rice field. Combined with the probabilistic fitting and the biology of striped rice borer, the result showed that the pattern was formed by many homogeneous mass patches distributing in the field with the centre of 0.2~0.3m and the range of 1.8~2.0m. The values of the unsampled points were estimated by kriging estimation.

Key words *Chilo suppressalis* Walker, spatial pattern, geostatistics, probabilistic fitting.

种群的空间分布图式的研究,是生态学中重要的内容之一。经典的空间分布图式,实际上包含的两个含义,数理统计上变量的概率分布和有机体在空间定位的图式(如聚集与否)^[1]。经典的空间分布图式分析中预选假定,有机体在空间上两两相互独立,并注重于数据统计上的概率拟合,因此经典的空间分布图式分析未能形象地反应出有机体在空间定位的具体状态,如聚集区大小、聚集区各方向上的差异等。

地理统计学自 60 年代由 Metheron 总结和发展以来,在生态学中得到迅速应用和发展。它提供了从抽样到未取样点估计的一整套方法。该方法很好地分析和描述生物种群个体之间、种群与种群之间、种群与环境因子间的空间分布格局、空间相互关系和空间的依赖性;配合以 Kriging 估计方法对未抽样位置进行最佳估计,从而得到因子在空间的完整分布图式。在大多数情况下,空间因子,尤其是生物因子在空间并

收稿日期:1996-01-22,修改稿收到日期:1998-10-22。

不是两两独立,而是具有一定的相互依赖关系。这种关系与空间因子所处的空间位置密切相关。在空间,两因子所处的空间位置越接近,他们的相互依赖性也就越密切。为此,利用地理统计学对二化螟越冬幼虫的空间分布图式进行分析。

1 材料和方法

1.1 材料

1982 年江苏农学院实验农场水稻田块中的二化螟越冬幼虫的全查数据为材料,共查 40 × 28 株稻茬,以每个稻茬位置为一采样点(具体定位情况见图 1),调查数据以方格纸定位,并标出每样点的幼虫数。

1.2 分析方法

本研究采用地理统计学分析方法^[2]。

1.2.1 半方差图(semivariogram)

假设在空间有一系列的点 $(x_1, x_2, x_3, \dots)$ 及其取值 $(Z_1, Z_2, Z_3, \dots)$,那么空间所有相距为 h 的两个点的取值两两配对形成一新的集合, $\{[Z(x_1), Z(x_{1+h})], [Z(x_2), Z(x_{2+h})], \dots\}$,在新集合中进行以下的计算求得半方差图中相距为 h 的所有配对点的半方差值:

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

式中, $r(h)$ 为相距为 h 的半方差值; $Z(x_i)$ 和 $Z(x_{i+h})$ 分别为相距 h 的两点取值; $N(h)$ 为相距 h 的所有点的配对数。

将计算所得的半方差值与所对应的距离作图,即得到半方差图(见图 2)。

图中 Sill 为半方差值达到某一定值后的取值,相当于样本的方差,常用 C 来表示。而 range 相当于空间因子相互依赖性存在的距离,常用 a 表示。 C_0 为一些不可控制因子或取样距离过大引起的方差。该图式多用以下公式模拟:

$$r(h) = \begin{cases} C & h > a \\ C_0 + (C - C_0) \left(\frac{3h}{2a} - \frac{h^2}{2a^2} \right) & h \leq a \end{cases} \quad (2)$$

式中, h 代表距离; $r(h)$ 为距离 h 上的半方差值; C 为 Sill 的取值; a 为 range 的取值。在实际应用中以上公式还可用指数模型、线性模型和正弦模型进行模拟。有些情况下半方差图是由两个或两个以上 Sill 和 range 的半方差图构成。

1.2.2 Kriging 估计方法

Kriging 估计方法是对空间未取样点及未取样样地值进行最小误差法估计,主要运用加权估计的方法,而对加权值的估计则以半方差图为基础。见式(3):

$$\begin{cases} \sum w(i) \cdot r(i, j) + \lambda = r(i, a) \\ \sum w(i) = 1 \end{cases} \quad (3)$$

式中, $r(i, j)$, $r(i, a)$ 分别为空间点 i, j 间,点 i 与未知点 a 间的半方差值; $w(i)$ 为在 k 空间第 i 个点的加权值; λ 为最优估计参数。

根据式(3)的计算结果,得到未知点 a 的估计值:

$$Z(a) = \sum Z(i) \cdot w(i) \quad (4)$$



图 1 取样方法及其数据

Fig. 1 Sampling plot and data

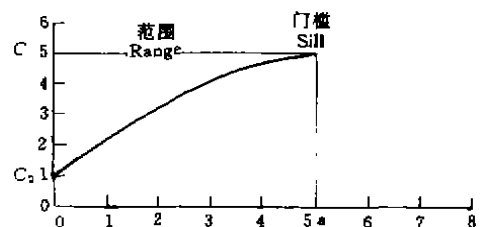


图 2 半方差图理想图

Fig. 2 The perfect semivariogram

式中, $Z(a)$ 为空间未知点的值; $Z(i)$ 为空间第 i 点的取值; $w(i)$ 为第 i 点的加权值。而其估计误差的方差为:

$$\sigma_e^2 = \sum w(i) \cdot r(i, x) + \lambda \quad (5)$$

式中, σ_e^2 为估计误差的方差; 其他意义不变。本试验用于估计选取值见图 1。

2 结果与分析

根据以上的方法, 分析 1992 年江苏农学院实验农场稻田二化螟越冬幼虫调查数据, 得到该数据在整体上的模拟公式(6)及其半方差图 3。

$$r(h) = \begin{cases} 5.10 & h > 1.90 \\ 4.20 + 0.90 \times \left(\frac{3h}{3.80} - \frac{h^2}{13.72} \right) & 0.25 < h \leq 1.90 \\ 2.90 + 1.30 \times \left(\frac{3h}{0.50} - \frac{h}{0.25} \right) + 0.90 \times \left(\frac{3h}{3.8} - \frac{h^2}{13.72} \right) & h \leq 0.25 \end{cases} \quad (6)$$

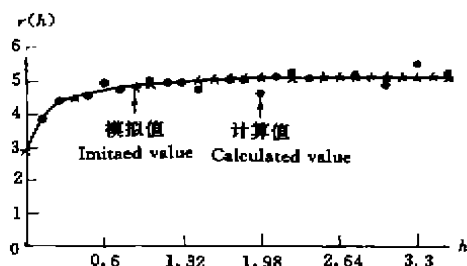


图 3 二化螟越冬幼虫的整体半方差图

Fig. 3 Omni-semivariogram of over-wintering larva of *C. suppressalis* (Walker)

在上述整体半方差图中显示二化螟越冬幼虫的整体半方差中具有两个 range 值, 分别为 0.2~0.3m 和 1.8~2.0m, 即空间各点 0.2~0.3m 和 1.8~2.0m 内的其他各点具有不同的依赖性; 同时, 在 1.8~2.0m 之外可用 $r(h)=5.10$ 进行较好拟合, 说明该空间各点与 1.8~2.0m 之外的各点相对独立。

在以往的空间图式分析中, 二化螟幼虫的分布可用核心分布拟合, $L=1.61$, 为聚集分布, 但其未能给出二化螟聚集区的大小、各方向上的差异。结合二化螟聚集产卵的特性和以往的拟合确定, 该时期的二化螟在空间仍为聚集分布, 此时具有两个聚集范围 0.2~

0.3m 和 1.8~2.0m, 各聚集区间的分布较均匀的。但大小聚集的关系还不能确定。

根据整体半方差图, 进行 Kriging 估计, 从而完成二化螟越冬幼虫的空间分布图, 图 4 列出部分空间模拟分布图(实际分布图见图 1)。

图 4 中模拟分布图与实际分布有一定差异, 并且对各聚集点的估计误差较大, 但 Kriging 估计提供了对估计误差, 为进行估计值的取舍提供了参考。

另一方面, 通过该分布图和半方差图的综合分析, 确定此越冬二化螟的空间图式是由二化螟幼虫自孵化后由聚集中心(0.20~0.3m)扩散后形成的, 扩散范围为 1.8~2.0m 之间, 各扩散区间的分布是较均匀的。

	2.1	3.3	3.3	1.5	1.5	0.5	0.3	4.5
误差范围——	(0.0, 4.2)	(0.9, 5.7)	(1.1, 5.5)	(0.0, 3.0)	(0.0, 3.0)	(0.0, 1.0)	(0.0, 6.0)	(2.1, 6.9)
Error range	1	3.3	4	1.4	0	0.5	0	4.5
估计值——	2.7	3.2	3.3	1.5	1.2	0.5	0.5	4.5
Estimated	(0.5, 4.9)	(0.8, 5.6)	(1.1, 5.5)	(0.2, 2.8)	(0.2, 2.0)	(0.0, 1.0)	(0.0, 1.0)	(2.2, 6.8)
取样值——	5	3.2	3	1.5	1	0.5	1	4.6
Sampled	(0.8, 5.0)	(0.8, 5.6)	(1.0, 5.4)	(0.0, 3.0)	(0.0, 3.0)	(0.0, 1.2)	(0.0, 1.4)	(2.1, 6.9)

图 4 二化螟越冬幼虫的空间模拟分布图(其他参数见图 1)

Fig. 4 Simulated spatial pattern of diapausing larvae of *Chilo suppressalis* (Walker) (other index were listed in fig. 1.)

3 讨论

地理统计学通过对空间因子的空间依赖关系进行计算分析,来获得形象准确的空间定位图式,成为生态学中有力的分析工具。地理统计学提供了从抽样到估计的一系列方法,在方法上已较为完善^[1]。通过半方差分析,可以获得二化螟越冬幼虫在田间分布的结构信息;并在进行 Kriging 的最优化估计后,完成该种群在田间的完整分布图,模拟了整个田间较为完整的分布信息。该信息为进行害虫的有效管理提供重要参考。

地理统计学作为一种工具,在生态学中应用时必须注重分析结果与生物学特性相符合。在本文中在半方差图获得了二化螟越冬幼虫的空间格局特点,该结果所认为二化螟在空间形成多个 1.8~2.0m 左右的聚集区,聚集区在整个田间又是均匀分布与二化螟实际的生物学特性是一致的。如果实际情况与分布图式不符合,则该分析无意义。

地理统计学作为一种分析工具,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^[3]。地理统计学只形象地描述了生物种群在空间的相互依赖性及其具体的分面情况,但它未能针对各种生物空间分布图式提供具体的指数;而空间的理论分布分析方法虽然未能象地理统计学一样形象地提供空间分布的信息,但它却针对生物的具体分布特性提供具体的指数进行描述。如本文中地理统计学并未能指出二化螟幼虫的具体空间结构特性,而需借助于已知的生物学特性进行讨论,但经典的概率拟合则能提供该信息。同时,经典的概率拟合为地理统计学分析提供补充,在未知所研究对象空间特性的情况下,经典概率拟合可以为地理统计学提供指导。由此可见,地理统计和其他空间理论分布分析方法各有其不完善之处,二者之间的关系有待于进一步的研究和发展。

参 考 文 献

- 1 徐汝梅. 昆虫种群生态学. 北京:北京师范大学出版社, 1987
- 2 Isobel Clark. *Practical Geostatistics*. Appl. sci. Publishers Ltd. . 1979
- 3 Burgess T M & Webster R. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. I. The semivariogram and punctual kriging. *Journal of Soil Science*. 1980, **31**, 315~31