

棉蚜和草间小黑蛛种群空间格局的地统计学研究*

李磊** 邹运鼎*** 毕守东 高彩球 丁程成 孟庆雷 李昌根 周夏芝
(安徽农业大学, 合肥 230036)

【摘要】 应用地统计学的原理和方法研究了石榴园不同时期棉蚜及草间小黑蛛种群的空间结构和空间相关性。结果表明,不同时期棉蚜种群的半变异函数曲线皆为球型,其空间格局为聚集型,变程在 7.33~12.40 cm 之间;草间小黑蛛种群的拟合半变异函数曲线也表现为球型,呈聚集空间格局,空间变程在 6.47~20.88 cm 之间,并与棉蚜种群在数量和空间上有较强的追随关系,说明草间小黑蛛种群是棉蚜种群的优势种天敌。

关键词 棉蚜 草间小黑蛛 空间格局 地统计学

文章编号 1001-9332(2004)06-1043-04 **中图分类号** Q968 **文献标识码** A

Geostatistic analysis on spatial patterns of *Aphis gossypii* and *Erigonidium graminicola*. LI Lei, ZOU Yunding, BI Shoudong, GAO Caiqiu, DING Chengcheng, MENG Qinglei, LI Changgen, ZHOU Xiaozhi (Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2004, 15(6): 1043~1046.

The spatial structure and spatial correlativity of *Aphis gossypii* and *Erigonidium graminicola* populations during different periods were investigated by geostatistic methods. The results showed that the semivariogram of *A. gossypii* appeared as spherical type, indicating its spatial pattern was an aggregated type with a range of 7.33~12.40 cm, while that of *E. graminicola* was also fitted into spherical model, indicating an aggregated spatial arrangement with a range of 6.47~20.88 cm. The amount and spatial distribution of *E. graminicola* were closely related to those of *A. gossypii*, suggesting that *E. graminicola* was the dominant natural enemy influencing *A. gossypii* population.

Key words *Aphis gossypii*, *Erigonidium graminicola*, Spatial pattern, Geostatistics.

1 引言

昆虫种群密度一般具有空间异质性特征,对于确定正确的抽样方法、了解捕食者-猎物的关系、认识种内竞争的原理、提出合理的害虫管理策略十分重要。据此,前人在昆虫空间格局研究上做了大量的工作。研究方法从早期的频次分布法到以后的扩散型指数法、回归模型分析法及其改进形式,其共同点是依赖于样本频次分布或均值-方差关系及其相应的判定准则确定空间分布格局。这些方法忽视了样本的空间位置和方向,不能区别不同空间格局的差异,并受样方和抽样区域大小的影响^[3,4,8,9]。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种群的空间格局。地统计学和经典方法不同,它考虑了样点的位置方向和彼此间的距离,直接测定空间结构相关性和依赖性,可用于研究有一定随机性和结构性的各种变量和空间分布规律^[10,11]。本文应用地统计学原理和方法研究石榴树上棉蚜(*Aphis gossypii*)及其天敌草间小黑蛛(*Erigonidium graminicola*)的空间分布,以揭示其

空间分布型及其空间关系。

2 材料与方法

2.1 调查方法

在全国四大石榴产区之一的安徽怀远选取样地,品种为怀远地区普遍栽种的青皮系列,树龄 10 年,南北为行。用平行跳跃法取样树 30 株,行株距均为 4 m,分 5 行,每行 6 株。每株按东南西北上中下 7 个方位选取 1 年生枝条 1 个,定点系统调查记载从枝梢向内 30 cm 范围内棉蚜和草间小黑蛛种群数量,2002 年 4 月~2002 年 11 月,每月调查 1 次,共 8 次;调查期间样田管理及农事操作按常规方法,样田不施用化学杀虫剂。

2.2 分析方法

根据区域化变量的理论^[2,5],在空间上,昆虫种群数量是区域化变量。因此,可用区域化变量理论和方法进行研究。本文通过计算棉蚜和草间小黑蛛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其空间格局

* 安徽省农业综合开发项目(NFZ 2001-15-11)和安徽省教育厅基金资助项目(2002KJ101)。

** 现工作单位:广东省佛山市农林技术推广中心,佛山 528000。

*** 通讯联系人。

2003-07-23 收稿,2003-12-21 接受。

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 $R^*(h)$ 用公式计算: $R^*(h) = [1/2N(h)] \sum [z(x_i) - z(x_i + h)]^2$. 其中, $N(h)$ 是被 h 分割的数据对 $(x_i, x_i + h)$ 的对数, $z(x_i)$ 和 $z(x_i + h)$ 分别是在点 x_i 和点 $x_i + h$ 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、变程和块金值. 变程指在变异函数的值达到平衡时的空间间隔距离, 基台值指达到平衡时的变异函数值, 块金值是指变异曲线被延伸至间隔间距为零时的截距. 这 3 个参数可反映昆虫种群空间格局或空间相关类型, 给出该空间相关的范围, 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, 它的空间结构是当样点间隔距离达到变程之前时, 样点的空间依赖性随样点间距离增大而逐渐降低. 指数型与球型模型类似, 但其基台值是渐近线. 非水平直线型的半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, 表明抽样尺度下没有空间相关性.

3 结果与分析

3.1 棉蚜种群数量的半变异函数和空间格局

将 2002 年 4 月~2002 年 11 月的 8 次调查结果计算出的棉蚜种群半变异函数值 $R^*(h)$ 列于表 1, 对棉蚜空间种群结构进行分析, 结果 8 次棉蚜种群半变异函数拟合模型均为球形, 表明不同时间石榴园棉蚜种群的空间分布均为聚集型(表 2).

棉蚜种群不同时间 8 个半变异函数拟合模型具有较高的决定系数值, 变动范围为 0.7495~0.9959, 表明实际半变异函数值与理论曲线的拟合度极高(图 1a). 不同时间棉蚜种群半变异函数的变程 $RSD(m)$ 即样点间的空间依赖性距离, 其变动范围为 7.3305~12.4053(表 2).

3.2 草间小黑蛛种群数量的半变异函数和空间格局

不同时间的草间小黑蛛种群半变异函数值列于

表 1 不同时期棉蚜、草间小黑蛛半变异函数

Table 1 Observed semivariogram $R^*(h)$ for *Aphis gossypii* and *Erigonidium graminicola* during different periods

半变异函数 $R^*(h)$ Observed semivariogram	日期 Date	距离 Distance (m)				
		3	6	9	12	15
棉蚜 RSD(m) <i>Aphis gossypii</i>	4.19	442.5816	443.5921	461.0741	796.9788	9.181818
	5.25	13.39796	13.13158	21.7037	30.25	22.22727
	6.14	0.877551	0.776316	0.722222	0.84375	0.227273
	7.14	8590.449	11354.41	9590.426	11572.84	5776.955
	8.20	273.4694	246.6447	341.2408	374.125	9.409091
	9.28	1.459184	1.907895	1.048148	1.375	0.136364
	10.27	1.153061	1.236842	2.111111	3.28125	2.272727
草间小黑蛛 RSD(m) <i>Erigonidium graminicola</i>	4.19	2.04E-02	2.63E-02	3.70E-02	0.0625	4.55E-02
	5.25	5.10E-02	6.58E-02	7.41E-02	0.09375	4.55E-02
	6.14	5.989796	7.671052	4.962963	5.34375	0.318182
	7.14	0.102041	7.89E-02	3.70E-02	0.15625	0
	8.20	3.06E-02	3.95E-02	3.70E-02	0.03125	0
	9.28	1.061224	0.907895	0.981482	0.78125	0.818182
	10.27	0.285714	0.328947	0.333333	0.25	4.5E-02

表 2 不同时期棉蚜、草间小黑蛛的理论半变异函数模型参数*

Table 2 Models, parameters and spatial patterns for *Aphis gossypii* and *Erigonidium graminicola* during different periods

物种 Species	日期 Date	a	b	c	d	变程 RSD(m)	R^2
棉蚜 <i>Aphis gossypii</i>	4.19	-3.519	85.019	-584.66	1551.3	11.1315	0.8612
	5.25	-0.0784	1.994	-13.277	37.51	12.4053	0.9959
	6.14	-0.0024	0.0586	-0.4337	1.7311	10.5895	0.9449
	7.14	-10.032	164.73	-400.6	8863.4	9.55372	0.7495
	8.20	-1.6019	37.399	-248.25	727.05	10.7664	0.9959
	9.28	-0.0008	-0.0055	0.2096	0.9247	7.33045	0.9793
	10.27	-0.0092	0.2324	-1.5338	3.9383	12.3355	0.9815
草间小黑蛛 <i>Erigonidium graminicola</i>	4.19	-0.0001	0.0037	-0.0237	0.0631	20.8838	0.9415
	5.25	-0.0002	0.0042	-0.0234	0.0897	10.1623	0.9088
	6.14	-0.0031	0.0028	0.3526	5.2197	6.4686	0.8787
	7.14	-0.0008	0.0206	-0.1574	0.4196	11.4277	0.6233
	8.20	-4.0E-05	0.0005	0.0003	0.0266	8.62325	0.9873
	9.28	3.00E-05	-7.0E-06	-0.029	1.1328	18.0285	0.7241
	10.27	-0.0003	0.0022	0.0107	0.2402	6.67105	0.9999

* 模型为球型 Spherical model; 空间格局为聚集分布 The pattern are aggregated spatial pattern.

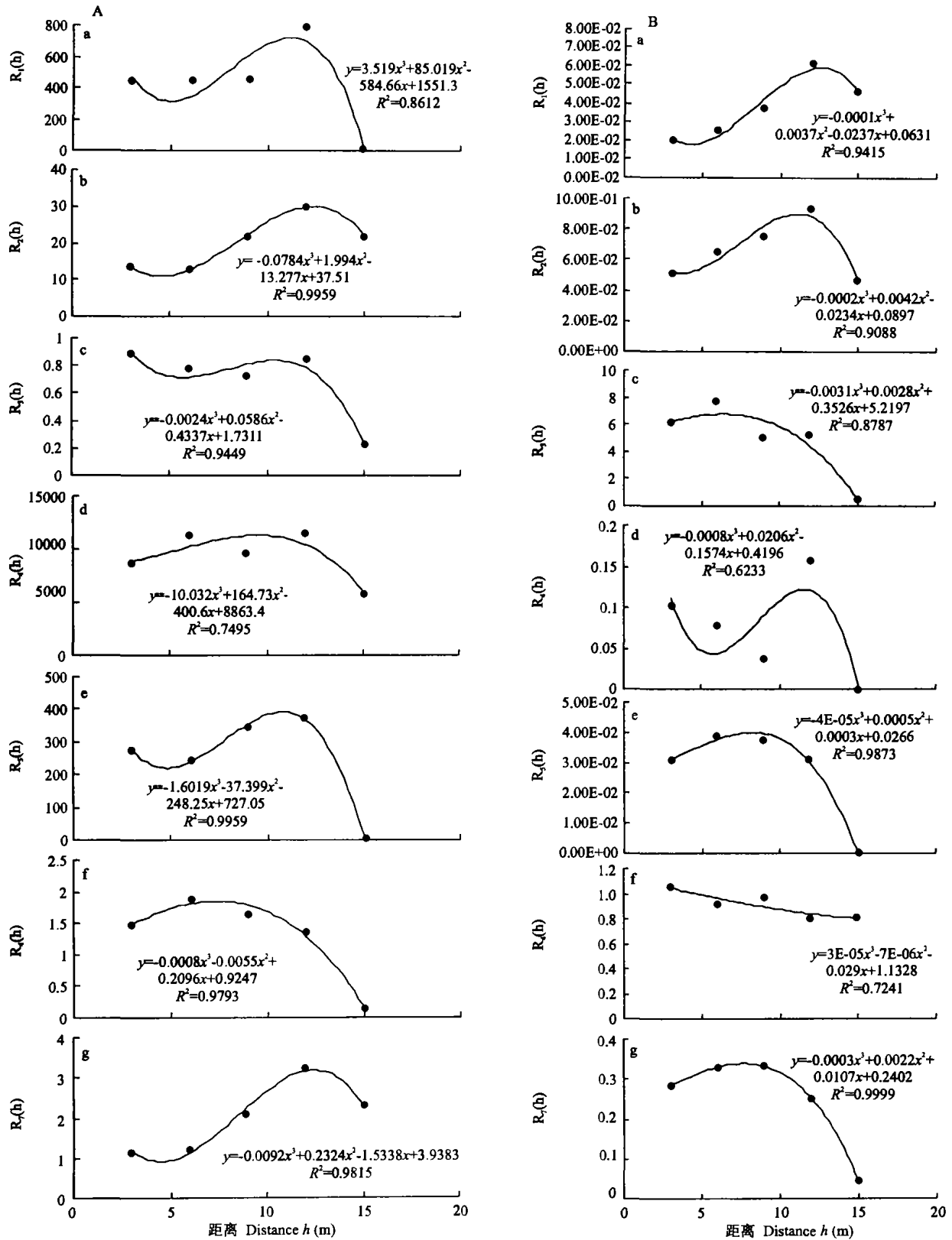


图 1 棉蚜(a)、草间小黑蛛(b)半变异函数曲线
 Fig. 1 Model of semivariogram of *Aphis gossypii* (a) and *Erigonidium graminicola* (b).
 a: 4. 19; b: 5. 25; c: 6. 14; d: 7. 14; e: 8. 20; f: 9. 28; g: 10. 27.

表 1, 以此为实际值对理论半变异函数最优模型进行拟合(图 1b), 8 次不同时间的拟合半变异函数均为球形, 说明各时间段内草间小黑蛛种群分布为聚集型(表 2), 草间小黑蛛种群半变异拟合曲线的决

定系数为 0.6233~0.9999, 表明半变异函数值与理论最优模型有极高的拟合度; 不同时间草间小黑蛛种群半变异函数的变程 RSD (m) 为 6.4658~20.8838, 即为样点间空间依赖性距离。

4 讨 论

利用昆虫种群空间格局的经典方法难以区别不同空间格局的差别^[6,7]. 地统计学方法分析昆虫空间格局可以避免上述问题.

对不同时期棉蚜及草间小黑蛛种群的地统计学分析可以看出, 不同时期棉蚜种群的空间格局均呈聚集分布, 其半变异函数皆为球型曲线, 变程在 7.33~12.40 cm 之间, 这是因为一定的空间和时间中环境因子或自然资源的供应最适宜其生活, 同时社会行为的结果有利于其生存和繁殖, 个体聚集在一起又保持相当距离, 以维持彼此食物和环境资源的平衡. 不同时期草间小黑蛛种群亦呈聚集分布, 其理论半变异函数曲线图与棉蚜种群理论半变异曲线图形状相同, 变程在 6.47~20.88 cm 之间, 不同时期草间小黑蛛种群变程的变化趋势与棉蚜种群变程的变化趋势一致. 这充分说明了草间小黑蛛种群对棉蚜种群在数量及空间位置上具有较强的追随关系, 表明了草间小黑蛛是棉蚜的优势种天敌. 实践证明, 地统计学能为探索昆虫种群的形成和为何形成其空间分布以及种间竞争机制提供强有力的工具.

参考文献

1 Bi S-D(毕守东), Zou Y-D(邹运鼎), Geng J-G(耿继光), *et al.*

2000. Geostatistical analysis on spatial patterns of *Aphis gossypii* and *Propylaea japonica*. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 11(3): 421~424 (in Chinese)
- 2 Hou J-R (侯景儒), Huang J-X (黄竞先). 1985. Theory and Method of Geostatistics. Beijing: China Geology Press. (in Chinese)
- 3 Hurlbert SH. 1990. Spatial distribution of the montane Unicorn. *Oikos*, 58: 257~271
- 4 Jumars PA, Thistle D, Jones ML. 1977. Detecting two-dimensional spatial structure in biological data. *Oecologia*, 28: 109~123
- 5 Lecoustre L, Fargette D, *et al.* 1989. Analysis and mapping of the spatial spread of African cassava mosaic virus using geostatistics and kriging technique. *Phytopathology*, 79: 913~920
- 6 Liebhold AM, Rossi RE, Kemp WP. 1993. Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology. *Annu Rev Entomol*, 38: 303~327
- 7 Liebhold AM, Zhang X, *et al.* 1991. Geostatistical analysis of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) egg mass populations. *Environ Entomol*, 20: 1407~1417
- 8 Sawyer AJ. 1989. Inconstancy of Taylor's b : Simulated sampling with different quadrat sizes and spatial distributions. *Res Popul Ecol*, 31: 11~24
- 9 Southwood TRE. 1978. Ecological Methods. London: Chapman and Hall.
- 10 Zou Y-D(邹运鼎), Bi S-D(毕守东), Wang X-S(王祥胜), *et al.* 2001. Geostatistical analysis on spatial patterns of *Macrosiphum granarium* and *Aphidius*. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 12(6): 887~891 (in Chinese)
- 11 Zou Y-D(邹运鼎), Bi S-D(毕守东), Zhou X-Z(周夏芝), *et al.* 2002. Geostatistical analysis on spatial patterns of *Erythroneura sudra* and *Erigonidium graminicola*. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 13(12): 1645~1648 (in Chinese)

作者简介 李 磊, 男, 1978 年生, 博士生, 从事昆虫生态学
研究, 发表论文 8 篇.