

# 李园桃蚜和草间小黑蛛种群空间格局的地学 统计学研究\*

丁程成 邹运鼎\*\* 毕守东 高彩球 刘小林 曹传旺 孟庆雷 李昌根

(安徽农业大学微生物防治省重点实验室, 合肥 230036)

**【摘要】** 利用地学统计学的原理和方法分析了李园桃蚜种群和草间小黑蛛种群的空间结构和时间相关性。结果表明,桃蚜种群6月27日和11月22日此两次的半变异函数拟合模型为直线,表明此两次两种空间分布为均匀分布或随机分布,其余9次半变异函数拟合模型均为球形,表明此9次李园桃蚜种群的空间分布是聚集分布,变程RSD(m)为4.173903~34.7837。草间小黑蛛空间格局5月21日、5月31日及10月19日、11月22日4次半变异函数拟合模型为直线,表明此4次种群的空间分布为均匀分布或随机分布,其余8次半变异函数拟合模型均为球形,表明此8次李园草间小黑蛛种群的空间分布是聚集分布,变程RSD(m)为2.3169~42.00711,表明草间小黑蛛种群对桃蚜种群在空间位置上具有追随关系,对其种群数量的控制有较大作用。

**关键词** 桃蚜 草间小黑蛛 空间格局 地学统计学

**文章编号** 1001-9332(2005)07-1308-05 **中图分类号** Q968 **文献标识码** A

**Geostatistics analysis on spatial patterns of *Myzus persicae* and *Erigonidium graminicola* in plum orchard.**

DING Chengcheng, ZOU Yunding, BI Shoudong, GAO Caiqiu, LIU Xiaolin, CAO Cuanwang, MENG Qinglei, LI Changgen (Anhui Provincial Key Laboratory for Microbial Control, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China). - *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2005, 16(7): 1308~1312.

Investigations on the spatial construction and distribution of *Myzus persicae* and *Erigonidium graminicola* in a plum orchard were conducted from March 2003 to November 2003. The results indicated that the semivariogram of *Myzus persicae* could be described by spherical model, except on June 27 and November 22, which should be described by lined model, and that of *Erigonidium graminicola* could be described by spherical model, except on May 21, May 31, October 19 and November 22, which should be described by lined model. It could be concluded that the amount and spatial distribution of *Erigonidium graminicola* was closely related to those of *Myzus persicae*.

**Key words** *Myzus persicae*, *Erigonidium graminicola*, Spatial pattern, Geostatistics.

## 1 引言

空间格局是种群的重要属性之一,研究空间格局可以揭示种群的空间结构、种群下结构的状况及物种间的空间联系,它是抽样技术的理论基础,过去的研究方法都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格局<sup>[2,4,6,13,17,19]</sup>,用地学统计学方法研究种群空间格局,考虑了样点的位置和彼此距离,直接测定空间结构相关性和依赖性,克服了过去空间格局传统研究方法的缺陷,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是一种较为理想的方法<sup>[1,4,8,10,11,14,16,19,21,23,24]</sup>。本文应用地学统计学原理和方法研究李树上桃蚜(*Myzus persicae*)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

在肥东共青林场选取样地,南北为行。采用平行跳跃法,株行距离为4 m×4 m,共抽取样树30株,分3行每行10株;每树在东、南、西、北4个方位和上、中、下3层各取一代表性枝条,以一年生为主;调查每个枝条从梢部向内30 cm长度内桃蚜和草间小黑蛛的种群数量,同时对样地情况作详细记录。调查工作自2003年3月至11月。具体安排:2003年3月,1次/月,4~6月,2次/月;7月~11月,1次/月,共调查12次,其间果园按正常管理措施管理,但不施化学农药。

### 2.2 分析方法

根据区域化变量的理论<sup>[3,7,12,15]</sup>,在空间上,昆虫种群

\* 国家农业综合开发省级科技项目(NFZ2001-15-11)和安徽省教育厅基金资助项目(2002KJ101)。

\*\* 通讯联系人。

2004-07-26 收稿,2004-12-06 接受。

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.本文通过计算桃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隔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 桃蚜种群数量的半变异函数和空间格局

3 月 22 日调查的桃蚜种群数量为零,将从 2003 年 4~11 月的 11 次调查结果计算出的桃蚜种群半变异函数值  $R^*(h)$  列于表 1.对桃蚜空间种群结构进行分析,结果显示,6 月 27 日和 11 月 22 日此两次的半变异函数拟合模型为直线,表明此两次种群的空间分布为均匀分布或随机分布,其余 9 次半变异函数拟合模型均为球形,表明此 9 次李园桃蚜种群的空间分布是聚集分布,如表 2 所示.

桃蚜不同时期 11 个半变异函数拟合模型具有较高的决定系数,其变化范围 0.5607~0.9363,表明实际半变异函数值与理论曲线的拟合度极高;4 月 6 日、6 月 8 日、8 月 27 日和 9 月 21 日的模型及其拟合曲线如图 1A 所示.不同时期桃蚜种群半变异函数的变程 RSD(m)即为样点间的空间依赖性距离,其变动范围为 4.173903~34.78371,如表 2 所示.

表 1 不同时期桃蚜的半变异函数

Table 1 Observed semivariogram  $R^*(h)$  for *Myzus persicae* at different time

时间 Date	距离 h Distances(m)								
	4	8	12	16	20	24	28	32	36
4.6	4.26E-02	1.47E-02	1.61E-02	1.79E-02	0.02	2.27 E-02	2.63 E-02	0.03125	0
4.27	96106.82	47138.98	40996.2	43577.67	49677.2	56480	63288.32	28807.03	7144.654
5.21	2994.372	1040.838	1124.306	1263.625	1415.42	1596.25	1862.132	2211.438	0.3846154
5.31	187754.5	64920.02	71199.61	78753.18	88287.58	100326.8	116167.8	137949.1	0
6.8	0.1808511	0.2647059	0.1935484	0.1964286	0.06	2.27E-02	5.26E-02	0.0625	3.85E-02
6.27	21.79787	26.29412	16.43548	12.91071	6.86	11.25	10.44737	11.28125	0
7.19	18.56383	21.17647	11.08065	19.05357	11.9	4.704545	4.657895	5.75	0.6538461
8.27	8.37234	12.29412	9.82258	12.16071	7.12	0.5681818	0.5526316	0.03125	0
9.21	2.202128	2.367647	1.564516	1.232143	1.64	1.522727	0.9210526	0.59375	0.1923077
10.19	8.51E-02	0.1176471	0.0483871	5.36E-02	0.02	6.82E-02	7.89E-02	0	0
11.22	91.14893	121.2941	43.12903	46.875	44.78	62.65909	72.31579	0.125	0.1538462

表 2 不同时期桃蚜的理论半变异函数模型  $R^*(h)$ 、参数值、决定系数  $R^2$

Table 2 Models, parameters,  $R^2$  value and spatial patterns for *Myzus persicae*

时间 Date	模型 Models	a	b	c	d	变程 RSD(m)	决定系数 $R^2$	空间格局 Spatial pattern
4.6	球形 <sup>1)</sup>	-1.00E-05	0.0007	-0.0124	0.0802	34.78371	0.8519	聚集 <sup>3)</sup>
4.27	球形	-20.032	1194.7	-21441	160091	26.07902	0.9363	聚集
5.21	球形	-0.8246	49.868	-877.26	5653.8	27.35173	0.8516	聚集
5.31	球形	-51.538	3117.2	-54863	353964	27.34689	0.852	聚集
6.8	球形	4.00E-05	-0.0021	0.0265	0.129	8.257886	0.8392	聚集
6.27	直线 <sup>2)</sup>			-0.6078	25.186		0.7309	R/U
7.19	球形	0.0009	-0.0579	0.4363	18.231	4.173903	0.809	聚集
8.27	球形	0.0025	-0.1609	2.4823	0.8746	10.08354	0.9227	聚集
9.21	球形	-0.0001	0.0071	-0.1607	2.8769	18.72253	0.8896	聚集
10.19	球形	-1.00E-05	0.0007	-0.0137	0.1481	32.70231	0.5607	聚集
11.22	直线			-2.7222	108.05		0.5749	R/U

注:  $R^*/U$  指随机分布或均匀分布  $R(h) = ah^3 + bh^2 + ch + d$ . 1) Sphere; 2) Linear; 3) Aggregation. 下同 The same below.

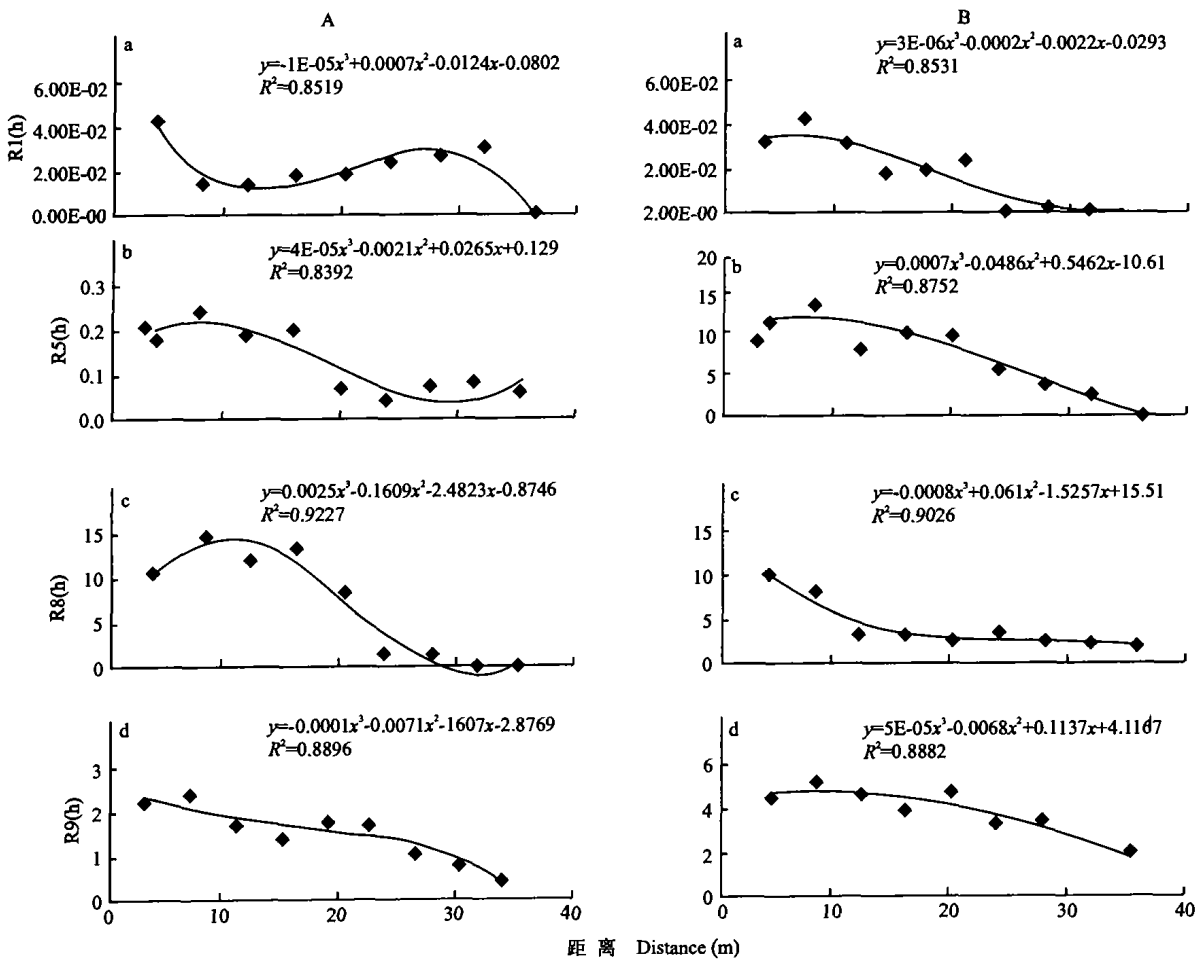


图1 桃蚜(A)及草间小黑蛛(B)半变异函数曲线  
Fig.1 Model of semivariogram of *Myzus persicae* (A) and *Erigonidium graminicola* (B).  
a)4.6;b)6.8;c)8.27;d).9.21.

表3 不同时期的草间小黑蛛半变异函数  
Table 3 Observed semivariogram  $R^*(h)$  for *Erigonidium graminicola* at different time

时间 Date	距离 h Distances(m)								
	4	8	12	16	20	24	28	32	36
3.22	3.19E-02	4.41E-02	3.23E-02	1.79E-02	0.02	2.27E-02	0	0	0
4.6	3.19E-02	4.41E-02	3.23E-02	1.79E-02	0.02	2.27E-02	0	0	0
4.27	0.4893617	0.7794118	0.516129	0.3035714	0.26	0.2954545	0.3157895	0.09375	7.69E-02
5.21	15.6383	24.45588	4.935484	8.428572	8.5	7.318182	8.684211	2.0625	0.3461539
5.31	19.34043	21.22059	11.45161	14.98214	7.52	9.340909	6.473684	3.8125	0.1923077
6.8	11.05319	15.54412	8.16129	9.714286	9.22	5.227273	2.789474	1.6875	7.69E-02
6.27	11.19149	15.17647	6.370968	5.410714	5.7	9.522727	8.342105	3.8125	3.846154
7.19	4.5	6.882353	3.225806	2.160714	1.48	2.886364	1.578947	1.0625	0.6538461
8.27	9.808511	8.426471	3.274194	3.375	3.14	3.795455	3.236842	3.03125	3.076923
9.21	4.340425	5	4.451613	3.857143	4.74	3.5	3.263158	2.34375	1.961538
10.19	10.51064	8.205882	4.951613	8.267858	5.28	8.113636	5.394737	6	7.769231
11.22	7.45E-02	7.35E-02	0.0483871	5.36E-02	0.04	2.27E-02	2.63E-02	0	0

3.2 草间小黑蛛种群数量半变异函数和空间格局

不同时期的草间小黑蛛半变异函数值列于表3,以此为实际值对理想半变异函数最优模型进行拟合,如图1B所示.草间小黑蛛空间种群结构进行分析,结果显示,5月21日、5月31日及10月19日、

11月22日4次的半变异函数拟合模型为直线,表明此4次种群的空间分布为均匀分布或随机分布,其余8次半变异函数拟合模型均为球形,表明此8次李园草间小黑蛛种群的空间分布是聚集分布(表4).

表 4 不同时期草间小黑蛛的理论半变异函数模型  $R^*(h)$ 、参数值、决定系数  $R^2$ Table 4 Models, parameters,  $R^2$  value and spatial patterns for *Erigonidium graminicola* at different time

时间 Date	模型 Models	a	b	c	d	变程 RSD(m)	决定系数 $R^2$	空间格局 Spatial pattern
3.22	球形 <sup>1)</sup>	3.00E-06	-0.0002	0.0022	0.0293	6.430366	0.8531	聚集 <sup>3)</sup>
4.6	球形	3.00E-06	-0.0002	0.0022	0.0293	6.430366	0.8531	聚集
4.27	球形	2.00E-05	-0.0013	0.0057	0.5948	2.3161	0.7389	聚集
5.21	直线 <sup>2)</sup>			-0.5082	19.093		0.582	R/U
5.31	直线			-0.6017	22.516		0.8879	R/U
6.8	球形	7.00E-04	-0.0486	0.5462	10.61	6.544767	0.8752	聚集
6.27	球形	-1.10e-03	0.0724	-1.5587	18.457	24.94001	0.5349	聚集
7.19	球形	2.00E-05	0.0017	-0.2487	6.4815	42.00711	0.7003	聚集
8.27	球形	-8.00E-04	0.061	-1.5257	15.51	28.62581	0.9026	聚集
9.21	球形	5.00E-05	-0.0068	0.1137	4.1167	9.317905	0.8882	聚集
10.19	直线			-0.0702	8.5702		0.1708	R/U
11.22	直线			-0.0025	0.0871		0.9462	R/U

草间小黑蛛不同时期 12 个半变异函数拟合模型具有较高的决定系数,其变化范围 0.1708 ~ 0.9462,4 月 6 日、6 月 8 日、8 月 27 日和 9 月 21 日的模型及其拟合曲线如图 1B 所示.不同时期草间小黑蛛种群半变异函数的变程 RSD(m)即为样点间的空间依赖性距离,其变动范围为 2.3169 ~ 42.00711(表 4).

#### 4 讨 论

通过对本研究 12 次调查结果分析,李园节肢动物群落中天敌共有 1890 只,其中 100 只以上的天敌有瓢虫科 124 只,蟹蛛科 176 只,肖蛸科 101 只,微蛛科 1236 只,微蛛科主要是草间小黑蛛,占调查的天敌总数的 65.39%.李园节肢动物群落中害虫共有 6912 只,其中 100 只以上的害虫有刺蛾科 108 只,毒蛾科 208 只,叶甲科 441 只,蚜科 5703 只,蚜科主要是桃蚜,占调查的害虫总数的 82.51%.王昌贵等<sup>[20]</sup>、周琼等<sup>[22]</sup>、蒋金妹等<sup>[5]</sup>研究表明,草间小黑蛛可捕食松大蚜、棉蚜、槐蚜和桃蚜等同翅目蚜科害虫.

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<sup>[8,9]</sup>,地理统计学方法分析昆虫空间格局可以避免上述问题.

对不同时期桃蚜及草间小黑蛛种群的地理统计学分析可以看出,除 6 月 27 日和 11 月 22 日外,其余时间桃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 4.173908 ~ 34.7873 cm 之间,这是因为一定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.除 5 月 21 日、5 月 31 日、10 月 19 日和 11 月 22 日外,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桃蚜种群理论半变异函数曲线图形状相同,变程在 2.3169 ~ 42.0071 cm 之间,不同时期草间小黑蛛种群变程的变化趋势与桃蚜种群变程的变化趋势一致.通过地统计学分析,调查的 11 次数据,草间小黑蛛有 7 次为聚集格局,桃蚜有 9 次为聚集格局,草间小黑蛛和桃蚜同时都为聚集格局的有 6 次,占桃蚜聚集格局总次数的 67%,占草间小黑蛛聚集格局总次数的 86%,害虫聚集格局是一种最佳的防御天敌,自我生存保护的空间格局,天敌的聚集格局是攻击捕获食饵,提高攻击效率的最佳空间格局.这充分说明草间小黑蛛种群对桃蚜种群在空间位置上具有较强的追随关系,是确定草间小黑蛛是桃蚜的优势种天敌的证据之一.实践证明,地理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 *Protylaca japonica*. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 11(3): 421~424(in Chinese)
- 2 Hassell MP, May RM. 1974. Aggregation of predators and insect parasites and its effect on stability. *J Anim Ecol*, 43: 567~594
- 3 Hou J-R(侯景儒), Huang J-X(黄竞先). 1985. Theory and Method of Geostatistics. Beijing: China Geology Press. (in Chinese)
- 4 Hurlbert SH. 1990. Spatial distribution of the montane unicorn. *Oikos*, 58: 257~271
- 5 Jiang J-M(蒋金妹), Luo M-H(罗梅浩), Guo X-R(郭线茹). 2004. The seasonal characters and structure of the arthropod community in aubergine and capsicum field in Zhengzhou suburbs. *J Henan Agric Univ* (河南农业大学学报), 38(1): 54~58(in Chinese)
- 6 Jumars PA, Thistle D, Jones ML. 1977. Detecting two-dimensional spatial structure in biological data. *Oecologia*, 28: 109~123
- 7 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
- 8 Liebold AM, Rossi RE, Kemp WP. 1993. Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology. *Annu Rev Ent*, 38: 303~327

- 9 Liebhold A M, Zhang X, *et al.* 1991. Geostatistical analysis of gypsymoth (Lepidoptera: Lymantriidae) egg mass populations. *Environ Ent*, 20: 1407~1417
- 10 Li Y-C(李友常), Xia N-B(夏乃斌), Tu Q-H(屠泉洪), *et al.* 1997. A geostatistical analysis on spatial patterns of *Anoplophora glabripennis* in poplars. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 17(4): 393~401 (in Chinese)
- 11 Li L(李磊), Zou Y-D(邹运鼎), Bi S-D(毕守东), *et al.* 2004. Geostatistical analysis on spatial patterns of *Aphis gossypii* and *Erigonidium graminicola*. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 15(6): 1043~1046 (in Chinese)
- 12 Rossi RE, Mulla DJ, Journel AG, *et al.* 1992. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecol Monogr*, 62(2): 277~314
- 13 Sawyer AJ. 1989. Inconstancy of Tabor's sb: Simulated sampling with different quadrat sizes and spatial distribution. *Res Popul Ecol*, 31: 11~24
- 14 Schotzko DJ, O'keeffe LE. 1989. Geostatistical description of the spatial distribution of *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) in lentils. *J Econ Ent*, 82(5): 1277~1288
- 15 Schotzko DJ, O'keeffe LE. 1990. Effect of sample placement on the geostatistical analysis of the spatial distribution of *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) in lentils. *J Econ Ent*, 83(5): 1888~1900
- 16 Shi G-S(石根生), Li D-M(李典谟). 1997. Spatial distribution of masson-pine caterpillar pupae and its parasitic natural enemy guilds for the overwintering generation in the different pine forests. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 17(4): 386~392 (in Chinese)
- 17 Southwood TRE. 1978. *Ecological Methods*. London: Chapman and Hall.
- 18 Taylor LR. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect population. *Annu Rev Ent*, 29: 321~357
- 19 Vieira SR, Hatfield JL, *et al.* 1989. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, 51: 1~75
- 20 Wang C-G(王昌贵), Zhen H-M(郑华美), Li S-Y(李素英), *et al.* 2003. The study of reproduction habits and appetite observation of *Erigonidium graminicola*. *Shandong For Sci Technol* (山东林业科技), 5: 39 (in Chinese)
- 21 Williams III, Schotzko DJ, McCaffrey JP. 1992. Geostatistical description of the spatial distribution of *Limoniuss californicus* (Coleoptera: Elateridae) wireworms in the northwestern United States, with comments on sampling. *Environ Ent*, 21(5): 983~995
- 22 Zhou Q(周琼), Liang G-W(梁广文), Zeng L(曾玲). 2004. Population dynamics of aphids and their natural enemies on crucifer vegetables in Shenzhen Suburbs. *Chin J Biol Control* (中国生物防治), 20(1): 70~71 (in Chinese)
- 23 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)
- 24 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 丁程成,女,1980年生,硕士,博士研究生.主要从事昆虫生态学研究,发表论文10篇.

## 欢迎订阅 2006 年《应用生态学报》

《应用生态学报》(1990年创刊)是经国家科委批准、科学出版社出版的国内外发行的综合性学术刊物。本刊宗旨是坚持理论联系实际、结合科研、教学、生产实际,报导生态科学诸领域在应用基础研究方面具有创新的研究成果,交流基础研究和应用研究的最新信息,促进生态学研究为国民经济建设服务。

本刊专门登载有关应用生态学(主要包括森林生态学、农业生态学、草地牧业生态学、渔业生态学、自然资源生态学、全球生态学、污染生态学、化学生态学、生态工程学和恢复生态学等)的综合性论文、创造性研究报告和研究简报等。

本刊读者对象主要是从事生态学、地学、林学、农学和环境科学研究、教学、生产的科技工作者,有关专业的大学生及经济管理和决策部门的工作者。

本刊与数十家相关学报级期刊建立了长期交换关系,《中国科学引文索引》、《中国生物学文摘》、美国《生物学文摘》(BA)、美国《化学文摘》(CA)、英国《生态学文摘》(EA)、日本《科学技术文献速报》(CBST)和俄罗斯《文摘杂志》(PЖ)等十几种权威检索刊物均收录本刊的论文摘要(中英文),并被认定为《中国核心期刊(遴选)数据库》和《中国科学引文数据库》来源期刊。本刊的整体质量与水平已达到新的高度,1992年荣获全国优秀科技期刊三等奖和中国科学院优秀期刊二等奖,1996年荣获中国科学院优秀期刊三等奖,2000年荣获中国科学院优秀期刊二等奖,2001年入选中国期刊方阵双效期刊。

本刊为月刊,A4开本,192页,每月18日出版,期定价45.00元,全国各地邮政局(所)均可订阅,邮发代号8-98。错过订期也可直接向本刊编辑部邮购,个人订阅优惠30%。地址:110016辽宁省沈阳市文化72号《应用生态学报》编辑部。电话:(024)83970393,E-mail:cjiae@iae.ac.cn