

西洋菜地主要害虫空间格局的地统计学分析

张娟, 陆永跃, 曾玲, 梁广文, 许益鏊

(华南农业大学 昆虫生态研究室, 广东 广州 510642)

摘要:应用地统计学方法分析了西洋菜地黄曲条跳甲 *Phyllotreta striolata* 成虫、菜粉蝶 *Pieris rapae* 及小菜蛾 *Plutella xylostella* 幼虫的空间格局,建立了多个描述东西方向上间隔距离与半方差值之间关系的曲线模型. 结果表明,黄曲条跳甲成虫、菜粉蝶及小菜蛾幼虫种群空间分布具有高度异质性,其空间自相关范围分别为 11.98、7.34 和 6.40 m,空间格局均为聚集型,变异函数曲线皆为球形. 所建模型的参数块金常数占基台的比例分别为 -0.058 8、0.596 7 和 1.536 3.

关键词:西洋菜; 黄曲条跳甲; 菜粉蝶; 小菜蛾; 空间格局; 地统计学

中图分类号: Q968.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2011)02-0035-04

Geostatistical Analysis for Spatial Distribution of the Insect Pests in Watercress Field

ZHANG Juan, LU Yong-yue, ZENG Ling, LIANG Guang-wen, XU Yi-juan

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

Abstract: Geostatistical analysis was used to study the spatial distribution patterns of adults of *Phyllotreta striolata* Fabricius, larvae of *Pieris rapae* Linnaeus and *Plutella xylostella* Linnaeus in watercress field, and the curve models of the interval distances and semivariogram were established in the direction of west-east. The results showed that the semivariogram curve models of *P. striolata*, larvae of *P. rapae* and *P. xylostella* could be described by spherical models, which indicated that their spatial patterns were aggregated, and the spatial ranges were 11.98, 7.34 and 6.40 m, and the varied spatial discontinuities were -0.058 8, 0.596 7 and 1.536 3 respectively.

Key words: watercress; *Phyllotreta striolata*; *Pieris rapae*; *Plutella xylostella*; spatial distribution pattern; geostatistics

西洋菜 *Nasturtium officinale* 又名豆瓣菜、水田芥、水芥菜, 隶属于十字花科豆瓣菜属^[1], 多生长于水田或终年有水的浅沟和泽地, 广东、上海等地的种植面积较大^[2]. 国内外对西洋菜的来源^[3-4]、栽培^[5-6]、化学成分^[7-8]及药理作用^[9]等方面开展了不少研究. 调查明确了西洋菜上害虫种类, 主要包括蚜虫、小菜蛾、黄曲条跳甲、菜青虫和猿叶甲等^[4-6]. Borth 等^[10]发现温室内二叉叶蝉可传播西洋菜黄萎病毒, 致使西洋菜大面积减产. 在生物防治方面 Baur

等^[11]研究表明, 昆虫致病线虫和杆菌可有效抑制西洋菜上小菜蛾的发生. 害虫空间分布格局的研究对害虫调查和防治等具有重要意义, 多种十字花科蔬菜害虫空间分布的研究为大田害虫防控提供了重要理论依据^[12-17]. 关于西洋菜上害虫空间格局的研究报道较少, 而应用地统计学方法 (Geostatistics) 研究害虫空间分布鲜见报道. 目前, 地统计学在昆虫种群空间结构研究中应用较为广泛^[18-24]. 本文应用地统计学方法, 研究了西洋菜地黄曲条跳甲 *Phyllotre-*

收稿日期: 2010-05-10

作者简介: 张娟 (1981—), 女, 博士研究生; 通信作者: 曾玲 (1949—), 女, 教授, E-mail: zengling@scau.edu.cn

基金项目: 国家科技支撑计划 (2008BADA5B01, 2008BADA5B04)

ta striolata 成虫、菜粉蝶 *Pieris rapae* 及小菜蛾 *Plutella xylostella* 幼虫种群的空间分布格局,揭示它们之间的空间分布型及空间距离关系,以期为西洋菜害虫管理提供依据。

1 研究区域与方法

1.1 调查地点与取样方法

试验地点位于广东省广州市增城华南农业大学科学教研基地。西洋菜 *Nasturtium officinale* 种植以东西方向为行,行距均为 1 m。西洋菜整个种植期间不施用任何化学杀虫剂。2009 年 3 月进行调查。调查的害虫种类及虫态为黄曲条跳甲成虫、菜粉蝶及小菜蛾幼虫。采用栅格式取样方法,以 1 m × 1 m 方格为 1 个样方,在菜地中间按东西方向每 2 行抽取 1 行,共 4 行,每行调查 15 个样方,共 60 个样方。调查记录主要害虫的位置和数量。

1.2 变异曲线图的建立

应用半方差公式 (Semivariogram) 计算东西方向上不同间距的半方差函数值,作半方差函数值对间隔距离的坐标图 (变异曲线图)。应用球型模型拟合半方差值和间隔距离间的关系,并进行 *t* 检验。根据所建立的模型参数分析黄曲条跳甲成虫、菜粉蝶及小菜蛾幼虫的空间格局。半方差函数值 $[R'(h)]$ 具体计算公式如下:

$$R'(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_{i+h})]^2,$$

式中, $N(h)$ 是被 h 分割的数据对的数量, $Z(x_i)$ 和 $Z(x_{i+h})$ 分别是在点 x_i 和 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,即变程 (Range)、基台值 (Still)、块金值 (Nugget)。其中,变程反映了空间依赖范围,即半方差函数值不再增加时的距离,用 α 表示;基台值反映变量变化幅度的大小,用 $C + C_0$ 表示;块金值反映了区域化变量 $Z(x_i)$ 内部随机性的可能程度,用 C_0 表示;变量的随机程度用 $C_0/(C + C_0)$ 表示。数据分析使用 DPS 软件进行^[25]。

2 结果与分析

2.1 广州地区冬季西洋菜害虫种类及数量

由表 1 可见,广州地区冬季及之后一段时间黄曲条跳甲成虫、菜粉蝶及小菜蛾幼虫是西洋菜地主要的害虫,占整个昆虫群落的 89.91%。其中黄曲条跳甲成虫数量最多,占 43.91%;菜粉蝶幼虫次之,占 34.54%;小菜蛾幼虫占 11.46%。因此,以这 3 种害虫作为研究对象,研究其空间格局。

表 1 西洋菜地主要害虫种类

Tab. 1 Species composition of overwintering insect community in watercress fields

越冬种类	类别	所占比例/%
黄曲条跳甲	鞘翅目,害虫	43.91
菜粉蝶幼虫	鳞翅目,害虫	34.54
小菜蛾幼虫	鳞翅目,害虫	11.46
大猿叶甲	鞘翅目,害虫	4.60
蝇类	双翅目,中性昆虫	5.08
蚊类	双翅目,中性昆虫	0.40

2.2 西洋菜地主要害虫种群空间分布的半方差函数值和空间格局

将调查所得数据进行整理,计算出黄曲条跳甲成虫、菜粉蝶及小菜蛾幼虫的半方差函数值 $[R'(h)]$ (表 2)。经分析比较,3 种主要害虫种群的半方差函数最优拟合模型均为球形 (表 3),空间格局为聚集型。由表 3 的参数可知,黄曲条跳甲的空间相关距离为 11.98 m,大于菜粉蝶幼虫的 7.34 m 和小菜蛾幼虫的 6.40 m,说明黄曲条跳甲在东西方向的空间连续性大于菜粉蝶和小菜蛾幼虫。块金常数 (C_0) 菜粉蝶幼虫大于黄曲条跳甲和小菜蛾幼虫,而基台值 ($C + C_0$) 黄曲条跳甲远大于菜粉蝶和小菜蛾幼虫,说明黄曲条跳甲数量空间变异程度大于菜粉蝶和小菜蛾幼虫。所建模型的参数块金常数占基台的比例 (即空间不连续性程度) 分别为 -0.058 8、0.596 7 和 1.536 3,表明黄曲条跳甲成虫空间分布的随机程度远小于菜粉蝶和小菜蛾幼虫,后两者空间分布存在一定的随机性和结构性,聚集程度不高。

表 2 西洋菜地主要害虫种群空间分布的半方差函数值

Tab. 2 Observed semivariograms for the dominant insect pests in watercress fields

距离/m	黄曲条跳甲成虫	菜粉蝶幼虫	小菜蛾幼虫
1	20.482 1	22.464 3	4.205 4
2	34.442 3	23.432 7	4.355 8
3	43.291 7	39.302 1	4.697 9
4	46.500 0	39.136 4	4.363 6
5	66.675 0	48.125 0	4.575 0
6	88.194 4	42.180 6	4.069 4
7	113.828 1	48.000 0	6.468 8
8	112.660 7	38.500 0	4.892 9
9	115.729 2	45.812 5	2.250 0
10	129.600 0	24.400 0	3.750 0
11	148.375 0	34.687 5	4.187 5
12	145.250 0	15.708 3	6.041 7
13	152.875 0	20.062 5	8.312 5
14	107.000 0	26.500 0	10.875 0

表3 西洋菜地主要害虫种群空间格局的半方差函数模型¹⁾

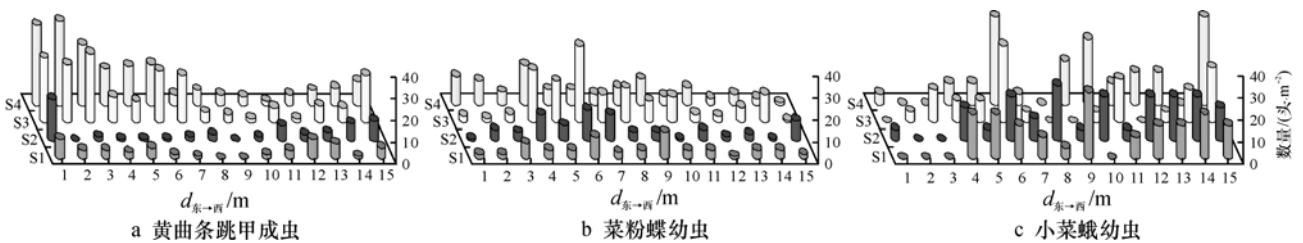
Tab.3 Semivariogram models for the spatial pattern of the dominant insect pests in watercress fields

害虫种类	密度/ (头·株 ⁻¹)	半方差函数参数			$C_0/(C+C_0)$	R^2
		α/m	C_0	C		
黄曲条跳甲成虫	5.00 ± 1.27	11.983 2	-8.030 0	144.612 0	-0.058 8	0.932 0 ^{**}
菜粉蝶幼虫	7.00 ± 0.81	7.339 7	24.540 0	16.590 7	0.596 7	0.498 6 [*]
小菜蛾幼虫	2.00 ± 0.27	6.402 6	5.729 3	-2.000 0	1.536 3	0.669 7 ^{**}

1) *、** 分别表示模型拟合的相关系数达 0.05、0.01 的显著水平;空间格局均为聚集型,模型均为球型。

根据调查所得的 3 种主要害虫种群数量及半方差函数值,分别绘出三维密度直方图(图 1)和变异曲线(图 2)。由图 1、2 可知,3 种害虫种群在田间分布呈现出明显的空间结构,东西方向上 3 种主要害

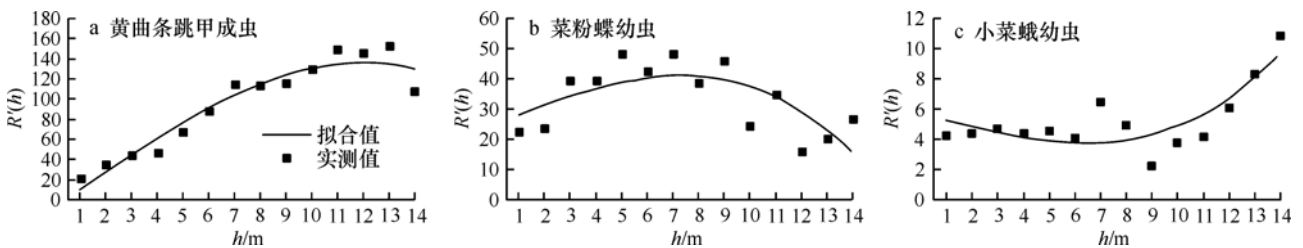
虫不同距离上的半方差函数值变化规律明显,表现为随着间隔距离的增大,半方差函数值逐渐增大,具有空间依赖性。



图中坐标上 S1~S4 表示样方在南北方向上的行。

图1 西洋菜地主要害虫密度分布的三维直方图

Fig.1 Three-dimensional density of the dominant insect pest in watercress fields



a: $R'(h) = -8.030\ 0 + 144.612\ 0[3h/23.966\ 4 - 1/2(h/11.983\ 2)^3]$; b: $R'(h) = 24.540\ 0 + 16.590\ 7[3h/14.679\ 4 - 1/2(h/7.339\ 7)^3]$; c: $R'(h) = 5.7293 + 6.4026[3h/12.8052 - 1/2(h/6.4026)^3]$.

图2 西洋菜地主要害虫半变异函数曲线图

Fig.2 The semivariogram of the dominant insect pest in watercress fields

3 讨论与结论

利用昆虫种群空间格局的经典方法不仅不能充分获取种群数量分布的空间信息,也不能确定空间相关范围大小,而且容易导致同一组资料用不同方法拟合空间格局时可能同时符合 2 种或 2 种以上的理论模型,因而难以区别不同格局的差异。应用地统计学方法分析昆虫空间格局则可避免上述问题,是真正意义上的空间格局分析^[15]。本文应用地统计学的方法对西洋菜 3 种主要害虫黄曲条跳甲成虫、菜粉蝶及小菜蛾幼虫的空间分布进行研究,结果表明,3 种害虫均表现为聚集格局,变异函数曲线皆为球型

模型,变程在 6.40~11.98 m 之间,这是因为在一定的空间和时间下环境因子或自然资源不同,以及其自身习性使得个体聚集在一起,但又保持一定的距离,以维持彼此食物和环境资源的平衡。3 种害虫 $C_0/(C+C_0)$ 值变动较大:黄曲条跳甲成虫仅为 -0.058 8,远小于 1;菜粉蝶幼虫为 0.596 7,小于 1;小菜蛾幼虫为 1.536 3,接近于 1。这说明黄曲条跳甲和菜粉蝶幼虫在西洋菜上的聚集强度较大,尤其是黄曲条跳甲,可能是由于这 2 种虫的密度均较高及分布较为集中造成的;小菜蛾幼虫的聚集强度较小,也可能与其自身的密度及分布状况有关。本次试验仅就西洋菜上 3 种主要害虫某一时期东西方向的分

布进行探讨,今后将应用地统计学方法对其在不同时期和方位上的相关性与连续性开展进一步研究.

参考文献:

- [1] 杨乾展,赵浩如,程景才,等.西洋菜的研究进展[J].河北农业科学,2008,12(4):22-24.
- [2] 陈志红,揭新明,王秀季,等.西洋菜微量元素的测定分析[J].广东微量元素科学,2005,12(3):54-56.
- [3] 饶璐璐.西洋菜[J].中国食品,1995(7):23.
- [4] 丘招蓉.西洋菜[J].饮食科学,1995(2):38.
- [5] 潘兹亮,吕玉虎,吴淑萍,等.西洋菜栽培技术[J].河南农业科学,2000(6):28.
- [6] 宋天伦,黄本玲.西洋菜有性栽培技术[J].上海农业科技,1994(6):4-5.
- [7] KOPSELL D A, BARICKMAN T C, SAMS C E, et al. Influence of nitrogen and sulfur on biomass production and carotenoid and glucosinolate concentrations in watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(26):10628-10634.
- [8] MARTINAZ-SANCHEZ A, ALLEND A, CORTES-GALERA Y, et al. Respiration rate response of four baby leaf *Brassica* species to cutting at harvest and fresh-cut washing [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 47(3):382-388.
- [9] MARTINAZ-SANCHEZ A, GIL-IZQUIERDO A, GIL M I, et al. A comparative study of flavonoid compounds, vitamin C, and antioxidant properties of baby leaf *Brassicaceae* species [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(7):2330-2340.
- [10] BORTH W B, FUKUDA S K, HAMASAKI R T, et al. Detection, characterisation and transmission by macrosteles leafhoppers of watercress yellows phytoplasma in Hawaii [J]. Annals of Applied Biology, 2006, 149(3):357-363.
- [11] BAUR M E, KAYA H K, TABASHNIK B E, et al. Suppression of diamondback moth (Lepidoptera:Plutellidae) with an entomopathogenic nematode (Rhabditida:Steinernematidae) and *Bacillus thuringiensis* Berliner [J]. Journal of Economic Entomology, 1998, 91(5):1089-1095.
- [12] 梁广文,曾玲,童晓立.黄曲条跳甲成虫的空间分布图式研究[J].华南农业大学学报,1990,11(1):15-22.
- [13] 李志胜,黄永俏,林醒,等.黄曲条跳甲成虫空间分布型及抽样技术[J].福建农林大学学报,2002,31(3):297-300.
- [14] 杨朗,黄立飞,黎柳峰,等.菜粉蝶幼虫空间分布型及几种杀虫剂对其防效的研究[J].浙江农业科学,2008(4):467-469.
- [15] 杜予州,任顺祥.菜粉蝶种群空间分布型研究[J].贵州农学院学报,1988,2:46-52.
- [16] 庞保平,邢莉,王振平,等.小菜蛾空间分布格局及抽样技术的研究[J].内蒙古农业科技,1999(6):12-14.
- [17] 林居庆,陈聚元.小菜蛾幼虫空间分布型和抽样技术的研究[J].华东昆虫学报,1994,3(2):61-65.
- [18] 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.
- [19] 耿继光,邹运鼎,毕守东,等.地理统计学表达的麦二叉蚜及蚜茧蜂空间格局特征[J].应用生态学报,2002,13(10):1307-1310.
- [20] 黄保宏,邹运鼎,毕守东,等.朝鲜球坚蚧及黑缘红瓢虫空间格局的地统计学研究[J].应用生态学报,2003,14(3):413-417.
- [21] 陆永跃,李宁东,梁广文,等.红火蚁多蚁后型种群有效蚁巢局域分布的空间相关性[J].应用生态学报,2007,18(1):140-144.
- [22] 于鑫,陆永跃,梁广文,等.桔小实蝇雄成虫空间分布的地理统计学分析[J].华南农业大学学报,2006,27(2):28-31.
- [23] 高书晶,庞保平.史丽,等.小菜蛾幼虫空间格局的地统计学分析[J].昆虫知识,2004,41(4):324-327.
- [24] 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.
- [25] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其DPS数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002.

【责任编辑 周志红】