

黄瓜花叶病介体蚜虫种群空间格局动态分析

李伟东 林孔勋 范怀忠

(植保系)

提 要

本文采用聚集指标、聚集指标的模糊聚类分析和空间格局的回归分析等方法,对黄瓜花叶病传毒介体——瓜蚜自然种群动态进行分析,春秋两季瓜蚜种群均为聚集分布,秋季瓜蚜种群空间格局聚集性可划分为前、中、后三种类型,春季瓜蚜分为前、后两种类型。

关键词 黄瓜;花叶病;蚜虫空间动态;模糊聚类分析

引 言

种群的空间格局(Spatial Pattern)是指生物种群在其生存环境位置中的空间分布,是最能表现生物种群的种性的生态学特性之一^[1],种群的空间格局是由种的生物学特性和栖境决定的。许多生态学者指出,种群空间格局的研究对于种群生态学的理论和实践应用方面,其意义是深远的。^[1, 9, 10]

在对黄瓜花叶病传毒介体——瓜蚜自然种群系统调查的基础上,运用聚集指标、聚集指标的模糊聚类分析和空间格局的回归分析,对瓜蚜的空间格局进行测定和探讨,以研究瓜蚜种群空间格局在春、秋两季中的变化动态

材 料 与 方 法

1986年春、秋二季,在广州东圃区黄瓜上,进行蚜虫种群动态的系统调查,品种为黄瓜夏二青,试验地面积均为1亩。

1988年10月24日收稿

在整个生长季节中,按种植者一般管理措施进行,但禁用一切对介体蚜虫有杀伤作用的农药。

田间调查:春黄瓜,以瓜株上发现蚜虫至瓜株衰老死亡止,每2天调查一次,定点定株观察,共100株叶片上的蚜虫数;秋黄瓜从9月10日起,用同样方法进行调查,但只调查每株的1/3叶片上的蚜虫数(即从瓜株地面起往上,每隔2叶调查叶片上的蚜虫数),并把它作为每株的蚜虫量,蚜虫分别以有翅蚜、无翅蚜、成蚜、若蚜记录。

调查结果

春瓜共得到6个日期的样本(表1),秋瓜得到12个日期的样本(表2)

从表中可以看出, $SK > 0$,表明这些分布均为正偏; $K > 0$,说明这些分布的峰都比正态分布的峰要陡峭;而 $CV > 1$,说明这些分布的相对离散程度是明显波动的。

频数分布是研究种群空间格局的经典方法,因其固有缺点,从60年代以来,发展了多种聚集指标的方法来研究种群空间格局^[1,9,10]。

广州地区的黄瓜植株上,通常定殖的蚜虫有瓜蚜(*Aphis gossypii*)和桃蚜(*Myzus persicae*)两种,通常以瓜蚜为主,占种群数量的绝大多数。蚜虫是典型的r策略的昆虫,这是一种在高出生率,短世代,可迁移,兼性多型,能迅速达到高密度,死亡率也高的基础上形成的“机会主义”的对策。其种群的特性之一是突然爆发和猛烈溃崩。所以,其种群数量和空间格局具有的特点是:1.变化快;2.发生期间可达到相当大的数量;3.对环境条件敏感;4.样本中个体数量离散程度相当高^[3]。

表1 样本统计量和分布形态参数。(1986春植)

抽样日期	MX	SS	CV	SK	K	PL%
6/5	1.56	110.17	6.73	19.77	64.84	6
8/5	4.88	351.27	3.84	12.65	26.7	14
10/5	12.54	3499.05	4.72	18.37	18.18	16
12/5	8.74	1049.79	3.71	11.87	23.22	14
14/5	4.44	273.01	3.72	15.51	44.15	18
16/5	7.16	599.33	3.42	10.46	18.01	10

• 样本量均为100, MX为种群密度(头/株)。CV为变异系数。SK为偏度系数, K为峰度系数。PL%为有蚜株率

表2 样本统计量和分布形态参数(1986秋植)

抽样日期	MX	SS	CV	SK	K	PL%
4/9	2.4	8.64	1.2	5.73	6.02	74
6/9	8.26	70.1	1.01	3.79	2.25	83
8/9	23.72	450.3	0.89	4.02	3.56	92
10/9	57.38	2626.28	0.89	3.88	1.66	93
12/9	96.02	11475.5	1.11	6.69	8.07	98
14/9	279.86	89140.4	1.00	8.01	12.77	100
16/9	384.12	149290	1.00	8.87	14.27	100
18/9	876.62	783424	1.00	6.57	7.63	100
20/9	779.08	444585	1.00	6.32	8.73	100
22/9	1054.02	830385	0.86	3.84	1.74	98
24/9	847.9	513004	0.85	4.41	4.14	66
26/9	695.6	414930	0.93	6.2	10.8	90

表中符号同表1

(一) 种群聚集性的模糊聚类分析

蚜虫的生存环境基本上是空间离散的。一般测定离散生存环境单位中种群聚集程度的指标有: 扩散系数C、负二项分布的K、扩散型指数 I_{δ} 、平均拥挤度 M^* 、估计个体群面积的指数 M^*/MX 、估计个体群大小的指数 L_1 、种群聚集均数 λ 、丛生指标I、聚集度指数 $CA^{[19, 69, 10]}$ 。表3、表4分别列出了春秋两季样本的上述指标计数值。

从表3、4可以看到, 样本的各聚集性指标都表明, 介体蚜虫在田间的空间格局为聚集分布。随着时间的推移, 扩散系数有上升趋势, 平均拥挤度越来越高。

在众多的聚集性指标中, 选用有代表意义的MX、PL%、 M^* 、 M^*/MX 、C等参数, 运用模糊聚类分析方法, 分析介体蚜虫种群的空间格局动态。

模糊聚类分析方法的要点^[4]:

1. 各定量指标标准化: 设 X_{ij} 为原始数据, \bar{X}_j 为j变量的平均值, S_j 为j变量的标准差, 按下式把 X_{ij} 转化为标准化数据 X'_{ij} 。

$$X'_{ij} = (X_{ij} - \bar{X}_j) / S_j$$

2. 计算模糊相似矩阵: $r_{ik} = \sum_{j=1}^m X'_{ijk} \cdot X'_{ijk} / \sqrt{\sum_{j=1}^m X'_{ijk}{}^2 \cdot \sum_{j=1}^m X'_{ikj}{}^2}$

3. 求模糊等价矩阵 R^* : $R^* = \tilde{R}^{2k}$

4. 模糊聚类: 给定模糊等价矩阵 $\tilde{R}^* = (r_{ik})$, 则对于任一 λ ($\lambda \in [0, 1]$)

所截得的 λ 截矩阵 \widetilde{R}_λ 也是等价矩阵,其中 $\widetilde{R} = (\lambda_{r_i})$ 的各元素为:

$$\lambda_{r_i} = \begin{cases} 1 & \text{当 } r_i > \lambda \\ 0 & \text{当 } r_i < \lambda \end{cases}$$

用 \widetilde{R}_λ 截矩阵的方法,便可得到点集在 λ 水平的分类。

进行模糊聚类分析的原始数据列于表5,6。然后改造,得模糊等价矩阵 \widetilde{R}^* (表7,8)。

表3 瓜蚜种群样本集中各聚集指标的数值·(1986春植)

样本	C	K	I_δ	I	M·	M*/MX	λ	CA	L_1
5.6	70.6194	0.0224	45.3633	69.6194	71.1794	45.6278	0.6942	44.6279	28.9151
5.8	72.0544	0.0687	15.3278	71.054	75.9344	15.5603	2.1716	14.5603	13.0841
5.10	279.053	0.0734	22.7268	278.031	290.571	23.1715	5.5803	22.1715	21.958
5.12	120.113	0.0738	14.3866	119.013	127.854	14.6285	3.8893	13.1285	13.2293
5.14	64.4879	0.0734	14.4114	600.4879	64.7279	14.6234	1.9758	13.6234	12.1191
5.16	83.7059	0.0866	12.3518	82.7059	89.8659	12.5511	3.1861	11.5511	11.1365

·表中符号见正文

表4 瓜蚜种群样本集中各聚集指标的数值·(1986秋植)

样本	C	K	I_δ	I	M·	M·/MX	λ	CA	L_1
9.4	3.6	1.1017	1.8717	2.6	5.0	1.9077	5.9513	0.9071	1.8079
9.6	8.4979	0.9231	2.0706	7.4979	15.7579	2.0833	1.6156	1.0833	1.7647
9.8	18.9866	1.3188	1.7438	17.9866	41.7086	1.7583	18.147	0.7583	1.7276
9.10	45.7699	1.2817	1.7649	44.7699	102.15	1.7802	43.383	0.7802	1.7669
9.12	118.991	0.8138	2.2045	117.991	214.011	2.2288	61.313	1.2288	2.2162
9.14	299.28	0.9966	1.9815	298.28	596.14	2.0014	206.317	1.0014	1.9981
9.16	386.05	0.9976	1.9824	385.051	769.171	2.0024	265.974	1.0024	1.9998
9.18	893.687	0.982	1.9979	892.687	1769.31	2.0183	603.674	1.083	2.0172
9.20	570.654	1.3676	1.7366	569.654	1348.73	1.7312	600.01	0.7312	1.7302
9.22	787.827	1.3399	1.7316	786.827	1840.85	1.7465	778.078	0.7465	1.7458
9.24	605.029	1.4037	1.6982	604.029	1451.93	1.7124	657.586	0.7124	1.7115
9.26	596.507	1.1681	1.839	595.507	1291.11	1.8561	510.777	0.8561	1.8549

·表中符号同表3

表5 总蚜量模糊聚类分析数据 (1986春)

N	MX	PL%	M*	C	M*/MX
1	1.65	6	71.18	70.62	45.63
2	4.88	14	75.93	72.05	15.56
3	12.54	16	290.57	279.05	23.17
4	8.74	14	127.85	120.11	14.63
5	4.44	18	62.93	64.48	14.62
6	7.16	10	89.87	83.71	12.55

表6 总蚜量模糊聚类分析数据 (1986秋)

N	MX	PL%	M*	C	M*/MX
1	2.4	74	5.0	3.6	1.91
2	8.3	84	15.76	8.49	2.08
3	23.7	92	41.71	18.99	1.76
4	57.4	93	102.15	45.77	1.78
5	96.6	98	214.01	118.99	2.23
6	297.9	100	596.14	299.28	2.00
7	384.1	100	769.17	386.05	2.00
8	876.6	100	1769.31	893.69	2.02
9	779.1	100	1348.31	570.65	1.73
10	1054.0	98	1840.85	787.83	1.75
11	847.9	96	1457.93	605.03	1.71
12	695.6	90	1291.11	596.51	1.86

表7 模糊等价矩阵

1	0.4748	0.4748	0.4748	0.4748	0.4748
	1	0.5653	0.7368	0.8378	0.7476
		1	0.5653	0.5653	0.5653
			1	0.7368	0.7368
				1	0.7476
					1

表8 模糊等价矩阵

1	0.3609	0.3609	0.3609	0.3609	0.3128	0.3128	0.3128	0.3128	0.3128	0.3128	0.0885
	1	0.3786	0.3796	0.3796	0.3128	0.3128	0.3128	0.3128	0.3128	0.3128	0.0885
		1	0.4116	0.4116	0.3128	0.3128	0.3128	0.3128	0.3128	0.3128	0.0885
			1	0.5115	0.3128	0.3128	0.3128	0.3128	0.3128	0.3128	0.0885
				1	0.3128	0.3128	0.3128	0.3128	0.3128	0.3128	0.0885
					1	0.7427	0.4799	0.4799	0.4799	0.4799	0.0885
						1	0.4799	0.4799	0.4799	0.4799	0.0885
							1	0.808	0.9121	0.808	0.0885
								1	0.808	0.9079	0.0885
									1	0.808	0.0885
										1	0.0885
											1

对 \tilde{R}^*_{λ} 进行入截取, \tilde{R}_{λ} 分类过程如下:

春植: 当 $\lambda \geq 0.84$, 各元素单独为一类, 共 6 类; 当 $0.75 \leq \lambda < 0.84$, (2、5) 并为一类, 其余单独成类; 当 $0.74 \leq \lambda < 0.75$, (2、5、6) 并为一类, 其余单独成类; 当 $0.57 \leq \lambda < 0.74$, (2、4、5、6) 并为一类, 其余单独成类; 当 $0.48 \leq \lambda < 0.57$, (2、3、4、5、6), (1), 分为二类; 当 $\lambda < 0.48$, 全部并为一类。

动态聚类过程见图 1。

秋植: 当 $\lambda > 0.912$, 各元素单独成类, 共 12 类; 当 $0.908 \leq \lambda < 0.912$, (8、10) 并为一类, 其余单独成类; 当 $0.808 \leq \lambda < 0.908$, (8、10), (9、11) 成类, 其余单独成类; 当 $0.74 \leq \lambda < 0.808$, (8、9、10、11) 成类, 其余单独成类; 当 $0.51 \leq \lambda < 0.74$, (6、7), (8、9、10、11) 成类, 其余单独成类; 当 $0.48 \leq \lambda < 0.51$, (4、5), (6、7), (8、9、10、11) 成类, 其余单独成类; 当 $0.45 \leq \lambda < 0.48$, (4、5), (6、7、8、9、10、11) 成类, 其余单独成类; 当 $0.41 \leq \lambda < 0.45$, 分为 (1), (2), (3、4、5), (6、7、8、9、10、11), (12) 共 5 类; 当 $0.38 \leq \lambda < 0.41$, 分为 (1), (2、3、4、5), (6、7、8、9、10、11), (12), 共 4 类;

当 $0.36 \leq \lambda < 0.38$, 分为 (1、2、3、4、5), (6、7、8、9、10、11), (12), 共 3 类; 当 $0.31 \leq \lambda < 0.38$, 分为 (1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11) (12), 分为 2 类; 当 $\lambda < 0.09$, 全部并为一类。

动态聚类过程见图 2。

图 1 表明: 该虫种群的空间格局聚集性可划分为前后二大类。二者之间仅有 0.48 的相似关系, 可以认为两者的性状是完全不同的。状态 1 在很低的水平仍未能与任何状态

归类，表明在这短期内，蚜群有独特的特征：MX很低，有蚜株率很低，田间以有翅蚜迁入为主。

图2表明，在 $0.31 \leq \lambda < 0.38$, \tilde{R}_λ 截阵表明，状态1、2、3、4、5归为一类，描述了此时的蚜虫种群结构：蚜虫密度低，聚集性较低，但仍为聚集性分布，此时，主要为田外有翅蚜的迁入。

状态(6~11)归为一类，在此时期内，有翅蚜在田内定殖并繁殖后代，并建立种群，有蚜株率迅速上升，蚜虫群体数量急剧增加，形成生长季节中的高聚集阶段，随后，渐趋于平稳状态。

状态(12)单独成类，表明田间瓜株逐渐死亡，田间食物贫乏，蚜虫种群数量远远大于理论环境容量，蚜群解体，有翅蚜大量外迁，种群数量迅速下降。聚集度也较低。

(二)种群空间格局的回归分析

利用Taylor 幂法则^[9]对春秋二季的数据拟合，得到二式：

春： $S S = 37.7853 M X^{-1.5537}$, $R^2 = 0.8866$

秋： $S S = 1.2988 M X^{-1.034}$, $R^2 = 0.9978$

二式均有 $a > 1$, $b > 1$, 表明该蚜虫在一切密度下都是聚集的，且聚集强度随种群密度上升而增强。

应用Iwao模型^[7]和Iwao模型改进型^[5]，得到下列四式：

春： $M^* = 10.1299 + 19.8655 M X$ $F = 28.92$, $R^2 = 0.8785$

$M^* = 103.111 - 22.1625 M X + 2.9411 M X^2$ $F = 253.08$, $R^2 = 0.984$

秋： $M^* = 22.2125 + 1.7922 M X$ $F = 603.198$, $R^2 = 0.995$

$M^* = 0.5873 + 2.0536 M X - 2.7465 \times 10^{-4} M X^2$ $F = 511.8$, $R^2 = 0.981$ $\alpha > 0$, $\beta > 1$, 表明蚜虫个体相互吸引，分布的基本成分为个体群，田间介体蚜虫呈聚集分布(图3、4)。

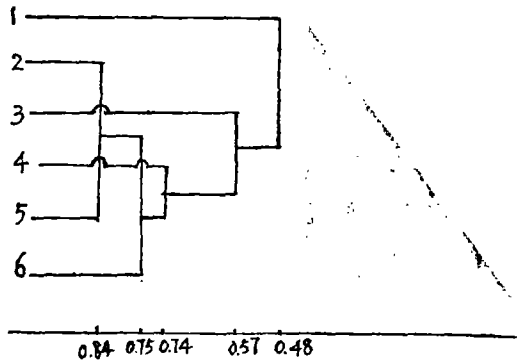


图1 春植瓜蚜的Fuzzy聚类动态图

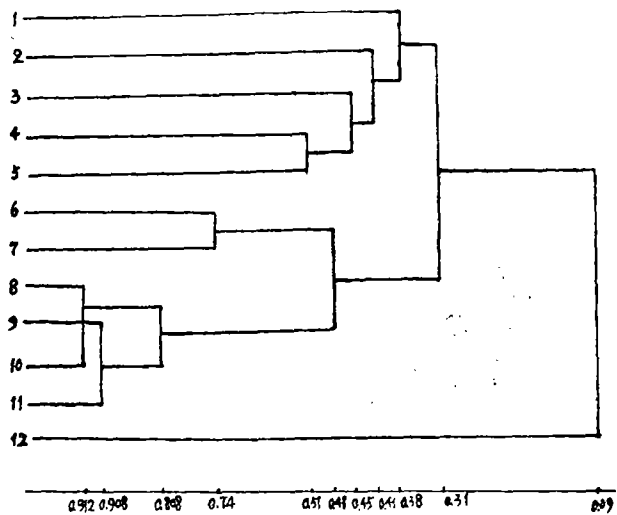
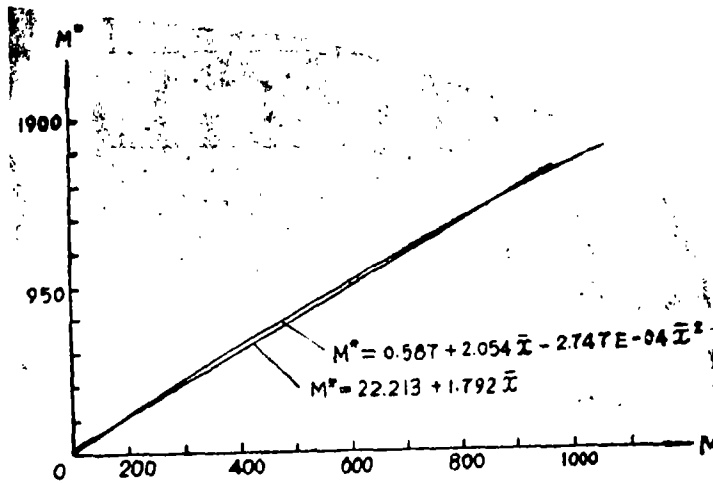
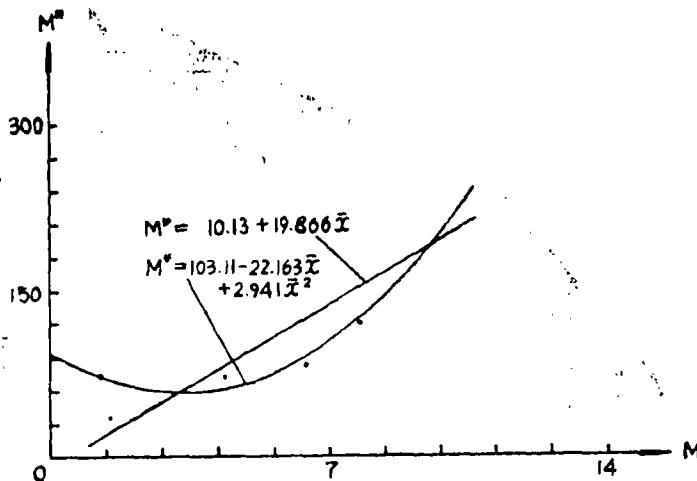


图2 秋植瓜蚜的Fuzzy聚类动态图

图3 秋介体蚜虫种群空间格局的 M^* - M 回归分析图4 春介体蚜虫种群空间格局的 M^* - M 回归分析

讨论与结论

本研究的结果表明,春秋二季瓜蚜种群均为聚集分布,且无论用何种方法进行分析,结果都一致,这与宋哲和^[2]报道的这种蚜虫在棉花植株上的空间格局是一致的,而且,各种群的集聚性并不是一成不变的,而是随种群密度和环境条件的变化而波动。

在病毒病害中,传毒介体在病害流行过程中有很大的作用,蚜传植物病毒病害的发展程度,基本上由蚜虫介体的活动所决定^[8]。介体在田间的分布方式和种群消长情况,往往关系着病毒病害的田间分布和增长。本文对瓜蚜种群生态学有关方面的探讨,有助于全面了解黄瓜花叶病在田间扩展和流行特征,对花叶病的模拟预测,进行综合管理,提供更全面的理论基础。

引用文献

- [1] 丁岩钦. 昆虫种群数学生态学原理与应用. 北京: 科学出版社, 1980: 113—124
- [2] 宋哲和. 昆虫学报, 1974, 17: 1—9
- [3] 沈佐锐, 管致和. 生物数学学报, 1986, 1: 9—15
- [4] 贺仲雄, 模糊数学及其应用. 天津: 科学技术出版社, 1983: 152—187
- [5] 徐汝梅, 刘来福, 丁岩钦. 生态学报, 1984, 4: 111—118
- [6] 徐汝梅, 李兆华, 李祖荫, 刘来福. 昆虫学报, 1980, 23: 265—275
- [7] Iwao, S., 1968, Res. Popul. Ecol., 10: 1—20
- [8] Taylor, C. E., 1978, Chairman's Comment. In Plant Disease Epidemiology (Scott, P. R and Bainbridge, A. eds). PP. 209—211. Blackwell Scientific Publications, Oxford, Edinburgh and Mulbourne.
- [9] Taylor, L. R., 1961, Nature 189: 732—735
- [10] Taylor, L. R., 1984, Ann. Rev. Entomol. 29: 231—257

ANALYSIS OF SPATIAL PATTERN DYNAMICS OF POPULATIONS OF
APHID VECTORS OF CUCUMBER MOSAIC

Li Weidong

Lin Kung—hsun Faan Hwei—Chung

(Haikou Animal and Plant
Quarantine Service)

(South China Agricultural University)

ABSTRACT

Based on the description of 4 shape—parameters of statistical distribution indices of aggregation and the regression analysis of population spatial pattern, the spatial pattern dynamics of aphid populations was elucidated to be as follows: 1. In the whole season the spatial distributions were of the contagious type with positive skewness and steeper peak than normal distribution. 2. the Fuzzy cluster aggregation states may be classified as types of early, middle and late stage in fall crop and types of early and late stage in spring crop with different densities and aggregations. 3. The method of sampling, whether random or sequential, and methods of transformation of raw data could conveniently be determined and realized with the aid of parameters obtained in the Taylor's power law or two $M^* = M$ regressions.

Key words: Cucumber; Mosaic; Aphid populations spatial pattern; Fuzzy cluster aggregation