

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.04.29

三叶斑潜蝇幼虫种群空间格局及抽样技术研究

常亚文^{1*}, 何娅婷^{1*}, 沈媛², 龚伟荣^{3**}, 田子华³, 杜予州^{1**}

(1. 扬州大学园艺与植物保护学院暨应用昆虫研究所, 江苏扬州 225009; 2. 江苏省无锡市滨湖区农林局, 江苏无锡 214071;

3. 江苏省植物保护站, 南京 210036)

摘要: 三叶斑潜蝇 *Liriomyza trifolii* 是我国重要的园艺及蔬菜害虫, 研究三叶斑潜蝇种群的空间格局和抽样技术, 可为该虫的危害调查与防治提供理论依据。应用 Iwao m^*-m 回归分析法、Taylor 的幂法则及 6 个聚集指标, 对三叶斑潜蝇幼虫在番茄和豇豆上的空间分布型和抽样技术进行了研究, 并做了影响因素分析。结果表明: 三叶斑潜蝇幼虫在番茄和豇豆上均呈聚集分布, 分布的基本成分是以个体群形式存在, 通过分布型参数, 采用 Kc 法、Iwao 法及 Taylor 幂法计算出了在不同精度下三叶斑潜蝇田间的理论抽样数。

关键词: 三叶斑潜蝇; 空间格局; 抽样技术; 理论抽样数

中图分类号: Q965.9; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 04-0866-08

The spatial distribution patterns of larva of the *Liriomyza trifolii* and its sampling technique

CHANG Ya-Wen^{1*}, HE Ya-Ting^{1*}, SHEN Yuan², GONG Wei-Rong^{3**}, TIAN Zi-Hua³, DU Yu-Zhou^{1**} (1. School of Horticulture and Plant Protection & Institute of Applied Entomology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu Province, China; 2. Agriculture and Forestry Bureau of Binhu District, Wuxi 214071, Jiangsu Province, China; 3. Plant Protection Station of Jiangsu Province, Nanjing 21003, China)

Abstract: *Liriomyza trifolii* is an important horticultural and vegetable pests in china, studies on spatial distribution pattern and sampling technique can provide theoretical base for the damage survey and control of *L. trifolii*. In this study, the spatial distribution pattern of the larve of *L. trifolii* in tomato and cowpea was analyzed with Iwao's distribution function, Taylor's power law and six aggregation indexes. The results showed that the spatial distribution pattern of the larve of *L. trifolii* in tomato and cowpea were all aggregated, and the basic component of the distribution was individual colony. Through the distribution parameters, used the Kc method, Iwao method and Taylor method to calculate theoretical sampling number of *L. trifolii* in field under different precision.

Key words: *Liriomyza trifolii*; spatial distribution patterns; sampling technique; theoretical sampling number

三叶斑潜蝇 *Liriomyza trifolii* Burgess 隶属于双翅目 Diptera 潜蝇科 Agromyzidae, 又名三叶草斑潜

蝇, 是我国重要的园艺及蔬菜害虫, 危害豇豆、番茄、芹菜等多种作物。该虫自 2005 年传入中国

基金项目: 江苏省科技支撑 (农业部分) 项目 (BE2014410); 无锡科技支撑项目 (CLE01N1210); 江苏省“333 高层次人才培养工程” (BRA2014316)

* 共同第一作者简介: 常亚文, 男, 1992 年生, 硕士, 主要从事昆虫生态学研究, E-mail: changyawen@hotmail.com; 何娅婷, 女, 1983 年生, 硕士, 主要从事外来有害生物的研究, E-mail: xiaohe_17@163.com

** 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: zj@jsagri.gov.cn; yzdu@yzu.edu.cn

收稿日期 Received: 2016-04-13; 接受日期 Accepted: 2016-05-10

广东地区, 随后又陆续在海南、浙江等地的蔬菜和花卉上发现危害(雷仲仁等, 2007)。2008 年首次在江苏地区发现三叶斑潜蝇危害芹菜(肖婷等, 2009; 杨飞等, 2010), 近几年随着设施蔬菜种植面积的扩大, 三叶斑潜蝇的种群数量也随之很快上升, 危害日益严重, 目前已成为江苏地区重要的蔬菜害虫。三叶斑潜蝇成、幼虫均可对作物造成危害, 幼虫潜食寄主植物叶片, 影响寄主植物的光合作用, 成虫可在叶片上取食、产卵, 同时寄主植物受害的伤口还为病菌入侵提供了途径(康乐, 1996)。

在自然界的任何栖境内均有一定的昆虫种群的存在, 任何昆虫种群均有一定的空间分布范围, 任何昆虫种群的数量变化亦均是在一定的空间和时间内共同作用的总和。种群的空间格局是种群在空间相对静止的散布状况, 种群空间格局的变化与种群数量的变化是密切相关的(丁岩钦, 1994)。目前对昆虫分布型及抽样技术的研究有很多, 陈红星和童晓立(2014)通过对垂叶榕不同方位和高度的随机取样, 运用 5 种聚集度指标以及 Taylor 幂法和 Iwao 回归模型分析和测定了榕管蓟马 *Gynaikothrips uzedli* 的种群空间格局, 同时应用 Iwao 理论抽样模型确定了榕管蓟马不同种群密度与不同精度要求下的理论抽样数; 刘长月等(2013)应用多个聚集度指标和 Iwao、Taylor 回归分析方法, 对苜蓿籽蜂 *Bruchophagus rodii* 幼虫的空间分布型进行研究, 结果表明其空间分布型为负二项分布, 个体间相互排斥, 其基本成分的空间分布格局为聚集分布, 其聚集是由昆虫行为或环境条件引起的, 聚集强度随着种群密度的升高而增加; 在斜纹夜蛾 *Prodenia litura* 发生盛期, 郑福山等(2005)应用 Iwao 和 Taylor 两种回归方法和 9 个聚集度指标, 对斜纹夜蛾幼虫在棉田的空间格局进行研究, 并在空间格局的基础上提出理论最适抽样数和复合序贯抽样方案; 杜予州(1993)就烟草潜叶蛾 *Phthorimaea operculella* 幼虫空间分布型及其垂直分布规律进行了研究, 烟草潜叶蛾幼虫在田间呈聚集分布, 聚集强度不因种群密度的改变而改变; 同时运用 Taylor 式中的参数 a 、 b 确定理论抽样数及序贯抽样。目前已有的对美洲斑潜蝇 *Liriomyza sativae* 在不同寄主和田块的幼虫空间分布型的研究表明, 美洲斑潜蝇幼虫田间分布型均符合聚集分布, 理论抽样数和田间防治指标需结合当地实际情况合理制定(宋正钧,

1997; 蒋玉文和刘箐, 1998; 童文彬和胡水泉, 1998)。目前国内外关于三叶斑潜蝇幼虫空间分布格局的研究不多, 因此本文以与美洲斑潜蝇生态位极其相似的三叶斑潜蝇为研究对象, 调查了番茄和豇豆上三叶斑潜蝇幼虫数量, 统计分析了三叶斑潜蝇种群的空间格局和抽样技术。研究三叶斑潜蝇种群的空间分布型的差异, 可以了解其生活习性和对环境的适应性, 根据不同分布型进行调查取样及有关生物学试验的设计, 对该虫的种群管理以及田间抽样有重要的应用价值; 同时对理论抽样数的确定, 对制定相对准确的抽样技术, 提高调查的准确性, 对该虫的发生预测和指导防治均有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 田间调查

在扬州蒋王镇蔬菜基地三叶斑潜蝇危害高峰期进行调查, 调查对象为三叶斑潜蝇喜食的豇豆、番茄。采用五点取样法, 每 5 d 调查一次, 每点随机调查 5 株, 每株按照上、中、下各调查 3 张叶片, 分别记录每张叶片上的幼虫数。

1.2 聚集度测定

①丛生指标 (I): $I = S^2/m - 1$, 式中 S^2 为方差, m 为三叶斑潜蝇的平均值 (头/叶), 当 $I > 0$ 时, 为聚集分布; $I = 0$ 时为随机分布; $I < 0$ 时为均匀分布; ②负二项分布指标 (K): $k = m^2 / (S^2 - m)$, 当 $k > 0$ 时, 为聚集分布; $k \rightarrow +\infty$ 时为随机分布; $k < 0$ 时, 为均匀分布; ③以聚集度指标 (C_A): $C_A = (S^2 - m) / m^2$, 当 $C_A > 0$ 时为聚集分布; $C_A = 0$ 时为随机分布; $C_A < 0$ 时, 为均匀分布; ④平均拥挤度指标 (m^*): $m^* = m + S^2/m - 1$, 当 $m^* > m$ 为聚集分布; $m^* = m$ 为随机分布; $m^* < m$ 为均匀分布。同时以 m^*/m 值为指标: 当 $m^*/m > 1$ 为聚集分布; $m^*/m = 1$ 为随机分布; $m^*/m < 1$ 为均匀分布; ⑤扩散系数 (C): $C = S^2/m$ 用于检验种群是否偏离随机型即当 $C > 1$ 时为聚集分布; $C = 1$ 时为随机分布; $C < 1$ 时为均匀分布; ⑥田间个体平均大小测定 (L^*): 当种群属于负二项分布时, 用 L^* 指数表示其个体群的平均大小。同时用 $L^*/(1+m)$ 表示扩散型。其中: $L^* = m^* + 1$, 当 $L^*/(1+m) > 1$ 时为聚集分布; $L^*/(1+m) = 1$ 时为随机分布; $L^*/(1+m) < 1$ 时为均匀分布。

1.3 空间分布型格局分析

1.3.1 Iwao 回归

$m^* = \alpha + \beta m$, α 说明分布的性质, 即分布的基本成分按大小分布的平均拥挤度: 当 $\alpha = 0$ 时, 分布的基本成分是单个体; $\alpha > 0$ 时, 个体间相互吸引, 分布的基本成分是个体群; $\alpha < 0$ 时, 个体间相互排斥。 β 说明基本成分的空间分布型, 当 $\beta = 1$ 时, 为随机分布; 当 $\beta < 1$ 时为均匀分布; $\beta > 1$ 时为聚集分布 (Iwao, 1972)。

1.3.2 Taylor 幂法则

$\lg S^2 = \lg a + b \cdot \lg m$, a 为取样统计因素; b 是当平均密度增加时, 方差的增长率, 因而它也是聚集度对密度依赖性的一个尺度: 当 $a = 1$ 、 $b = 1$ 时, 为随机分布; 当 $a > 1$ 、 $b = 1$ 时, 为聚集分布, 但其聚集强度不因种群密度的变化而改变; 当 $a > 1$ 、 $b > 1$ 时, 种群在一切密度下也都为聚集分布, 但聚集强度随种群密度的升高而增加 (Taylor, 1961)。

1.4 聚集原因分析

根据种群聚集均数公式: $\lambda = m \cdot \gamma / 2k$ 进行测定聚集原因。其中 γ 为自由度为 $2k$ 下的 m^2 的分布函数值 ($a = 0.5$ 显著水平); k 为负二项分布参数, $\lambda > 2$, 聚集原因由本身习性引起; $\lambda < 2$, 聚集原因由环境作用引起 (Blackith, 1958)。

1.5 理论抽样数模型

①Southwood 的 Kc 法

$n = \left(\frac{t}{D}\right) \left(\frac{1}{\bar{x}} + \frac{1}{Kc}\right)$, n 为理论抽样数; $\bar{x}$ 为平均密度 (头/叶); t 为一定置信度下 t 分布值; D 为允许误差; Kc 为负二项分布公共 K 值;

②Iwao 法

$n = \left(\frac{t}{D}\right)^2 \left(\frac{\alpha + 1}{\bar{x}} + \beta - 1\right)$, α, β 为 Iwao 回归式中的参数;

③Taylor 幂法

$n = \left(\frac{t}{D}\right)^2 a \bar{x}^{b-2}$, a, b 为 Taylor 式中的参数。

2 结果与分析

2.1 种群空间分布型检验

2.1.1 三叶斑潜蝇在番茄上的聚集度指标测定

通过对三叶斑潜蝇幼虫在番茄上的分布调查结果进行统计分析, 得出三叶斑潜蝇幼虫的各项聚集度指标 (见表 1), 三叶斑潜蝇幼虫的各项聚集度指标结果显示: 丛生指标 (I), 负二项分布指标 (K) 和聚集度指标 (C_A) 值均大于 0, 同时扩散系数 (C), 平均拥挤度指标 (m^*/m) 值及 $L^*/(1+m)$ 值均大于 1。因此可以得出, 三叶斑潜蝇幼虫在番茄上的为害分布为聚集分布。

表 1 三叶斑潜蝇在番茄上的聚集指标测定值

Table 1 The indices of aggregation of *Liriomyza trifolii* on tomato

日期 Date (mm - dd)	m	S^2	I	m^*/m	m^*	C_A	C	K	L^*	$L^*/(1+m)$	λ	分布型判断 Distribution pattern
5 月 22 日	0.50	1.03	1.04	3.07	1.55	2.07	2.04	0.48	2.55	1.70	0.24	聚集分布 Aggregated distribution
5 月 27 日	0.15	0.31	1.07	8.02	1.22	7.02	2.07	0.14	2.22	1.93	-	聚集分布 Aggregated distribution
6 月 6 日	0.29	0.45	0.55	2.91	0.84	1.91	1.55	0.52	1.84	1.42	0.13	聚集分布 Aggregated distribution
6 月 11 日	0.38	0.75	0.99	3.64	1.37	2.64	1.99	0.38	2.37	1.72	0.23	聚集分布 Aggregated distribution
6 月 16 日	0.26	0.40	0.50	2.89	0.76	1.89	1.50	0.53	1.76	1.40	0.11	聚集分布 Aggregated distribution
6 月 21 日	0.10	0.11	0.15	2.45	0.25	1.45	1.15	0.69	1.25	1.14	0.03	聚集分布 Aggregated distribution
6 月 26 日	0.10	0.12	0.13	2.27	0.24	1.27	1.31	0.79	1.24	1.13	0.09	聚集分布 Aggregated distribution

续上表

日期 Date (mm – dd)	m	S^2	I	m^*/m	m^*	C_A	C	K	L^*	$L^*/(1+m)$	λ	分布型判断 Distribution pattern
7 月 9 日	0.09	0.13	0.44	5.74	0.53	4.74	1.44	0.21	1.53	1.40	–	聚集分布 Aggregated distribution
9 月 8 日	0.62	1.57	1.53	3.47	2.15	2.47	2.53	0.40	3.15	1.94	0.35	聚集分布 Aggregated distribution
9 月 13 日	0.10	0.16	0.52	5.97	0.62	4.97	1.52	0.20	1.62	1.47	–	聚集分布 Aggregated distribution
9 月 18 日	0.10	0.23	1.35	14.49	1.45	13.49	2.35	0.07	2.45	2.23	–	聚集分布 Aggregated distribution
9 月 23 日	0.53	1.37	1.58	3.98	2.12	2.98	2.58	0.34	3.12	2.04	0.36	聚集分布 Aggregated distribution

2.1.2 三叶斑潜蝇在豇豆上的聚集度指标测定

通过对三叶斑潜蝇幼虫在豇豆上的分布调查结果进行统计分析，得出三叶斑潜蝇幼虫的各项聚集度指标（见表 2），三叶斑潜蝇幼虫的各项聚集度指标结果显示：丛生指标（ I ），负二项分布指标（ K ）和聚集度指标（ C_A ）值均大于 0，同时扩散系数（ C ），平均拥挤度指标（ m^*/m ）值及 $L^*/(1+m)$ 值均大于 1。因此可以得出，三叶斑潜蝇幼虫在豇豆上的为害分布为聚集分布。

表 2 三叶斑潜蝇在豇豆上的聚集指标测定值
Table 2 The indices of aggregation of *Liriomyza trifolii* on cowpea

日期 Date (mm – dd)	m	S^2	I	m^*/m	m^*	C_A	C	K	L^*	$L^*/(1+m)$	λ	分布型判断 Distribution pattern
5 月 22 日	2.70	19.92	6.37	3.35	9.07	2.35	7.37	0.42	10.07	2.72	1.45	聚集分布 Aggregated distribution
5 月 27 日	2.03	10.40	4.13	3.03	6.15	2.03	5.13	0.49	7.15	2.36	0.94	聚集分布 Aggregated distribution
6 月 6 日	5.00	23.94	3.79	1.76	8.79	0.76	4.79	1.32	9.79	1.63	4.49	聚集分布 Aggregated distribution
6 月 11 日	1.83	15.79	7.62	5.16	9.45	4.16	8.62	0.24	10.45	3.69	–	聚集分布 Aggregated distribution
6 月 16 日	3.19	17.54	4.49	2.41	7.69	1.41	5.49	0.71	8.69	2.07	1.02	聚集分布 Aggregated distribution
6 月 21 日	2.95	17.11	4.80	2.63	7.75	1.63	5.80	0.62	8.75	2.22	1.09	聚集分布 Aggregated distribution
6 月 26 日	1.54	7.83	4.09	3.65	5.63	2.65	5.09	0.38	6.63	2.61	0.93	聚集分布 Aggregated distribution
7 月 9 日	0.74	2.17	1.95	3.65	2.69	2.65	2.95	0.38	3.69	2.12	0.44	聚集分布 Aggregated distribution
9 月 8 日	0.66	2.62	2.97	5.50	3.63	4.50	3.97	0.22	4.63	2.79	–	聚集分布 Aggregated distribution
9 月 13 日	0.54	1.40	1.57	3.88	2.11	2.88	2.57	0.35	3.11	2.02	0.36	聚集分布 Aggregated distribution
9 月 18 日	0.65	1.40	1.16	2.79	1.81	1.79	2.16	0.56	2.81	1.70	0.26	聚集分布 Aggregated distribution
9 月 23 日	0.37	0.70	0.88	3.37	1.25	2.37	1.88	0.42	2.25	1.64	0.20	聚集分布 Aggregated distribution

2.2 空间分布型格局分析

2.2.1 Iwao m^* - m 的回归

根据表 1 和表 2 中的 m^* - m 作回归分析, 可知三叶斑潜蝇在番茄上的回归方程为: $m^* = 0.33747 + 2.79253m$ ($R = 0.8254$); 在豇豆上的回

归方程为: $m^* = 2.15936 + 1.80618m$ ($R = 0.8264$)。由上式可以看出, 三叶斑潜蝇幼虫的 α 值均大于 0, 说明个体间相互吸引, 基本成份为个体群的聚集分布; β 值大于 1 说明三叶斑潜蝇幼虫无论是在番茄还是豇豆上的分布均是聚集的 (图 1)。

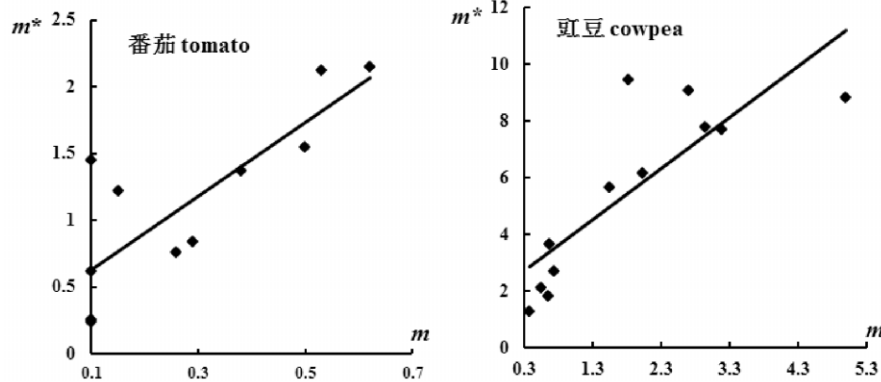


图 1 平均拥挤度与平均密度的回归

Fig. 1 Relationship between mean crowding and mean density

2.2.2 Taylor 幂法则

用 Taylor 式 $\lg S^2 = \lg a + b \lg m$ 得回归关系即: 番茄: $\lg S^2 = 0.41057 + 1.24528 \lg m$ ($R = 0.9729$); 豇豆: $\lg S^2 = 0.55960 + 1.46526 \lg m$ ($R = 0.9744$) 从上两式中可以看出, 三叶斑潜蝇幼虫的 $\lg a > 0$, $b > 1$, 说明三叶斑潜蝇的幼虫为具

密度依赖性的聚集分布, 即聚集强度随密度的增加而增大 (图 2)。由图可见, 三叶斑潜蝇幼虫的 $S^2 - m$ 曲线与负二项分布的理论曲线接近, 因此, 三叶斑潜蝇幼虫在番茄和豇豆上的分布型均为负二项分布。

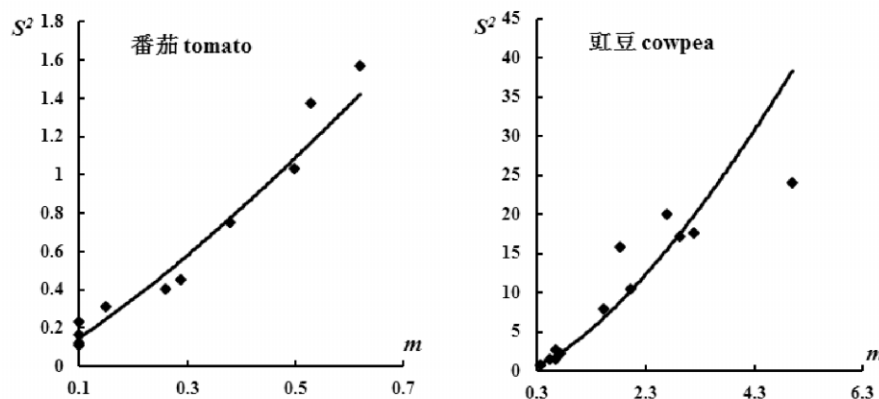


图 2 方差与平均密度的关系

Fig. 2 Relationship between variance and mean density

2.3 聚集因素分析

从表 1 和 2 可知, 三叶斑潜蝇的幼虫在番茄和豇豆上的聚集均数 λ 的值基本都小于 2, 由此可以推断, 三叶斑潜蝇幼虫在番茄和豇豆上的聚集分布的原因是成虫本身的习性 & 环境条件所引起的。

用 λ 值与 m 作直线回归, 结果为: 番茄: $\lambda = -0.014874 + 0.596759m$ ($R = 0.9525$); 豇豆: $\lambda = -0.335231 + 0.737307m$ ($R = 0.8805$) (图 3)。三叶斑潜蝇幼虫的 λ 值随种群密度的增加而增大, 三叶斑潜蝇幼虫的种群密度 $m < 3$ 头/叶时, 聚集

为害原因绝对大部分是由环境因素引起的，而当原因则是由该虫本身的聚集行为引起的。

$m > 3$ 头/叶时， λ 值大于 2，三叶斑潜蝇幼虫为害

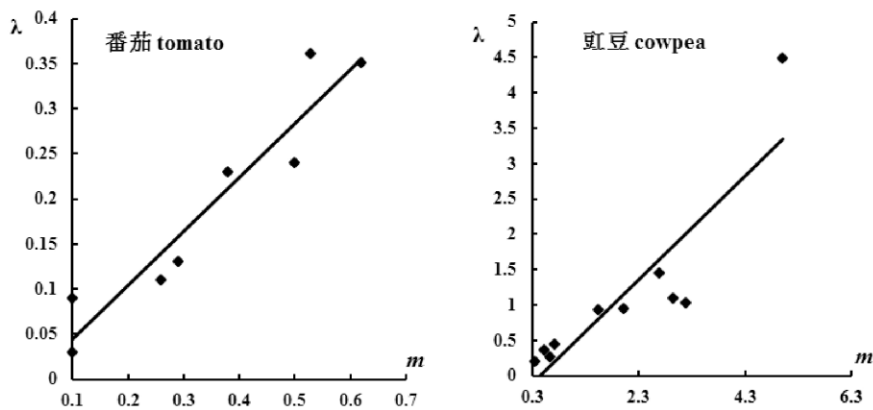


图 3 集均数与平均密度的关系

Fig. 3 Relationship between aggregated mean and mean density

2.4 理论抽样数模型

以下三种模型都是根据一般随机分布的理论抽样数公式，通过方差代换而得到：

①Southwood 的 Kc 法

根据调查数据测定，三叶斑潜蝇幼虫 $Kc = 0.4481$ ，将其代入模型得：

$$n = \left(\frac{t}{2}\right)^2 \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{0.4481}\right), \text{ 其中 } t \text{ 取 } 1, D \text{ 取 } 0.1, 0.2;$$

②Iwao 法

根据调查所得的 m^* 和 m 回归中 $\alpha = 2.1594$ ， $\beta = 1.8062$ 得：

$$n = \left(\frac{t}{2}\right)^2 \left(\frac{3.1594}{x} + 0.8062\right), \text{ 其中 } t \text{ 取 } 1, D \text{ 取 } 0.1, 0.2;$$

③Taylor 幂法

根据 Taylor 幂法， $a = 3.6274$ ， $b = 1.4653$ 得：

$$n = 3.627 \left(\frac{t}{2}\right)^2 x^{-0.5347}, \text{ 其中 } t \text{ 取 } 1, D \text{ 取 } 0.1, 0.2。$$

通过理论抽样模型即可求得三叶斑潜蝇在不同种群密度与不同精度要求下抽取的理论抽样数 n ， n 随允许误差 D 、平均密度 m 和置信度 t 的变化而变化（表 3）。

表 3 三叶斑潜蝇幼虫理论抽样数数值表

Table3 Ptimum sample sizes of the larvas of *Liriomyza trifolii*

m	Kc 法		Iwao 法		Taylor 幂法	
	$D = 0.1$	$D = 0.2$	$D = 0.1$	$D = 0.2$	$D = 0.1$	$D = 0.2$
0.3	557	140	1134	284	691	173
0.6	390	98	608	152	477	120
0.9	335	84	432	108	384	96
1.2	307	77	344	86	330	83
1.5	290	73	292	73	293	74
1.8	279	70	257	65	265	67
2.1	271	68	232	58	244	61
2.4	265	68	213	54	228	57
2.7	261	66	198	50	214	54
3.0	257	65	186	47	202	51

从表中可知,一般在 D 和 t 值相同的情况下,在虫口密度较低时, Kc 法和 Taylor 幂法所求出的抽样数 n 较 Iwao 法小;但随虫口密度的增大, Kc 法和 Taylor 幂法所求得的抽样数 n 较 Iwao 法大。当平均虫口密度 m 不变时,随着允许误差 D 的增大,最适理论抽样数 n 逐渐减小;当允许误差 D 不变时,随着平均虫口密度 m 的增大,最适理论抽样数 n 也在逐渐减小。当种群密度上升到一定数量时,抽样数量也趋于稳定。因此在实际应用理论抽样数时,可根据不同的需要来确定相应的 D 、 t 值和抽样公式。

3 结论与讨论

昆虫个体在其生存空间的分布格局是种群的重要属性之一,由物种的生物学特性和环境条件所决定。空间格局反映了昆虫在寄主植物和非生物环境影响下,空间需求的内在生物学特性(李哲等,2004)。研究昆虫种群空间格局对于制定准确的抽样设计方案,了解捕食与猎物关系,种内及种间关系,种群猖獗与扩散行为以及编制有害生物防治措施都具有很重要的指导作用(丁岩钦,1994)。科学的抽样方法不仅能提高调查精确度,还可以节省人力物力,对害虫种群控制研究具有重要意义。王金福和郑琦应用 8 个聚集度指标分析了秋黄瓜上不间时期的瓜螟幼虫种群空间格局,用 Fuzzy 聚类分析法测定了空间格局动态,并对田间抽样技术进行了探讨(王金福和郑琦,1990);李建庆等研究杨树上云斑天牛种群的空间格局和抽样技术,应用 Taylor 的幂法则、Iwao $m^* - m$ 回归分析法及 6 个聚集指标,对云斑天牛种群的卵、幼虫、蛹或成虫的空间分布型和抽样技术进行了研究,并做了影响因素分析(李建庆等,2009)。

本文通过聚集度指标、Iwao 法及 Taylor 幂法则,分析了三叶斑潜蝇的空间格局,三叶斑潜蝇的幼虫在番茄和豇豆上均呈聚集分布,分布的基本成分是以个体群形式存在。根据聚集均数 λ 值的大小推断,三叶斑潜蝇幼虫在番茄和豇豆上的聚集分布原因是由成虫本身的习性及其环境条件所引起的;同时在一定的允许误差水平下,利用抽样技术,可以经济而准确的预测虫口密度,为田间系统调查提供有效的理论参考;同时通过分布型参数,采用 Kc 法、Iwao 法及 Taylor 幂法比较发现,不同种群密度下可选用不同的方法来确定理

论抽样数,这为三叶斑潜蝇防治指标的确定提供了参考。目前国内外关于斑潜蝇空间分布型和抽样技术研究的文章大多集中于美洲斑潜蝇,三叶斑潜蝇关于这方面的报道较少。张玉华等研究了美洲斑潜蝇幼虫的空间分布型及抽样技术,对豆角、茄子、黄瓜三种蔬菜 9 组样本各项指标均符合聚集分布标准,同时应用 Taylor 幂法则、Iwao 回归分析法测定出该虫的空间格局是基本成份为个体群的聚集分布,并对不同精度条件下的理论抽样数进行了确定(张玉华等,2000);Li 等研究菜豆上三叶斑潜蝇的田间分布格局结果表明在高虫口密度情况下其空间分布型为聚集分布,而在低密度虫口密度情况下空间分布型却为均匀分布(Li *et al.*, 2012);运用 Taylor 的幂法则、Iwao $m^* - m$ 回归分析对南美斑潜蝇幼虫在黄瓜、瑞士甜菜、豇豆上分布型进行研究,结果表明在黄瓜和豇豆上南美斑潜蝇为不均匀分布,而在瑞士甜菜上却为聚集分布(Emaf and Nemer, 2000)。各个研究结果不同的原因,首先可能与各地的地理种群和寄主植物不同关系较大;其次可能与研究选择的虫态或虫龄有关;再者可能是研究所选用的聚集指标与公式不同引起。因此,利用空间分布型和抽样技术进行了研究时,应以当地的实际情况为依据,同时必须充分考虑地理种群、寄主植物以及其他因素的综合影响,以提高实验的准确度。作为外来入侵物种明确三叶斑潜蝇在我国的发生危害特点,对于揭示其种群扩张过程,灾害发生机制以及采取相应的控制措施具有非常重要的作用。当然想要更好的了解三叶斑潜蝇种群的空间格局需要长期的定点的调查研究,同时还要结合生态系统中的天敌-害虫-寄主之间的三级营养关系,来更好的了解在自然生态系统中三叶斑潜蝇的空间格局,在空间格局分析的基础上根据不同的条件选择最合适的理论抽样数,为该虫的田间密度调查和虫情预测预报提供理论依据。

参考文献 (References)

- Blackith RE. Nearest - neighbour distance measurements for the estimation of animal populations [J]. *Ecology*, 1958, 39: 147 - 150.
- Chen HX, Tong XL. Spatial distribution of gall thrips, *Gynaikothrips uzeli* (Thysanoptera: Phlaeothripidae), in *Ficus benjamina* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2014, 36 (5): 828 - 832.
- [陈红星,童晓立. 垂叶榕格管蓟马空间分布型及其抽样模型 [J]. 环境昆虫学报, 2014, 36 (5): 828 - 832]

- Du YZ. Studies on spatial distribution of larvae of leaf miner, *Phthorimaea operculella* and its application [J]. *Zoological Research*, 1993, 14 (1): 42–48. [杜予州. 烟草潜叶蛾幼虫空间分布型及其应用研究 [J]. 动物学研究, 1993, 14 (1): 42–48]
- Ding YQ. Insect Mathematical Ecology [M]. Beijing: Science Press, 1994: 256–270. [丁岩钦. 昆虫数学生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 1994: 256–270]
- Emaf H, Nemer NM. Population densities, spatial pattern and development of the pea leafminer (Diptera: Agromyzidae) on cucumber, swisschard and bean [J]. *Journal of Agricultural Science*, 1999, 134 (1): 61–68.
- Iwao S. Application of the $m^* - m$ method to the analysis of spatial patterns by changing the quadratic size [J]. *Researches on Population Ecology*, 1972, 14 (1): 97–128.
- Jiang YW, Liu J. The spatial patterns of larvae of the *Liriomyza sativae* Blanchard and its sampling technique [J]. *Journal of Applied Entomology*, 1998, 35 (5): 276–279. [蒋玉文, 刘菁. 美洲斑潜蝇幼虫空间分布型和田间抽样技术 [J]. 应用昆虫学报, 1998, 35 (5): 276–279]
- Kang L. The Ecology of *Liriomyza* and Its Sustainable Control [M]. Beijing: Science Press, 1996. [康乐. 斑潜蝇的生态学与控制 [M]. 北京: 科学出版社, 1996]
- Lei ZR, Zhu CJ, Zhang CQ. Risk analysis of alien invasive *Liriomyza trifolii* (Burgess) in China [J]. *Plant Protection*, 2007, 33 (1): 37–41. [雷仲仁, 朱灿健, 张长青. 重大外来入侵害虫三叶斑潜蝇在中国的风险性分析 [J]. 植物保护, 2007, 33 (1): 37–41]
- Li JQ, Yang ZQ, Zhang YL, et al. Spatial distribution pattern and sampling technique for *Batocera horsfieldi* (Coleoptera: Cerambycidae) in poplar [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2009, 52 (8): 860–866. [李建庆, 杨忠岐, 张雅林, 等. 杨树上云斑天牛种群的空间格局及抽样技术 [J]. 昆虫学报, 2009, 52 (8): 860–866]
- Li J, Seal DR, Leibe GL, et al. Seasonal abundance and spatial distribution of the leafminer, *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae), and its parasitoid, *Opius dissitus* (Hymenoptera: Braconidae), on bean in Southern Florida [J]. *Florida Entomologist*, 2012, 95 (1): 128–135.
- Liu CY, Zhao L, Wang CH, et al. Study on spatial distribution model and sampling method of alfalfa seed chalcid, *Bruchophagus rodii* (Gussakovsky) larvas [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2013, 35 (1): 109–112. [刘长月, 赵莉, 王春华, 等. 苜蓿籽蜂幼虫空间分布型及抽样技术的研究 [J]. 环境昆虫学报, 2013, 35 (1): 109–112]
- Li Z, Ji R, Xie BY, et al. Study on the spatial ecology of insects [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2004, 40 (1): 1–6. [李哲, 季荣, 谢宝瑜, 等. 论昆虫空间生态学研究 [J]. 应用昆虫学报, 2004, 40 (1): 1–6]
- Song ZJ. Study on the spatial distribution pattern and sampling technique of *Liriomyza sativae* [J]. *Guizhou Agricultural Science*, 1997, 25 (5): 31–33. [宋正钧. 美洲斑潜蝇的空间格局及抽样技术研究 [J]. 贵州农业科学, 1997, 25 (5): 31–33]
- Taylor LR. Aggregation variance and the mean [J]. *Nature*, 1961, 189: 732–735.
- Tong WB, Hu SQ. Study on the spatial distribution pattern and sampling technique of *Liriomyza sativae* [J]. *Plant Protection Technology and Extension*, 1998, 18 (3): 31–33. [童文彬, 胡水泉. 美洲斑潜蝇空间格局与抽样技术的研究 [J]. 植保技术与推广, 1998, 18 (3): 31–33]
- Wang JF, Zheng Q. On the patial pattern of the larvae of indian cabbage moth *Diaphania indica* (Saunders) and its sampling technique [J]. *Journal of Plant Protection*, 1990, 17 (1): 47–53. [王金福, 郑琦. 瓜螟幼虫种群的空间格局和抽样技术及其在防治上的应用 [J]. 植物保护学报, 1990, 17 (1): 47–53]
- Xiao T, Guo J, Zhu G M, et al. Preliminary study of the discovery of *Liriomyza trifolii* in Jurong, Jiangsu Province [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2009, (1): 126–127. [肖婷, 郭建, 朱桂梅, 等. 江苏句容地区发现三叶草斑潜蝇初报 [J]. 江苏农业科学, 2009, 1: 126–127]
- Yang F, Cao JM, Du YZ. Survey and molecular identification of *Liriomyza trifolii* in Jiangsu [J]. *Plant Protection*, 2010, 36 (6): 108–111. [杨飞, 曹靖曼, 杜予州. 江苏地区三叶斑潜蝇发生调查及分子检测 [J]. 植物保护, 2010, 36 (6): 108–111]
- Zhang YH, Cai HX, Wan Q, et al. The spatial patterns of larvae of the *Liriomyza sativae* Blanchard and its sampling technique. In: To Twenty – first Century Chinese Entomology – Proceedings of the 2000 Academic Annual Conference of the Entomological Society of China [C]. 2000. [张玉华, 蔡慧先, 万泉, 等. 美洲斑潜蝇幼虫空间分布型及抽样技术. 见: 走向 21 世纪的中国昆虫学 – 中国昆虫学会 2000 年学术年会论文集 [C]. 2000]
- Zheng FS, Han X, Du YZ, et al. Spatial distribution pattern and sampling technique of the larvae of *Prodenia litura* Fabricius in cotton field [J]. *Journal of Yangzhou University* (Agriculture and Life Science), 2005, 26 (1): 85–88. [郑福山, 韩旭, 杜予州, 等. 斜纹夜蛾幼虫在棉田的空间格局及抽样技术 [J]. 扬州大学学报 (农业与生命科学版), 2005, 26 (1): 85–88]