

小菜蛾卵空间格局及分层抽样的研究*

但建国* 梁广文 庞雄飞

(华南农业大学昆虫生态室, 广州, 510642)

摘要 小菜蛾卵空间格局有时会出现明显的边际效应。一个反映卵密度(De)与抽样点至宿主分布区边界最短距离(h)关系的新模型: $De = a + be^{-ch}$, 可以较好地描述这种带边际效应的空间格局。该模型的三个参数都有明确的生物学意义, a、b和c分别代表边际效应为零时的卵密度、边际效应最大时的卵密度增量和边际效应衰退系数。由这三个参数可得到边际效应强度指数(s) ($s = b/a$)和边际效应层宽度(w) ($w = \ln(10s)/c$), 前者可用于空间格局形成机制的研究; 后者可作为分层抽样的依据。文中还讨论了分层的具体步骤及其分层抽样的理论抽样数。

关键词 小菜蛾; 空间格局; 边际效应

中图分类号 Q968.1; S436.341.24

自加拿大昆虫学家Harcourt(1960)首次报道了椰菜上小菜蛾(*Plutella xylostella*(L.))幼虫的空间分布型以来, 国内外已对多种宿主植物上该虫的卵、幼虫或蛹的空间格局进行过研究, 其中包括甘蓝、菜心和西兰花以及西洋菜(赵全良等, 1991; Srinivansan等, 1987; Tanaka, 1992)。这些研究有两个共同的特点, 其一是结果相似, 小菜蛾卵、幼虫和蛹均呈聚集分布, 且都能用负二项分布加以拟合; 其二是研究方法相同, 多采用频次比较法或聚集度指数法。

然而, 在小菜蛾的调查研究中, 我们发现其发生与为害常表现出田块四周重于田块中央的趋势, 这一现象意味着该虫在田间存在明显的空间异质性。由于经典的空间格局研究方法忽略了昆虫所处的空间位置, 无法对该现象进行描述, 因此有必要建立新的方法来研究小菜蛾的空间结构特征。考虑到小菜蛾幼虫具有扩散习性, 对卵空间格局的研究则能更有效地揭示其种群的空间异质性。

1 研究方法

1.1 卵空间格局调查方法

在广东深圳市公明镇玉塘菜场, 选取一块菜地, 品种为“50天”菜心, 菜株实际分布面积为1188 m²。该菜心田与其它十字花科作物田块相距10 m以上。在卵高峰期后的第二天调查卵密度。具体方法是, 按样点分布图取样(见图1), 每样点查1株, 共查120株, 分别记录卵量。

1.2 分层抽样理论抽样数的估计方法

1994-11-10 收稿

* 广东省自然科学基金资助项目; ** 现在广西农科院植保所工作

分层抽样有两种方法,其一是按层的大小进行分层抽样,即比例配额分层抽样,面积大的层抽样数多,反之则异;其二是按层的方差大小来抽样,即最适配额分层抽样,方差大的层抽样数多,反之则抽样数少。

根据丁岩钦(1980)提出的计算方法来确定分层抽样的理论抽样数。比例配额分层抽样和最适配额分层抽样的理论抽样数计算公式分别为:

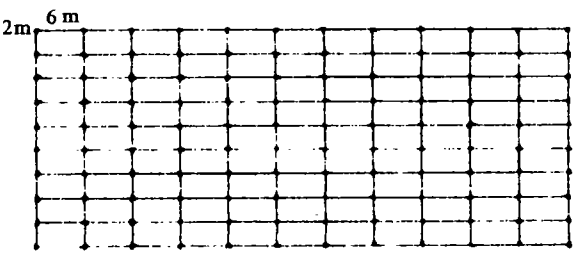


图1 卵空间格局研究中的样点分布图

$$\begin{cases} n = \{ \sum A_i (\bar{x}_i k_i + \bar{x}_i^2) / k_i \} / \{ d + 1 / N \sum A_i (\bar{x}_i k_i + \bar{x}_i^2) / k_i \} \\ n_i = A_i n \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} n = \{ N [\sum A_i ((\bar{x}_i k_i + \bar{x}_i^2) / k_i)^{1/2}] \} / \{ Nd + \sum A_i (\bar{x}_i k_i + \bar{x}_i^2) / k_i \} \\ n_i = n \{ A_i ((\bar{x}_i k_i + \bar{x}_i^2) / k_i)^{1/2} \} / \{ \sum A_i ((\bar{x}_i k_i + \bar{x}_i^2) / k_i)^{1/2} \} \end{cases} \quad (2)$$

式中, n 为理论抽样数, n_i 为第*i*层的理论抽样数, $\bar{x}_i$ 为第*i*层的均值, k_i 为第*i*层的*k*值, A_i 为第*i*层面积占总面积的比例, N 为所有层的实际抽样数之和, d 为等于 $(d'/t)^2$,其中 d' 为允许误差。

2 结果与分析

2.1 一个描述卵空间格局的新模型

将调查数据作如下处理,以样点至菜株分布区边界的最短距离(h)进行归类。当 h 分别为0,2,4,6,8 m时,可得到5组数据。经统计分析后发现,田边菜株($h=0$)上的平均卵密度极显著高于其它菜株。当菜株远离田边时,平均卵密度呈下降趋势,但彼此之间差异不显著,由此可见,小菜蛾卵在田间的分布存在明显的边际效应。

平均卵密度(De)与样点至边界最短距离(h)之间呈曲线相关,可用下述模型来拟合:

$$De = a + b e^{-ch} \quad (3)$$

采用麦夸阻尼最小二乘法迭代求得参数 a, b, c 分别为1.412, 3.589和1.385,拟合度高达0.998(见图2)。

这一新模型能较好地模拟小菜卵空间格局中的边际效应。它有如下特点: De 随 h 的增大而递减。当 $h=0$ 时, De 达到最大值,等于 $a+b$;当 h 增至某一值时, De 趋向于平缓。如 h 足够大时, $b e^{-ch}$ 趋于0,则 $De=a$ 。因此,模型中的3个参数都有其生物意义, a 表示边际效应为零时的卵密度; b 表示边际效应衰退系数。

为了便于比较不同条件下边际效应差异,将3个参数作如下转换。

令 $s=b/a$,其含义为单位密度下的最大

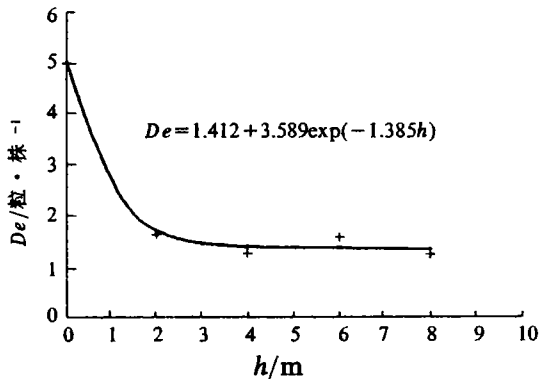


图2 小菜蛾平均卵密度与菜株至边界最短距离的关系

边际效应强度指数。该指数能用于分析边际效应的形成机制。

假定允许误差率为 10%, 则有 $be^{-ch} = 10\%a$, 求得 $h = \ln(10s)/c$ 。此值称为边际效应层宽度 (w), 可以作为分层抽样的参照依据。

2.2 层的划分及其分层抽样理论抽样数

按边际效应层宽度, 可把菜心分布区分为两层: 边际效应层和内层 (即非边际效应层)。这种分层是否合理, 需经统计检验。但在检验之前, 还得明确两个层的概率分布。

2.2.1 层的概率分布 对于上述模型, 可求得 w 为 2.34。按 w 值将原始数据分成两组, 边际效应层和内层各有 60 个数据。经频次法比较后发现两个层的卵密度均可用负二项分布拟合, 其中边际效应层以或然法求 k 值的拟合效果最佳, 而内层则以零频法最好 (见表 1)。

表1 各层的负二项分布拟合结果

层 次	抽样数	样本统计参数		矩法		零频法		或然法	
		X	S ²	k	χ ²	k	χ ²	k	χ ²
边际效应层	60	3.883	20.410	0.913	1.369	0.931	1.325	0.947	1.293
内 层	60	1.433	3.266	1.121	0.538	0.955	0.464	1.021	0.476

2.2.2 层间差异性检验 由于边际效应和内层均呈负二项分布, 应先将原始数据作 $\log(x+1)$ 转换, 然后才能进行差异性检验。由表 2 可知, 两层之间有极显著的差异。所以, 将宿主分布区分成边际效应层和内层是必要的、合理的。

2.2.3 分层抽样及其理论抽样数 按 w 为 2.34 m, 可计算出边际效应层和内层所占面积的百分比分别为 31.25% 和 68.75%。由表 2 结果, 取使 χ^2 最小的 k 值, 两层的 k 值分别为 0.948 和 0.955。设 $d' = 0.1$, $t = 2$, 则有 $d =$

表2 两层之间的差异性

层次	抽样数	log(x+1) 转换		差异性检验
		X	S ²	
边际效应层	60	0.531	0.142	3.986**
内层	60	0.288	0.082	

0.003。经计算可得到两种分层抽样的理论抽样数 (见表 3)。最适配额比例分层抽样的理论抽样总数比按比例配额分层抽样要少。如果按比例配额分层抽样, 边际效应层和内层的理论抽样数分别为 36 和 80 株; 如采用最适配额分层抽样, 则边际效应层的抽样数要增加, 两层的理论抽样数十分接近, 分别为 52 和 48 株。

表3 两种分层抽样的理论抽样数

层 次	层 的 大 小		现 论 抽 样 数 / 株	
	面积/m ²	比例/%	比例配额分层抽样	最适配额分层抽样
边际效应层	371.22	31.25	36	52
内层	816.78	68.75	80	48
总计	1 188	100	116	100

3 结论

小菜蛾卵的空间格局时常会出现明显的边际效应。在以往的研究中, 这一现象往往被忽视了, 主要原因是由于没有找到有效的研究方法。本研究对此进行了一次有益的尝试, 所建立的新模型能较好地描述这种带边际效应的空间格局, 模型中的三个参数均有明确的生物学含义, 并且利用这三个参数得到两个具有应用价值的指数, 即边际效应强度指数和边际效应

层宽度。根据边际效应层宽度,可把宿主分布区分成边际效应层和非边际效应层。边际效应强度指数可用来分析空间格局的形成机制。此方法也同样适用于其它具有边际效应特性的昆虫。

参 考 文 献

- 丁岩钦. 1980. 昆虫种群数学生态学原理与应用. 北京: 科学出版社, 30 ~ 32
- 赵全良, 吴伟坚, 梁广文, 等. 1991. 菜心和西兰花上小菜蛾幼虫的空间分布型. 见: 生态学研究进展. 北京: 中国科学技术出版社, 54 ~ 55
- Harcourt D G. 1960. Distribution of the immature stages of the diamondback moth, *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera: Plutellidae) on cabbage. Can Entolol. 92: 517 ~ 521
- Srinivasan K, Rao G S P. 1987. Distribution patterns of diamondback moth and cabbage leaf-webber larvae on cabbage. International Journal of Tropical Agriculture. 5(3~4): 203 ~ 208
- Tanaka H. 1992. Occurrence of resistance to *Bacillus thuringiensis* in diamondback moth, and result of trials for integrated control in a watercress greenhouse. In: Talekar N S, ed. Management of diamondback moth and other crucifer pests. Proceedings of the second international workshop. Taiwan: Asian Vegetable Research and Development Center, 165 ~ 173

STUDIES ON THE SPATIAL PATTERN AND STRATIFIED SAMPLING OF THE EGGS OF DIAMONDBACK MOTH.

Dan Jianguo Liang Guangwen Pang Xiongfei

(Lab. of Insect Ecology, South China Agr. Univ., Guangzhou, 510642)

Abstract

In the spatial pattern of the eggs of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) there was sometimes obvious edge-effect. Based on the relationship between the eggs density (De) and the shortest distance (h) of sample point to the border of the area of the host plant distribution, a new model was developed: $De = a + be^{-ch}$, which could well describe the spatial pattern with edge-effect. In above model, three parameters all have explicit biological meanings, a , b , and c denote the density when edge-effect was not exist, the addition of the density when edge-effect reached the maximum, and the coefficient of the decline of edge-effect respectively. According to these parameters, two indices were gained. One was strength of edge-effect (s) ($s = b/a$), which could be used to analyse the mechanism for the formation of spatial pattern. Another was width of edge-effect stratum (w) ($w = \ln(10s)/c$), which could serve as a basis for stratified sampling. The procedure of stratification and theoretical number of samples for stratified sampling were also discussed.

Key words *Plutella xylostella*; spatial pattern; edge-effect