

粘虫种群空间结构的探讨*

邬祥光 黄美贞

(广东省昆虫研究所)

研究昆虫种群的空间结构可分为下列三个层次,即田间集团分布、地理分布和猖獗区的分布。伊藤正春(1959)曾提出这三种空间结构层次与时间上的联系,即(1)世代内构成种群的个体在其栖息场所内的分布,称为 Intra-generation range。(2)世代间种群的季节性生境转移所造成的水平分布及垂直分布,称为 Generation range。(3)年代间种群猖獗的常发区或偶发区的地理分布,称为 Inter-generation range。

本文使用了历来作为昆虫田间集团分布定量研究的方法,如波松分布(Poisson)、奈曼分布(Neyman, 1939)、负二项式分布(Anscombe, 1950)等方法,和近年来作为反映昆虫聚集度的指数计算方法,如传统的扩散指数 C , 森下聚集度指数 I_s 和 I_n (Morista, 1959, 1962), 久野聚集度指数 C_A (Kuno, 1968) 及平均拥挤度指数 m^* (Lloyd, 1967; Iwao, 1968) 等方法,测验粘虫在田间的集团分布型和聚集度,并以相同方法试行测验粘虫整个猖獗发生区的地理分布和聚集度,用比较的方法来试行分析粘虫在空间结构上不同层次的特点及其聚集—扩散的规律。

一、粘虫幼虫种群的田间集团分布型

在粘虫 (*Mythimna separata* Walker) 暴发期间,选择环境条件比较一致的水稻田8块,全块稻田(以田基为界限)以每稻丛为一个样方单位,逐丛点数幼虫数,绘于方格纸中以作为分布的平面图,取其一例于图1。然后按每丛不同虫数的虫口出现频数,进行各种分布型的测验,把各种分布型的理论频数和实测频数列于图2作比较。

各种分布型的适合性测验见表1。可见8块田中有5块田符合负二项式分布,2块田符合奈曼分布,全部田均不符合波松分布。

这个结果使我们提出一个问题,即8块田中为什么有3块田是任何分布型都不适合的?我们再用各种聚集度指数来进行测验,结果见表2。

由表2可见不管哪一种聚集度指数都一致反映粘虫在全部田块均为聚集,说明聚集度指数方法对粘虫种群空间结构造成聚集的机制,提供了具有一定价值的信息。

分布型测验的方法,由于有些田块高密度样方的出现频数较多,导致 χ^2 值增大,成为不适合于负二项式分布型的主要原因,但实际上高密度样方出现频数的增多,正是加强聚集的表现,所以在这种情况下,用分布型的适合性测验方法得不出结论,而用聚集度指数的方法则可以得出正确的结论。

12号田是虫口密度最低的一块稻田,仅 0.6 头/米²,这块田什么分布型都不符合,但各

* 本文有关田间分布调查系邬祥光与何冠能、冯暑旺、莫淑贤等同志1963年10月在东兴县江平公社的调查结果。

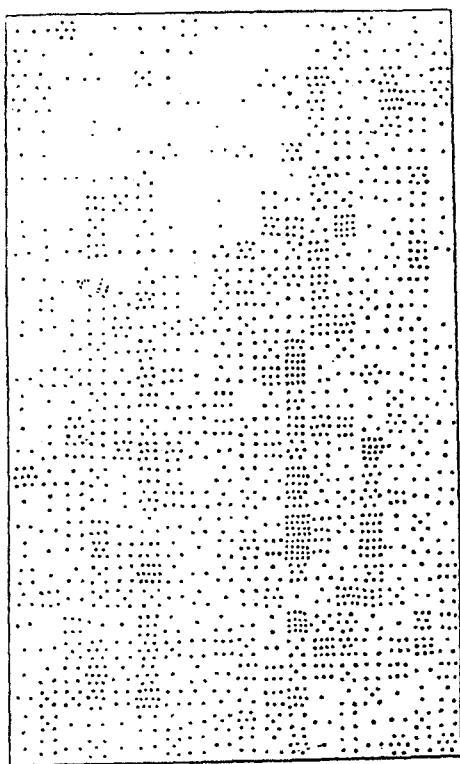


图 1 粘虫种群在田间的集团分布实态 (1号田为代表)

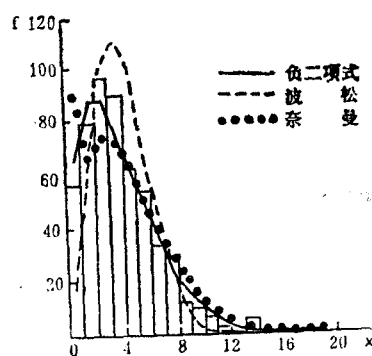


图 2 粘虫种群田间集团分布实测频数与理论频数的比较 (1号田为代表)

表 1

粘虫在水稻田间集团分布的适合性检验

田 号	样 本 数	虫口密度 (头/米 ²)	各 种 分 布 型 的 χ^2 值			分布型适合性测验结果		
			Poisson	Neyman	负二项式	Poisson	Neyman	负二项式
12	1402	0.6	22.7437	149.6590	44.9147	不 适 合	极不适合	不 适 合
11	2116	2.9	20.1901	7.0744	6.0779	极不适合	适 合	极 适 合
6	1143	5.2	63.2567	11.3111	6.0495	极不适合	不 适 合	适 合
5	1043	5.6	239.1110	25.7814	12.0081	极不适合	不 适 合	适 合
10	615	6.0	38.2297	6.0069	3.7373	极不适合	极 适 合	极 适 合
8	1081	10.0	70.4015	36.1870	31.6208	极不适合	不 适 合	不 适 合
7	1434	14.4	420.0710	106.9930	79.9954	极不适合	极不适合	不 适 合
1	543	15.6	274.0630	36.3886	13.0369	极不适合	不 适 合	极 适 合

种聚集度指数值均特大,即高度聚集。为什么得出这种矛盾的结果呢?由于该块田全部 1,412 个样方中,有 1,210 个样方无虫,即零频数达 86.7%。由此可以理解这块田有 86.7%的面积无虫,有虫的都集中在小面积内,所以聚集度特别高。从这个例子也可以体现出聚集度指数的优点。

表 2

粘虫在水稻田间集团分布的聚集度指数计算

田 号	虫口密度 (头/米 ²)	$\bar{x} = \frac{\sum fx}{n}$	$S^2 = \frac{\sum fx^2 - \frac{(\sum fx)^2}{n}}{n-1}$	$C = \frac{S^2}{\bar{x}}$	$I_s = n \frac{\sum fx^2 - N}{N(N-1)}$	$I_B = I_s \frac{N-1}{n}$	$C_A = \frac{S^2 - \bar{X}}{\bar{x}^2}$
12	0.6	0.1833	0.4079	2.2253	7.7141	7.7442	6.6847
11	2.9	0.7490	0.8411	1.1230	1.1648	1.1655	0.1642
6	5.2	1.0840	1.5362	1.4172	1.3860	1.3241	0.3860
5	5.6	1.4746	2.9032	1.9688	1.6581	1.6592	0.6570
10	6.0	1.5935	2.2575	1.6159	1.2628	2.5011	0.2615
8	10.0	2.7095	3.5696	1.3174	1.1175	1.1179	0.1172
7	14.4	4.1834	7.1525	1.7097	1.1698	1.0002	0.1697
1	15.6	3.5709	9.1658	2.5668	1.4398	1.4402	0.4388

注: C, I_s, I_B 指数 >1 为聚集分布, C_A 指数 >0 为聚集分布。

二、粘虫种群地理空间结构的分析

在比较一致的环境条件里,粘虫在一块田间表现为聚集,其基础是个体水平的,这可能与个体的生活习性或生物学特性有关。这种聚集似尚未能理解为种群水平的聚集。不过昆虫个体层次的空间结构与种群层次或群落层次的空间结构应是相互联系的。为此,我们以主要包括两个省份的华南第五次发生区为对象,由于这个发生区的粘虫发生已证实系成虫同批远距离迁飞而来,幼虫同期暴发为害。因此可以认为同一块田间集团分布的宏观化,就是同一猖獗发生区的地理分布。我们检验出地理分布的类型或者分析其形成过程,就可以了解与环境相应的粘虫种的特性。

我们收集了1958—1980年的23年间华南1,214个县次的粘虫发生资料,由于以粮为纲的方针,每个县历年的水稻栽培面积是保证的,二十多年来的扩种面积虽有所增大,但其扩种指数仍在一定标准差范围之内。因此,我们假定同一个县历年来的环境条件相对一致,就有理由以县为一个地理上的样方单位,以每年的全县发生面积(万亩)×单位面积的虫口密度(万头/亩)的乘积,来代表该样方单位(县)的总虫口数量,暂称为数量指数(number index)。汇集全部样方单位的粘虫数量指数,用以代表整个发生区地理空间上粘虫种群数量的全貌。数量指数从0开始,以组距=5分组,到50为止,以出现县数为 f ,把1,214个县,列成频数分布表,进行各种分布型的适合性测验,结果适合负二项式分布(图3)。再用各

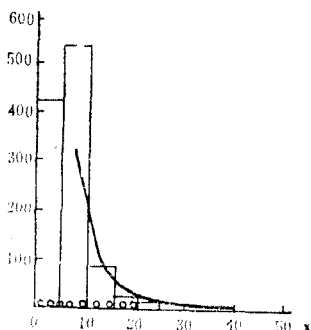


图3 粘虫在华南23年猖獗区地理分布的负二项分布理论频数(曲线)与实测频数(直方图)的比较

种聚集度指数进行计算, 1,214 个县的平均数量指数为 8.3185, 方差为 268.2704, 则 $C = 32.2498$, $I_s = 4.7574$, $I_B = 4.7581$, $C_A = 3.7567$, 经过 F 测验, 上述各指数均达到极显著聚集的标准。说明各种聚集度指数均能确切地反映粘虫地理分布实际上的聚集情况。

在这里着重讨论一下扩散指数 C , 由于 C 是方差与平均数的相对比值, 但方差是依平均数而变化的, 所以 C 与种群数量有关, 常随种群数量增高而增大。我们利用这个特点, 用这个系数来表达不同年份粘虫的聚集度 (见表 2)。由于猖獗年份的数量特多, 反映到 C 也特

表 3 第五次发生区1958—1980年的23年间 C 指数的比较

年 份	平 均 数 ($\bar{x}$)	方 差 (S^2)	扩散指数 ($C = \frac{S^2}{\bar{x}}$)	发 生 程 度
1958	11.3158	152.9516	13.5166	严 重
1959	1.2500	1.6047	1.2838	轻 微
1960	9.5000	148.1410	15.5938	严 重
1961	6.6667	69.1886	10.3782	局 部 严 重
1962	1.5152	5.4451	3.5937	轻 微
1963	0.9559	1.5207	1.5909	轻 微
1964	1.2500	1.6204	1.2963	轻 微
1965	4.9074	76.0007	15.4870	严 重
1966	4.7059	59.3086	12.6183	严 重
1967	2.2727	13.8139	6.0782	中 等
1968	0.8333	1.3389	1.6667	轻 微
1969	1.9531	7.5542	3.8678	轻 微
1970	3.5484	44.0726	12.4204	严 重
1971	2.5000	6.7857	2.7143	轻 微
1972	22.1538	437.2806	19.7384	严 重
1973	2.6389	13.5368	5.1297	中 等
1974	2.4632	24.7188	10.0352	中 等
1975	2.5000	19.3750	7.7500	中 等
1976	9.9308	233.1367	23.5401	极 严 重
1977	11.2632	260.1800	23.1000	极 严 重
1978	0.5844	1.1342	1.9408	轻 微
1979	1.1975	3.2404	2.7060	轻 微
1980	7.5602	131.3217	17.3701	中 等 偏 重

大。反之, 轻微发生年份的种群数量特少, C 也特小。表 3 很确切地反映出23年间的粘虫数量变动情况, 认为非常符合于发生的实际。例如 1976, 1977, 1970, 1972, 1965, 1966, 1958, 1960等四次猖獗周期的大发生年, C 均在11以上, 而 C 接近于1的年份, 则接近于随机分布, 表示越为分散。在23年的资料中, 甚至可以用 C 的大小来排队, 说明 C 可以作为表达种群数量聚集程度的一个相当敏感的指标, 而且是分析病虫测报站现存资料和数量化的一个很好的指标。

由于 C 指数处理方差与平均数之间的关系是不独立的, 因而并不反映种群聚集度的绝对量。作为定量地表达聚集的程度, 已如上述计算了 I_s , I_B 和 C_A 等指数, 这些指数都不受平均数的影响, 都不依平均数的大小而变化, 并且是表示各样方中, 以一定的概率把个体除去随机不变的指数值, 能反映聚集度的绝对量。可是 Taylor 的 b 指数对这个问题似乎解决得更好 ($S^2 = a\bar{x}^b$), 因为 Taylor 公式中的方差与平均数是独立存在的, 而式中的 b 却可作为物种聚

集特征的估值, 即反映物种属性的一个统计量。

我们先把粘虫田间集团分布的 8 组资料, 求出 S^2 对 $\bar{x}$ 的 Taylor 指数方程式为

$$S^2 = 1.6607 \bar{x}^{2.3353}$$

$b > 1$ 说明聚集度相当大, 围绕上述曲线的对数直线两旁点的变动幅度, 表示了栖境变化对聚集度作用的估值, 也说明了栖境对粘虫聚集的影响是相当大的。

我们再以粘虫猖獗发生的 23 年资料, 求出各年资料中 S^2 对 $\bar{x}$ 的幂函数方程式为:

$$S^2 = 2.2238 \bar{x}^{2.5881}$$

结果 b 亦大于 1, 而且前后两种资料所得 b 值极为接近, 可见个体水平与种群水平的 b , 即其聚集度是极为接近的。由此证实了猖獗区的地理分布正是田间集团分布的宏观化, 反之, 田间集团分布却是猖獗区地理分布的投影。

三、关于种群的拥挤度

Lloyd 提出的平均拥挤度, 作为地理分布来说, 似乎比较能直观地反映种群密度。他以平均拥挤度 (m^*) 与平均密度 (m) 的相对比值, 作为表达聚集度的指标。即以 m^* 表达绝对的聚集度, 而 m^*/m 则表示以随机分布为标准的相对的聚集度。Iwao 在 $m^* = \alpha + \beta m$ 这个直线回归式中, 用 α 来表达分布基本成分按大小分布的平均拥挤度, 称为基本聚集度指数。用 β 来表达基本成分的空间分布型, 称为密度-聚集度系数。可见平均拥挤度-平均密度的概念, 能更有效地比较个体水平与种群水平或种间水平聚集度的实质 (Iwao, 1977)。

我们把上述资料作了 m^*-m 回归的 α 及 β 值的比较。见表 4。

表 4 m^*-m 回归的 α 及 β 值的比较

资 料	n	α	β	γ^2	聚集度显著性
田间集团分布资料	8	0.6322	1.0828	0.9076	极显著 ($P < 0.01$)
猖獗区地理分布资料	23	2.6430	2.1427	0.8663	极显著 ($P < 0.01$)

当 $\alpha > 0, \beta > 1$ 时是聚集的, 并说明属于这种类型聚集分布的特征, 形成聚集的原因, 既

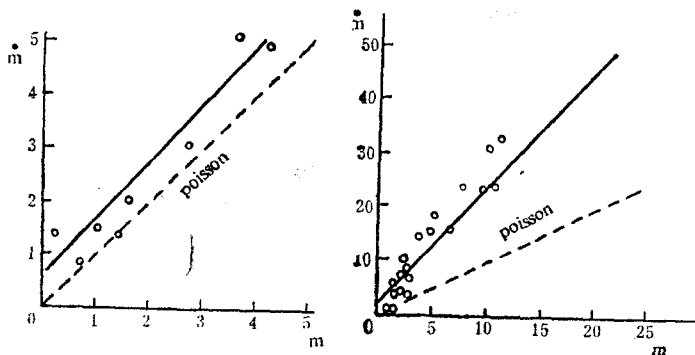


图 4 粘虫空间分布的 m^*-m 回归线
左: 田间集团分布资料 右: 猖獗区地理分布资料

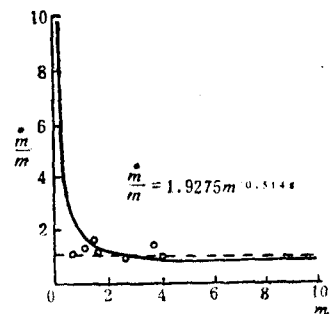


图 5 粘虫田间集团分布的 $m^*/m-m$ 关系曲线

包含着由于粘虫自身的繁殖、扩散等特征作用的结果,也包含着由于它对其栖境条件差异的反映结果。从4图也可以看到 m^*-m 回归线明显地远离于Poisson分布线,亦说明粘虫的聚集是显著的。

我们再用Iwao(1977) $m^*/m-m$ 关系曲线的方法进一步检查粘虫分布的聚集度。以 m^*/m 为纵轴, m 为横轴,作出图5。结论与上述一致。说明粘虫分布的基本成分是疏松个体群,基本成分的分布是聚集的,而个体群内的分布是随机的。

STUDY ON THE SPATIAL DISTRIBUTION OF POPULATION OF ORIENTAL ARMY WORM, *MYTHIMNA SEPARATA* (WALKER)

Wu Xiangguang Huang Meizhen

(Guangdong Institute of Entomology, China)

1. The group distribution patterns of larvae of army worm in eight plots of rice fields were investigated by the method of frequent distribution. The results showed that the distribution patterns fitted a lot of the negative binomial distribution, little Neyman distribution and not Poisson distribution.

2. Investigations of 1214 times in a number of counties in south China on the geographical distribution of outbreak regions of army worm have made during 23 years (1958—80). Index of dispersal c was calculated. It showed that the geographical distribution of outbreak areas of army worm was significantly aggregation and index of dispersal c may be used as a quite sensitive target indicating the outbreak level of aggregation of population number in different years. The larger value of c indicates more aggregation of the population number and serious damage occurrence, and vice versa.

3. The aggregation indices I_a , I_b , C_A were calculated and the results also showed that geographical distribution of army worm is obviously aggregated. These indices can also be used to express the absolute quantity of aggregate level. On the other hand, they can be used to test the distribution of population of army worm in the fields. In some fields, the conclusion can not be obtained with the method of conformity test of distribution pattern, but the correct conclusion can be obtained by means of the aggregate indices.

4. Comparison the value of Taylor's index, b for field distribution and for geographic distribution in outbreak zone have been made index of 2.3353 from the data of the field distribution, and index of 2.5881 from that of geographic distribution was obtained respectively. Both are very close. It can be proved that the geographic distribution of outbreak zone is the macrograph of the field distribution. Conversely, the field distribution is the projection of the geographic distribution. The values of α , β of m - m regression between field distribution and geographic distribution have also been compared. The results showed that both α , one bigger than zero and β bigger than unit. The reasons of aggregation include the characteristic of reproduction and spread of army worm, and also include the effects from the different environmental conditions.