

DOI: 10.5846/stxb201805141059

程 娟, 张书平, 余 燕, 王振兴, 李 尚, 毕守东, 周夏芝, 王建盼, 邹运鼎. 乌牛早茶园蜡蝉类与其 8 种天敌空间关系的聚块样方方差分析. 生态学报, 2019, 39(14): - .

Cheng X, Zhang S P, Yu Y, Wang Z X, Li S, Bi S D, Zhou X Z, Wang J P, Zou Y D. Square variance analysis of the spatial relationship between Fulgoroidea and their eight natural enemies in "WuNiuZao" tea garden. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(14): - .

## 乌牛早茶园蜡蝉类与其 8 种天敌空间关系的聚块样方方差分析

程 娟<sup>1</sup>, 张书平<sup>1</sup>, 余 燕<sup>1</sup>, 王振兴<sup>1</sup>, 李 尚<sup>2</sup>, 毕守东<sup>1,\*</sup>, 周夏芝<sup>2</sup>, 王建盼<sup>1</sup>, 邹运鼎<sup>2</sup>

1. 安徽农业大学理学院, 合肥 230036

2. 安徽农业大学林学与园林学院, 合肥 230036

**摘要:** 为了分析在不同聚块大小条件下, 天敌对蜡蝉类 *Fulgoroidea* 空间上跟随关系的密切程度、聚集原因和聚集范围, 为评价蜡蝉类的天敌优势种和确定样方大小提供科学依据, 运用聚块样方方差分析法、灰色关联度法、空间聚集强度指数法、种群聚集均数法和  $\rho$  指数法对安徽省合肥市乌牛早茶园不同大小聚块条件下的蜡蝉类及其 8 种天敌进行分析。蜡蝉类与其 8 种天敌均方差峰值时聚块样方数的关联度分析结果表明: 与蜡蝉类空间上跟随关系密切的前三位天敌依次是茶色新圆蛛 *Neoscona theisi* (0.8010)、草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum* (0.7617) 和三突花蟹蛛 *Misumenops tricuspidatus* (0.7613)。在聚块内基本样方数  $K$  为 1、2、4、8 时, 随着聚块内基本样方数的增多, 聚集分布格局时的扩散系数  $C$  不断增大, 均匀和随机格局时扩散系数不断减小。聚块内基本样方数  $K$  为 1、2、4、8 时其相互之间的蜡蝉类及其天敌的空间分布聚集程度差异均不显著。蜡蝉类及其天敌的种群聚集均数  $\lambda$  多数情况均大于 2, 其聚集是该虫本身原因引起的, 并且  $\lambda$  的绝对值随着聚块内基本样方数的增加而不断增大。用蜡蝉类不同大小聚块的  $\rho$  指数判断个体群聚集时的最小范围是聚块中有 4 个基本样方, 即本文的  $16 \text{ m}^2$ 。为该虫抽样时确定样方大小提供了科学依据。聚块样方方差分析法是分析害虫与天敌空间关系的一种简便而又实用的方法。

**关键词:** 蜡蝉类; 天敌; 空间关系; 聚块样方方差分析; 灰色关联度分析

## Square variance analysis of the spatial relationship between Fulgoroidea and their eight natural enemies in "WuNiuZao" tea garden

CHENG Xian<sup>1</sup>, ZHANG Shuping<sup>1</sup>, YU Yan<sup>1</sup>, WANG Zhenxing<sup>1</sup>, LI Shang<sup>2</sup>, BI Shoudong<sup>1,\*</sup>, ZHOU Xiazhi<sup>2</sup>, WANG Jianpan<sup>1</sup>, ZOU Yunding<sup>2</sup>

1. Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China

2. School of Forestry and Landscape Architecture, Hefei 230036, China

**Abstract:** In order to analyze the close degree of spatial following relationship, reason for aggregation and aggregation range between Fulgoroidea and their natural enemies under different cluster size conditions, and to provide scientific basis for evaluating dominate natural enemies of Fulgoroidea and determining the quadrats size. The block quadrat variance analysis, grey correlation analysis, aggregated-intensity index method of spatial patterns, mean method of population aggregation and  $\rho$  index method were used to analyze Fulgoroidea and their eight natural enemies under different cluster size conditions in "WuNiuZao" tea garden in Hefei city, Anhui province. The quadrats numbers at the peak of mean variance of Fulgoroidea

基金项目:

收稿日期: 2018-05-14; 修订日期: 2019-05-26

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail:

and their eight natural enemies were analyzed by correlation analysis. The results showed that the first three natural enemies that closely follow the Fulgoroidea in space were *Neoscona theisi* (0.8010), *Erigonidium graminicolum* (0.7617) and *Misumenops tricuspidatus* (0.7613). When there were 1, 2, 4 or 8 basic quadrats in the poly-block, with the increase of basic quadrats number, the diffusion coefficient C-value of aggregation pattern increased and the C-value of uniform or random patterns decreased. And the aggregation degree in space of Fulgoroidea and their natural enemies were not significantly different. The average population aggregation were greater than 2 in most of  $\lambda$ , indicating that the gathering was caused by the pest themselves, and the absolute value of  $\lambda$  was increasing with the number of basic quadrats in the poly-block. The smallest scope of individual population aggregation which was evaluated by using  $\rho$  index of Fulgoroidea with different sizes of poly-blocks was four basic quadrats with 16m<sup>2</sup> in this study. It provided a scientific basis for the determination of quadrats size during sampling. The block quadrat variance analysis was a simple and practical method to analyze the spatial relationship between pests and natural enemies.

**Key Words:** Fulgoroidea; natural enemies; spatial relationship; block quadrat variance analysis; grey correlation analysis

蜡蝉属半翅目蜡蝉总科,危害茶树的蜡蝉多达 20 种,主要是蛾蜡蝉科的碧蛾蜡蝉 *Geisha distinctissima* Walker,褐缘蛾蜡蝉 *Salurnis marginellus* Guerin,白蛾蜡蝉 *Lawana imitata* Melichar 和广翅蜡蝉科的可可广翅蜡蝉 *Ricania cacaonis* Chou et Lu,眼纹疏广蜡蝉 *Euricania ocellus* Walker,八点广翅蜡蝉 *Ricania speculum* Walker,钩纹广翅蜡蝉 *Ricania simulans* Walker,缘纹广翅蜡蝉 *Ricania marginalis* Walker,柿广翅蜡蝉 *Ricania sublimbata* Jacobi,褐带广翅蜡蝉 *Ricania taeniata* Stal,带纹疏广蜡蝉 *Euricania fascialis* Walker 和眼斑宽广蜡蝉 *Pachazia discreta* Melichar 等。在安徽茶区发生的主要种是碧蛾蜡蝉、褐缘蛾蜡蝉、带纹疏广蜡蝉、眼纹疏广蜡蝉、缘纹广翅蜡蝉、八点广翅蜡蝉、柿广翅蜡蝉和琥珀广翅蜡蝉<sup>[1-4]</sup>,蜡蝉类成虫若虫皆刺吸茶树芽梢汁液,同时排泄“蜜露”招致煤病发生,成虫还在树梢内产卵,造成损害,除危害茶树外,还危害油茶、柑橘、桃、梨、苹果、荔枝、龙眼、咖啡、田菁等 40 多种植物,多数一年发生一代,6—7 月份成虫盛发,成虫善于飞翔,耐饥饿,喜潮湿畏阳光。茶丛覆盖郁闭度大且阴湿的茶园是蜡蝉发生的最佳环境。贵州铜仁地区,八点广翅蜡蝉和圆纹广翅蜡蝉的天敌为草蛉、瓢虫和蜘蛛,其中与蜘蛛关系密切,平均每百网虫量中蜘蛛有 34 头。徐冠军等报道柿广翅蜡蝉的天敌为晋草蛉 *Chrysopa Shamsicnsis* Kawa、中华草蛉 *C.Sinica* Jieder、大草蛉 *C.Septempunctata* Wesmael、小花蝽 *Orius similis* Zheng、猎蝽 *Sirihcnca* SP、步甲 *Chiaenius* SP、异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 等 7 种捕食性昆虫;大腹圆蛛 *Araneus ventricosus*、黄褐新圆蛛 *Neoscone doentzi*、八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum*、三突花蟹蛛 *Misumennops Tricuspidaus*、黑色蝇虎 *Plexippus paykulli* 等 5 种蜘蛛<sup>[5]</sup>。抽样调查的样方大小和样方数量多少,不光与成本有关,而且直接影响调查结果的准确性。Morris(1995)对样方提出了 8 条标准,其中两条都涉及样方大小<sup>[6]</sup>。用聚块样方方差分析方法研究不同聚块大小对蜡蝉类及其天敌空间分布的影响、对聚集程度的影响、对聚集的原因以及最小个体群占据的范围等内容的研究报道极少,本文在这方面进行初步研究,为蜡蝉类天敌优势种评定及最佳样方大小的确定提供科学依据。

## 1 材料与方方法

### 1.1 调查地点和时间

调查地点为安徽农业大学科技示范园茶园,调查茶树品种为树龄 13 年的乌牛早,茶园面积为 0.2 hm<sup>2</sup>。调查时间为 2015 年 3 月 28 日—11 月 14 日。2016 年 3 月 27 日—11 月 17 日,约 15d 调查一次,2015 年调查 17 次,2016 年调查 16 次。茶园周边为其他品种茶园,茶园按常规措施管理,但不施用农药。

### 1.2 调查方法

采用平行跳跃法随机在茶园选取 3 行,茶树行距为 1m,每行间隔 1m 取 2m 长的样方。每行 10 个样方,共取 30 个样方,先目测调查,每样方随机选取 10 片叶,调查一些不易振落害虫及天敌种类和个体数,然后用

沾有洗衣粉水液的搪磁盘对样方中的所有枝条进行盘拍(搪瓷盘口长为 40 cm,宽 30 cm,洗衣粉水溶液浓度为 1000 倍),调查记载害虫及其天敌物种数和个体数,对于一部分不能准确鉴定的物种样本编号保存,装瓶带回室内鉴定。

### 1.3 数学分析方法

根据聚块样方方差分析的要求,参与数学分析的资料是第一个样方连续至第 24 个样方的调查资料。

#### 1.3.1 蜡蝉空间动态的聚块样方方差分析

聚块样方方差分析是在不同大小样方上的方差分析,是一种简单、有效的生态学空间分布格局分析方法。该法要求供试田块上的样方在空间上相互连接,随着聚块所包含的基本样方数  $K$  从 1,2,4,8... (指数级数) 不断增加,聚块方差值常随之改变,通过不同大小聚块方差值的变化,了解研究对象随尺度增大的变化动态<sup>[7]</sup>。

在一样带上连续分布的样方,变量(蜡蝉或天敌在每个聚块上的数量)为  $X$ ,让聚块内基本样方数成指数增大,计算其均方差  $MS$ ,当每聚块仅包含一个基本样方时,其均方差计算公式为:

$$MS(1) = \frac{2k^{n-2k+1}}{n} \sum_{i=1}^{n-1} (X_i - X_{i+1})^2 / 2k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-1} (X_i - X_{i+1})^2$$

$MS(1)$  为聚块含 1 个基本样方时的均方差值,  $k$  为聚块所含基本样方数;当每个聚块包含两个基本样方时,

$$MS(2) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-3} ((X_i + X_{i+1}) - (X_{i+2} + X_{i+3}))^2$$

依此类推,直到聚块所含的基本样方数为  $n/2$ ,这时均方差的计算公式为:

$$MS(n/2) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^1 ((X_i + X_{i+1} + \dots + X_{i+n/2-1}) - (X_{i+1} + X_{i+2} \dots + X_{i+n/2}))^2$$

聚块样方方差分析的目的是分析聚块大小对方差的影响,如果均方差在某一聚块大小上出现峰值,则表明田间害虫(或天敌)空间分布具有规律性。如果同时出现几个峰值,则表明田间害虫(或天敌)可能存在几种不同尺度的聚集空间。如果均方差值为一常数,即均方差值不随聚块大小而变化,表明害虫(或天敌)聚集的空间大小是无规律的。

#### 1.3.2 蜡蝉与 8 种天敌间在均方差峰值时基本样方数上的灰色关联度分析

将蜡蝉及其 8 种天敌均方差峰值时的基本样方数(即聚块空间大小)分别看作一个本征系统,蜡蝉每次峰值时的基本样方数  $Y_i$  作为该系统的参照序列,其各种天敌的基本样方数  $X_j$  作为该系统的比较序列,不同时间点上的蜡蝉聚集空间大小及其天敌的聚块基本样方数作为序列在第  $k$  个样方上的效果白化值,进行双序列关系分析:  $Y_i = \{Y_i(1), Y_i(2), \dots, Y_i(n)\}$ ,  $i=1, 2, 3, \dots, n$ ,  $X_j = \{X_j(1), X_j(2), \dots, X_j(n)\}$ ,  $j=1, 2, 3, \dots, m$ , 式中  $n$  是样方数,  $m$  是天敌种类数。经数据均值化后得:

$$y_i = \{y_i(1), y_i(2), \dots, y_i(n)\}, x_j = \{x_j(1), x_j(2), \dots, x_j(n)\},$$

利用关联度公式  $R(Y_i, X_j) = \frac{1}{n} \sum r_{ij}(k)$  求出 8 种天敌 ( $X_j$ ) 与蜡蝉  $Y$  均方差峰值时基本样方数间的关联度,  $r_{ij}$  为关联系数,其公式为:

$$r_{ij} = \frac{\min \min |Y_i(k) - X_j(k)| + \rho \max \max |Y_i(k) - X_j(k)|}{|Y_i(k) - X_j(k)| + \rho \max \max |Y_i(k) - X_j(k)|}$$

式中,  $\rho$  为分辨系数,取值介于 0 到 1 之间,一般取  $\rho = 0.5$ ,为了使比较对象间差异明显,便于比较,本文取  $\rho = 0.8$ ,  $\Delta_{ij} = |y_i(k) - x_j(k)|$  为序列  $Y$  与  $X_j$  在第  $k$  点上的绝对值差;  $\min |y_i(k) - x_j(k)|$  为 1 级最小差,表示找出  $Y$  与  $X_j$  序列对应点的差值中的最小差;而  $\min \min |y_i(k) - x_j(k)|$  为 2 级最小差,表示在 1 级最小差的基础上再找出其中的最小差。 $\max |y_i(k) - x_j(k)|$  与  $\max \max |y_i(k) - x_j(k)|$  分别为 1 级和 2 级最大差,其含义与上述最小差相似。第  $j$  种天敌  $X_j$  与蜡蝉聚集空间大小的关联度为  $R(y_i, x_j) = \frac{1}{n} \sum r_{ij}(k)$ ,关联度大小反映

了天敌  $X_j$  对蜡蝉  $Y$  空间上跟随的密切程度, 关联度值越大, 表明两者在空间上关系越密切<sup>[8]</sup>。

### 1.3.3 蜡蝉及其天敌的空间格局及其差异原因分析

对聚块样方方差深入分析就涉及到研究对象的空间分布格局。本文采用 Poisson 扩散系数  $C$  分析测定蜡蝉及其天敌的空间分布格局<sup>[9]</sup>。为了判断蜡蝉及其天敌在聚块中基本样方数为 2、4、8 时与为 1 时(或为 2 时、为 4 时)之间空间聚集程度的差异, 用 David 等提出的  $w$  公式,  $w = -\frac{1}{2} \ln\left(\frac{S_1^2/x_1}{S_2^2/x_2}\right)$ , 其中  $S_1^2, S_2^2, \bar{x}_1, \bar{x}_2$  分

别为聚块内基本样方数为 2、4、8 与为 1 时(或为 2 时、为 4 时)的两种群的方差和均数, 若  $|w| > 2.5/\sqrt{n-1}$ , 则按 5% 水平认为两者的空间分布格局显著不同<sup>[10]</sup>。用 Arbous 等<sup>[11]</sup>提出的种群聚集均数( $\lambda$ )公

式,  $\lambda = \frac{\bar{x}}{2k} \cdot v$ , 分析不同聚块大小条件下蜡蝉及其天敌的聚集原因, 式中  $k = \bar{x}^2/(s^2 - \bar{x})$ ,  $s^2$  为方差,  $v$  为自由度等于  $2k$  时的  $\chi_{0.50}^2$  值。用 Blackith 提出  $\lambda$  值判断标准, 分析引起种群聚集的原因<sup>[12]</sup>。用 Iwao<sup>[13]</sup>的  $\rho$  指数公

式,  $\rho = \frac{m_i^* - m_{i-1}^*}{x_i - x_{i-1}}$ , 依据一系列不同大小聚块的  $\rho$  指数来评定蜡蝉个体群聚集时占据的最小空间, 即最小的样

方面积,  $\rho$  指数最大时的聚块即为最小样方面积。式中  $m_i^*$  和  $m_{i-1}^*$  为  $i$  和  $i-1$  聚块的平均拥挤度,  $\bar{x}_i$  和  $\bar{x}_{i-1}$  为  $i$  和  $i-1$  聚块的平均密度。

2 结果与分析

## 2 结果与分析

### 2.1 茶园蜡蝉类与其天敌种类及其种群动态

2015 年乌牛早茶园共采集到植食类害虫 32 种, 共 12718 头, 分属 8 目 26 科, 其中蜡蝉类 251 头, 捕食性天敌 37 种, 共 7374 头, 分属 6 目 18 科。2016 年茶园共采集到植食类害虫 37 种, 共 11657 头, 分属 8 目 26 科, 其中蜡蝉类 388 头, 捕食性天敌 40 种, 共 5202 头, 分属 8 目 20 科。2015 年调查数量大于 134 头, 2016 年调查数量大于 130 头的前 8 位的捕食性天敌, 依次是鳞纹肖蛸 (*Tetragnatha squamata*), 锥腹肖蛸 (*Tetragnatha maxillosa*), 草间小黑蛛 (*Erigonidium graminicolum*), 三突花蟹蛛 (*Misumenops tricuspidatus*), 八斑球腹蛛 (*Theridion octomaculatum*), 棕管巢蛛 (*Clubiona japonicola*), 茶色新圆蛛 (*Neoscona theisi*) 和异色瓢虫 (*Harmonia axyridis*)。2015 年 8 种天敌数量共 6150 头, 占整个捕食性天敌的 83.40%, 2016 年 8 种天敌数量为 4049 头, 占整个捕食性天敌的 77.85%, 本文将 8 种天敌作为蜡蝉类的主要天敌, 其种群动态绘于图 1—图 2。蜡蝉类在安徽一年发生一代, 5—7 月是若虫期, 6—11 月是成虫期, 高峰期为 6—8 月份。鳞纹肖蛸 ( $x_1$ ) 和锥腹肖蛸 ( $x_2$ ) 两者占 8 种天敌的 57.67%—61.79%, 其次是八斑球腹蛛 ( $x_3$ ) 和棕管巢蛛 ( $x_6$ )。

### 2.2 蜡蝉类及其 8 种天敌空间关系的聚块样方方差分析

为了体现研究结果的代表性, 蜡蝉选择数量多的、数量中等的和数量少的三种类型作为研究材料。2015 年选择 6 月 8 日(43 头)、6 月 20 日(87 头)、7 月 4 日(67 头), 2016 年选择 5 月 12 日(60 头)、5 月 30 日(44 头)、6 月 14 日(45 头)的蜡蝉及其天敌作为研究对象, 将蜡蝉及其 8 种天敌的聚块样方方差分析的均方差列于表 1。

可看出, 2015 年 6 月 8 日、6 月 20 日、7 月 4 日和 2016 年 5 月 12 日、5 月 30 日和 6 月 14 日的蜡蝉的均方差均有一个峰值。8 种天敌的均方差值均有 1—2 个峰值, 表明蜡蝉和 8 种天敌的空间分布均具有一定的规律性, 可对其关系进行深入研究。为了分析 8 种天敌与蜡蝉空间关系密切程度, 将 8 种天敌与蜡蝉均方差峰值时聚块内基本样方数列于表 2, 并进行灰色关联度分析, 结果是, 茶色新圆蛛与蜡蝉类的关联度最大, 关联度值为 0.8010, 其次是草间小黑蛛, 与蜡蝉类的关联度值为 0.7617, 第三是三突花蟹蛛, 关联度值为 0.7613, 鳞纹肖蛸、锥腹肖蛸、棕管巢蛛、异色瓢虫和八斑球腹蛛与蜡蝉类的关联度分别是 0.7589、0.7572、0.7552、0.7550 和 0.7158。表明茶色新圆蛛、草间小黑蛛和三突花蟹蛛与蜡蝉类空间关系密切, 异色瓢虫(0.7550)和八斑球

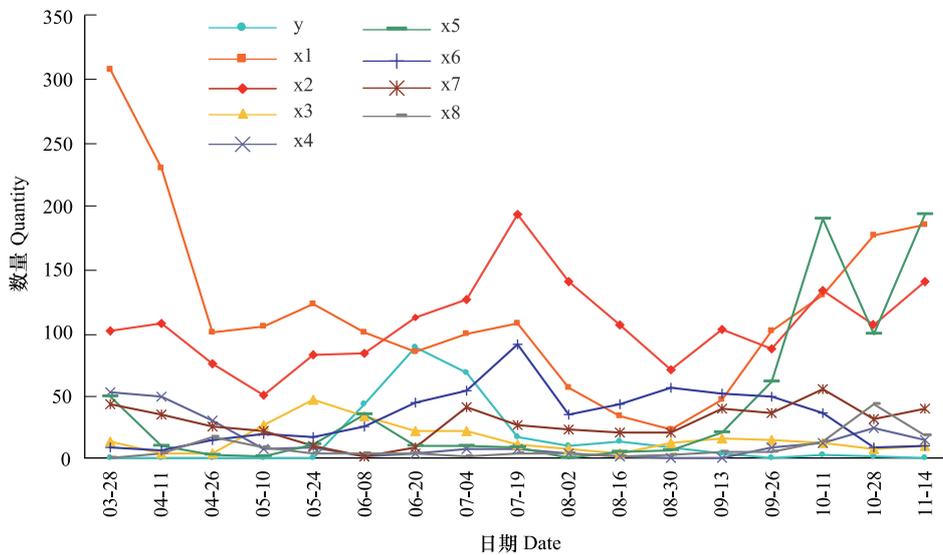


图 1 2015 年蜡蝉类和 8 种天敌数量动态变化

Fig.1 Dynamic changes in the number of Fulgoroidea and eight natural enemies (2015)

y: 蜡蝉类 Fulgoroidea;  $x_1$ : 鳞纹肖蛸 *Tetragnatha squamata*;  $x_2$ : 锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa*;  $x_3$ : 草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum*;  $x_4$ : 三突花蟹蛛 *Misumenops tricuspidatus*;  $x_5$ : 八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum*;  $x_6$ : 棕管巢蛛 *Clubiona japonicola*;  $x_7$ : 茶色新圆蛛 *Neoscona theisi*;  $x_8$ : 异色瓢虫 *Harmonia axyridis*

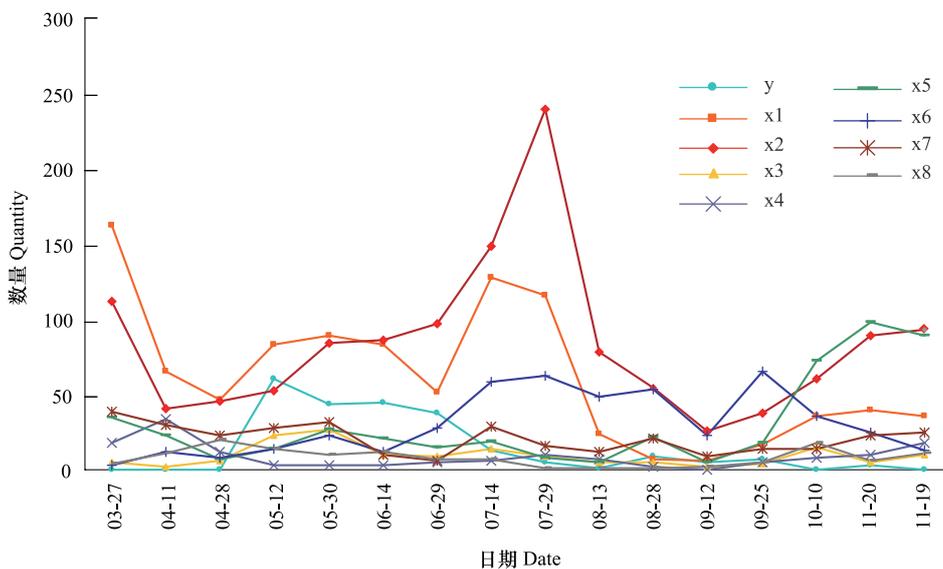


图 2 2016 年蜡蝉类和 8 种天敌数量动态变化

Fig.2 Dynamic changes in the number of Fulgoroidea and eight natural enemies (2016)

腹蛛(0.7158)与蜡蝉类的空间关系较不密切。

### 2.3 聚块大小对蜡蝉类及其天敌空间分布格局的影响

用扩散系数  $C$  值作为判断空间分布格局类型的依据,将蜡蝉和 8 种天敌在不同聚块大小条件下的扩散系数  $C$  值列于表 3。可以看出,蜡蝉 2015 年 6 月 20 日聚块样方数  $K$  为 2 时和 2016 年 5 月 12 日  $K$  为 1、2、4、8 时的  $C$  值均大于  $F_{0.05}$ ,表明是聚集分布格局。鳞纹肖蛸( $x_1$ )2015 年 6 月 20 日、7 月 4 日  $K$  为 1、4、8 时和 2016 年 5 月 30 日、6 月 14 日,锥腹肖蛸( $x_2$ )2015 年 6 月 8 日  $K$  为 4 时、7 月 4 日  $K$  为 4、8 时和 2016 年 5 月 12 日  $K$  为 4 时、5 月 30 日  $K$  为 2、4 时,草间小黑蛛( $x_3$ )2016 年 5 月 30 日  $K$  为 8 时和 6 月 14 日  $K$  为 2、4、8 时,三突

花蟹蛛( $x_4$ )2016年6月14日 $K$ 为1时,八斑球腹蛛( $x_5$ )2016年5月30日 $K$ 为4、8时和6月14日 $K$ 为8时以及异色瓢虫( $x_8$ )2015年6月20日 $K$ 为8时和2016年5月12日的 $K$ 为1时, $C$ 值均大于 $F_{0.05}$ ,是聚集分布格局。并且由表3可知蜡蝉和天敌聚集分布格局时,随着聚块内样方数的增加, $C$ 值不断增大。在均匀分布和随机分布时, $C$ 值变化的总趋势是,随着聚块内基本样方数的增加, $C$ 值不断变小。

表1 不同聚块条件下蜡蝉类及其天敌的均方差  $MS(i)$ Table 1 The mean variance ( $MS(i)$ ) of Fulgoroidea and their natural enemies in different size blocks

日期 Date	物种 Species	聚块内基本样方数(2015) The number of basic quadrats in a block(2015)				日期 Date	物种 Species	聚块内基本样方数(2016) The number of basic quadrats in a block(2016)			
		1	2	4	8			1	2	4	8
06-08	$y$	3.7500	3.5833	0.8750	2.0833	05-12	$y$	4.9167	5.6250	17.7917	35.4167
	$x_1$	3.6250	5.8333	6.6250	5.2083		$x_1$	8.0417	5.3750	7.5000	2.2083
	$x_2$	4.6250	7.8333	12.5833	2.2083		$x_2$	3.7083	5.3333	12.5833	2.0833
	$x_3$	2.1667	3.0417	0.2917	0.0417		$x_3$	1.0417	1.0000	0.4583	0.2083
	$x_4$	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		$x_4$	0.2500	0.2500	0.0833	0.2083
	$x_5$	1.7500	1.2917	1.7917	0.6667		$x_5$	0.9583	1.5000	0.9167	0.2083
	$x_6$	1.2500	1.1250	2.0833	0.2083		$x_6$	1.0417	1.7500	0.5833	0.7083
	$x_7$	0.0833	0.0833	0.0417	0.0417		$x_7$	3.0417	1.4167	1.2500	3.3333
6-20	$y$	7.7500	11.9583	5.7083	5.3333	05-30	$y$	3.7500	2.2083	1.4583	1.5417
	$x_1$	6.0417	8.7083	10.1250	10.2083		$x_1$	8.7083	11.3333	3.6250	9.7083
	$x_2$	5.1250	3.3333	2.7500	2.0417		$x_2$	5.9583	12.7083	28.1250	0.5417
	$x_3$	1.8333	0.8750	1.9583	1.7083		$x_3$	1.7083	0.5000	0.9583	2.7083
	$x_4$	0.1250	0.1250	0.1250	0.0417		$x_4$	0.2500	0.1667	0.1667	0.0000
	$x_5$	0.3750	0.1667	0.1250	0.1667		$x_5$	0.8333	0.9167	2.9583	3.4167
	$x_6$	2.8750	1.9167	1.2500	4.8333		$x_6$	1.0000	1.9167	2.3333	0.0833
	$x_7$	0.2500	0.3333	0.0833	0.4167		$x_7$	1.7083	1.3750	0.6667	1.2083
07-04	$y$	7.0833	5.5833	2.2083	2.6667	06-14	$y$	2.6667	1.9167	1.5833	2.0833
	$x_1$	9.5417	4.2500	9.5833	15.7083		$x_1$	4.5417	7.0000	20.3333	15.4167
	$x_2$	8.7917	8.3333	16.8333	24.8333		$x_2$	5.5833	7.6250	2.7917	0.0833
	$x_3$	1.2917	0.8333	0.5000	0.0417		$x_3$	0.7083	0.6667	0.8333	2.0417
	$x_4$	0.3333	0.4167	0.3750	0.8333		$x_4$	0.4167	0.4167	0.2500	0.2083
	$x_5$	0.5000	0.2500	0.2500	0.0417		$x_5$	1.5000	1.0833	1.1667	2.6667
	$x_6$	4.5833	1.7917	0.7500	1.2083		$x_6$	0.2917	0.4583	0.7917	0.4167
	$x_7$	2.4167	2.0000	0.9167	0.7500		$x_7$	0.4583	0.3750	0.3333	0.5417
$x_8$	0.0833	0.0833	0.0833	0.0417	$x_8$	0.7916	0.6667	0.9583	0.2083		

$y$ :蜡蝉类 Fulgoroidea;  $x_1$ :鳞纹肖蛸 *Tetragnatha squamata*;  $x_2$ :锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa*;  $x_3$ :草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum*;  $x_4$ :三突花蟹蛛 *Misumenops tricuspidatus*;  $x_5$ :八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum*;  $x_6$ :棕管巢蛛 *Clubiona japonicola*;  $x_7$ :茶色新圆蛛 *Neoscona theisi*;  $x_8$ :异色瓢虫 *Harmonia axyridis*

表2 均方差峰值时聚块内的基本样方数

Table 2 Numbers of basic quadrats in a block at the peak of mean variance

年份 Year	日期 Date	$y$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
2015	06-08	1	4	4	2	-	4	4	1	1
	06-20	2	8	1	4	4	1	8	8	8
	07-04	1	8	8	1	8	1	1	1	2
2016	05-12	8	1	4	1	2	2	2	8	1
	05-30	1	2	4	8	1	8	4	1	4
	06-14	1	4	2	8	2	8	4	8	4

表 3 不同聚块大小条件下蜡蝉类及其 8 种天敌的扩散系数  $C^*$ Table 3 Diffusion coefficient  $C^*$  of Fulgoroidea and their eight natural enemies under different block sizes

物种 Species	自由度 $df(n_1)$	聚块内基本样方数 The number of basic quadrats in a block	2015			2016		
			06-08	06-20	07-04	05-12	05-30	06-14
$y$	23	1	1.1672	1.4891	1.3434	2.3354*	1.0389	0.7926
	11	2	1.0699	1.8864*	1.1263	3.1688*	0.7943	0.7902
	5	4	0.6615	1.1875	0.7898	6.1143*	0.8000	0.9692
	2	8	1.4615	1.0000	1.0847	8.4821*	1.1316	1.4615
$x_1$	23	1	0.7453	1.5243*	1.7130*	1.4462	1.5304*	2.1304*
	11	2	0.9870	2.1604*	1.7545	1.1866	1.9182*	3.5818*
	5	4	1.1429	2.6706*	3.1400*	1.5053	2.3300*	6.0200*
	2	8	1.7500	5.0441*	6.9125*	0.8816	4.2125*	6.5375*
$x_2$	23	1	1.1625	0.6503	1.3579	1.1442	1.3002	0.9245
	11	2	1.7690	0.5296	1.6853	1.5144	2.0760*	0.9282
	5	4	2.9672*	0.6174	2.6231*	2.6000*	3.5315*	0.4000
	2	8	1.0984	0.5326	3.0385*	1.0488	0.0959	0.0132
$x_3$	23	1	0.8621	1.1242	0.8696	0.6087	1.1884	1.2348
	11	2	1.0125	0.7403	0.5909	0.5455	0.7879	1.9273*
	5	4	0.1172	1.0000	0.4000	0.2667	1.4667	3.0400*
	2	8	0.0345	1.0000	0.0625	0.1667	3.1667*	4.9000*
$x_4$	23	1	-	0.9565	0.7826	0.9130	0.9130	1.6087*
	11	2	-	0.9091	0.9091	0.8182	0.8182	1.5455
	5	4	-	0.8000	1.2000	0.6000	0.6000	1.4000
	2	8	-	0.5000	2.0000	1.0000	0.0000	1.0000
$x_5$	23	1	0.9582	0.8261	0.7391	1.0435	0.8000	1.0087
	11	2	0.7382	0.6364	0.4546	1.2727	1.2364	1.1273
	5	4	0.9040	0.6800	0.4857	0.8000	2.3600*	1.6400
	2	8	0.6400	0.8000	0.1429	0.2500	4.5500*	3.2000*
$x_6$	23	1	0.7267	0.9291	1.0348	1.0311	0.9565	0.6957
	11	2	0.7403	0.9665	0.4909	1.3766	1.5152	0.9091
	5	4	1.0000	1.1158	0.4133	0.6286	1.6000	1.4000
	2	8	0.1429	2.0000	0.8667	0.9286	0.1667	0.8750
$x_7$	23	1	1.0000	0.8261	0.7470	1.3043	0.8696	0.6957
	11	2	1.0000	1.0727	0.6694	0.8182	0.8182	0.6364
	5	4	1.0000	1.1600	0.4182	1.3000	0.8000	0.8000
	2	8	1.0000	2.6000	0.2727	2.0000	1.6250	0.8750
$x_8$	23	1	0.9130	0.8696	1.0000	1.5138*	1.2347	1.4435
	11	2	0.8182	1.2727	1.0000	1.0826	1.2727	1.4910
	5	4	0.6000	2.2000	1.0000	0.9636	1.6000	1.6000
	2	8	1.0000	4.0000*	1.0000	0.0909	0.4000	0.7000

\* 表示聚集格局; -表示无真值;  $n_1$  和  $n_2$  为自由度.  $n_1 = 24 - 1 = 23, n_2 = \infty, F_{0.05} = 1.51; n_1 = 12 - 1 = 11, n_2 = \infty, F_{0.05} = 1.79; n_1 = 6 - 1 = 5, n_2 = \infty, F_{0.05} = 2.21; n_1 = 3 - 1 = 2, n_2 = \infty, F_{0.05} = 3.00$

#### 2.4 蜡蝉类及其天敌在聚块内基本样方数为 2、4、8 时与为 1 时(或 $K$ 为 2 时、 $K$ 为 4 时)的聚集程度差异

用 David 和 Moore 提出的比较总体聚集程度的方法, 求出  $|W|$  值, 结果列于表 4。可看出, 除了 2016 年 6 月 14 日锥腹肖蛸( $x_2$ ) 聚块内基本样方数为 8 时与为 1 时的  $|W|$  值为 2.1261 大于  $|W|_{0.05}$ , 其余无论是蜡蝉类还是 8 种天敌, 在聚块内基本样方数为 2、4、8 时与为 1 时的  $|W|$  值均小于  $|W|_{0.05}$ , 表明聚块大小对蜡蝉类或 8 种天敌的空间聚集程度影响不显著。

表 4 不同聚块大小条件下蜡蝉类及其 8 种天敌在  $K$  为 2、4、8 时与  $K$  为 1 时的  $|W|$  值Table 4 The  $|W|$  value of Fulgoroidea and its eight natural enemies at  $K$  is 2, 4, 8 and  $K$  is 1 under different block sizes

日期 Date	物种 Species	聚块内基本样方数(2015) The number of basic quadrats in a block(2015)			日期 Date	物种 Species	聚块内基本样方数(2016) The number of basic quadrats in a block(2016)		
		2	4	8			2	4	8
		06-08	$y$	0.0435			0.2839	0.1124	05-12
	$x_1$	0.1404	0.2137	0.4268		$x_1$	0.0989	0.0200	0.2475
	$x_2$	0.2099	0.4685	0.0284		$x_2$	0.1402	0.4104	0.0435
	$x_3$	0.0804	0.9976	1.6094		$x_3$	0.0548	0.4127	0.6477
	$x_4$	-	-	-		$x_4$	0.0548	0.2099	0.0455
	$x_5$	0.1305	0.0291	0.2018		$x_5$	0.0993	0.1329	0.7144
	$x_6$	0.0092	0.1596	0.8133		$x_6$	0.1445	0.2474	0.0523
	$x_7$	0.0000	0.0000	0.0000		$x_7$	0.2332	0.0017	0.2137
	$x_8$	0.0548	0.2099	0.0455		$x_8$	0.1676	0.2258	1.4063
06-20	$y$	0.1182	0.1132	0.1991	05-30	$y$	0.1343	0.1307	0.0427
	$x_1$	0.1744	0.2804	0.5983		$x_1$	0.1129	0.2102	0.5063
	$x_2$	0.1026	0.0260	0.0998		$x_2$	0.2340	0.4996	1.3035
	$x_3$	0.2089	0.0585	0.0585		$x_3$	0.2055	0.1052	0.4900
	$x_4$	0.0254	0.0893	0.3243		$x_4$	0.0548	0.2099	-
	$x_5$	0.1305	0.0973	0.0160		$x_5$	0.2177	0.5409	0.8691
	$x_6$	0.0198	0.0916	0.3834		$x_6$	0.2300	0.2572	0.8737
	$x_7$	0.1306	0.1697	0.5733		$x_7$	0.0305	0.0417	0.3126
	$x_8$	0.1905	0.4641	0.7630		$x_8$	0.0151	0.1296	0.5636
07-04	$y$	0.0881	0.2656	0.1069	06-14	$y$	0.0015	0.1006	0.3059
	$x_1$	0.0120	0.3030	0.6975		$x_1$	0.2598	0.5194	0.5606
	$x_2$	0.1080	0.3292	0.4027		$x_2$	0.0020	0.4189	2.1261
	$x_3$	0.1932	0.3883	1.3164		$x_3$	0.2226	0.4505	0.6892
	$x_4$	0.0749	0.2137	0.4691		$x_4$	0.0201	0.0695	0.2377
	$x_5$	0.2431	0.2099	0.8218		$x_5$	0.0556	0.2430	0.5772
	$x_6$	0.3728	0.4588	0.0886		$x_6$	0.1338	0.3497	0.1147
	$x_7$	0.0548	0.2901	0.5038		$x_7$	0.0445	0.0699	0.1147
	$x_8$	0.0000	0.0000	0.0000		$x_8$	0.0162	0.0515	0.3619

\* -表示无真值.  $n$  为聚块内基本样方数;  $n=24, |W|_{0.05}=0.5213, n=12, |W|_{0.05}=0.7538, n=6, |W|_{0.05}=1.1180, n=3, |W|_{0.05}=1.7677$

8 种天敌中鳞纹肖蛸( $x_1$ ), 2015 年为 1997 头、2016 年为 990 头, 锥腹肖蛸( $x_2$ ) 2015 年 1803 头、2016 年 1345 头, 异色瓢虫( $x_8$ ) 2015 年 134 头、2016 年 130 头, 两种肖蛸数量最多, 异色瓢虫数量最少, 为了进一步分析不同聚块大小对空间聚集程度的影响, 再对蜡蝉( $y$ )、鳞纹肖蛸( $x_1$ )、锥腹肖蛸( $x_2$ ) 和异色瓢虫( $x_8$ ) 在  $K$  为 4、8 时与  $K$  为 2(或  $K$  为 4) 的  $|W|$  进行分析, 结果列于表 5。可以看出, 除了 2016 年 5 月 30 日锥腹肖蛸( $x_2$ ) 聚块内基本样方数  $K$  为 4 时与  $K$  为 8 时和 2016 年 6 月 14 日锥腹肖蛸( $x_2$ ) 聚块内基本样方数  $K$  为 2 时与  $K$  为 8 时, 其他不同聚块大小之间的  $|W|$  值均小于  $|W|_{0.05}$ , 进一步表明聚块大小对蜡蝉及其天敌空间分布的聚集程度影响不显著。

## 2.5 蜡蝉类及其天敌在不同聚块大小条件下种群聚集均数的变化及其聚集原因

将蜡蝉类和 8 种天敌在不同聚块大小条件下的种群聚集均数  $\lambda$  列于表 6。蜡蝉类两年的 6 个时间点不同聚块大小条件下的  $\lambda$  值, 2015 年 6 月 8 日  $K$  为 2 和 8 时, 6 月 20 日  $K$  为 1、2、4、8 时, 7 月 4 日  $K$  为 1、2、8 时及 2016 年 5 月 12 日  $K$  为 2、4、8 时、5 月 30 日  $K$  为 8 时和 6 月 14 日  $K$  为 8 时的  $\lambda$  值大于 2, 蜡蝉类其余的  $\lambda$  值均小于 2,  $\lambda$  值为正值时, 随着聚块内基本样方数的增加,  $\lambda$  值不断增大, 即随着聚块面积增大,  $\lambda$  值不断变大。天敌的  $\lambda$  值变化趋势也是如此, 如鳞纹肖蛸( $x_1$ ) 2015 年 6 月 20 日, 7 月 4 日, 2016 年 5 月 12 日  $K$  为 1、

2、4 时, 5 月 30 日, 6 月 14 日和锥腹肖蛸( $x_2$ ) 2015 年 6 月 8 日, 7 月 4 日, 2016 年 5 月 12 日(除  $K$  为 1 时)及 5 月 30 日(除  $K$  为 8 时)  $\lambda$  值都大于 2, 并且随着聚块面积增大,  $\lambda$  值不断变大。当  $\lambda$  值为负值时, 随着聚块内基本样方数的增加,  $\lambda$  值不断变小, 如 2016 年 6 月 14 日的锥腹肖蛸( $x_2$ ) 和 5 月 12 日的草间小黑蛛( $x_3$ ), 2015 年 6 月 8 日, 6 月 20 日和 7 月 4 日的八斑球腹蛛( $x_5$ )。从表面看,  $\lambda$  值的正与负似乎是与害虫(天敌)的数量多少有关, 实际上是与方差和均数之间的大小有关。方差大于均数则  $\lambda$  为正值, 方差小于均数则  $\lambda$  为负值。根据 Blackith 的标准, 由表 6 可看出, 2015 年 6 月 8 日  $K$  为 2, 8 时, 6 月 20 日  $K$  为 1、2、4、8 时和 7 月 4 日  $K$  为 1、2、8 时以及 2016 年 5 月 12 日(除  $K$  为 1)的蜡蝉的  $\lambda$  值均大于 2, 其聚集是由该害虫本身原因引起的。同时也可看出, 不考虑  $\lambda$  的正负值, 只按  $|\lambda|$  比较, 随着聚块内基本样方数的增加,  $|\lambda|$  不断增大, 这是一个明显的特点。

表 5 蜡蝉及其 3 种天敌在  $K$  为 2 与  $K$  为 4、8 时以及  $K$  为 4 与  $K$  为 8 时的聚集程度差异值  $|W|$

Table 5 The aggregation degree difference value  $|W|$  of Fulgoroidea and their three natural enemies when  $K$  is 4, 8 and  $K$  is 2 and  $K$  is 4 and  $K$  is 8 respectively

物种 Species	聚块时样方数的比较项 The comparison term of the number of quadrats in a block	2015				2016	
		06-08	06-20	07-04	05-12	05-30	06-14
y	2 与 4	0.2404	0.2314	0.1775	0.3286	0.0036	0.1021
	2 与 8	0.1559	0.3173	0.0188	0.4923	0.1770	0.3075
	4 与 8	0.3963	0.0859	0.1586	0.1637	0.1734	0.2054
$x_1$	2 与 4	0.0732	0.1060	0.2910	0.1189	0.0972	0.2596
	2 与 8	0.2863	0.4240	0.6856	0.1486	0.3933	0.3008
	4 与 8	0.2130	0.3180	0.3946	0.2675	0.2961	0.0412
$x_2$	2 与 4	0.2586	0.0766	0.2212	0.2702	0.2656	0.4209
	2 与 8	0.2383	0.0028	0.2947	0.1837	1.5375	2.1281
	4 与 8	0.4969	0.0739	0.0735	0.4539	1.8031	1.7072
$x_8$	2 与 4	0.1551	0.2736	0	0.0582	0.1144	0.0353
	2 与 8	0.1003	0.5726	0	1.2387	0.5787	0.3780
	4 与 8	0.2554	0.2989	0	1.1804	0.6931	0.4133

\* -表示无真值.  $n$  为聚块内基本样方数;  $n=24, |W|_{0.05}=0.5213, n=12, |W|_{0.05}=0.7538, n=6, |W|_{0.05}=1.1180, n=3, |W|_{0.05}=1.7677$

表 6 不同聚块大小条件下蜡蝉类及其天敌的种群聚集均数  $\lambda$  值\*

Table 6 Population aggregation mean value  $\lambda$  of Fulgoroidea and their natural enemies under different block sizes

物种 Species	聚块内基本样方数 The number of basic quadrats in a block	2015			2016		
		06-08	06-20	07-04	05-12	05-30	06-14
y	1	1.5332	2.5290*	2.2904*	1.5798	1.5626	-1.5903
	2	3.2285*	5.0258*	4.8855*	3.6401*	-3.1207	-3.1821
	4	-6.3183	10.6251*	-9.8080	8.5835*	-6.2335	-6.4821
	8	12.7696*	21.3333*	19.6328*	16.2791*	12.6535*	12.7696*
$x_1$	1	-3.3534	2.7109*	2.9744*	2.9762*	3.2727*	3.0229*
	2	-6.9957	5.4203*	6.5411*	6.2824*	6.5828*	5.6173*
	4	13.9524*	11.1422*	12.1341*	12.4636*	12.8594*	10.9222*
	8	27.8754*	20.9101*	24.6635*	-25.3026	26.2432*	25.8652*
$x_2$	1	2.4649*	-3.7310	4.1756*	1.6828	2.9023*	-3.1465
	2	4.7446*	-7.6047	8.3391*	3.1739*	5.5633*	-6.2919
	4	9.1887*	-15.1770	16.5044*	6.6743*	11.8244*	-12.4006
	8	20.2787*	-30.4585	33.9768*	13.6423*	-24.1103	-24.8363
$x_3$	1	-1.1957	0.8285	-0.6092	-0.6567	0.6918	0.3940

续表

物种 Species	聚块内基本样方数 The number of basic quadrats in a block	2015			2016		
		06-08	06-20	07-04	05-12	05-30	06-14
$x_4$	2	2.4096 *	-1.6026	-1.2980	-1.4422	-1.4148	0.6727
	4	-4.5643	-	-2.5028	-2.6928	2.8793 *	1.4140
	8	-9.3353	7.0000 *	-4.8473	-5.5580	5.7938 *	2.7033 *
	1	-	-0.0730	-0.1507	-0.1029	-0.1029	0.1385
	2	-	-0.1526	-0.4700	-0.2151	-0.2151	0.1241
	4	-	-0.2366	0.9342	-0.2773	-0.2773	0.4732
	8	-	-0.5915	1.6783	-	-0.6931	-
	$x_5$	1	-1.0296	-0.1205	-0.1808	0.4856	-0.7344
$x_6$	2	-2.0079	-0.2521	-0.3781	0.8653	1.5765	1.6123
	4	-4.1440	-0.6962	-1.1189	-1.9337	2.9590 *	2.9894 *
	8	-8.1603	-1.6338	-1.8649	-3.8779	5.9581 *	5.8829 *
	1	-0.7308	-1.5725	1.8667	0.5797	-0.7247	-0.2110
	2	-1.6026	-3.1539	-3.6499	1.0071	1.3775	-0.6518
	4	-	6.2720 *	-7.4320	-2.2917	2.8025 *	1.2692
	8	-6.5736	12.1683 *	-14.9556	-4.6548	-5.5580	-2.6460
	$x_7$	1	0.0417	-0.1205	-1.3080	0.9657	-0.9351
$x_8$	2	-0.0833	0.3760	-2.7005	-1.9397	-1.9397	-0.6103
	4	-	0.7473	-5.3346	3.9505 *	-3.9335	-1.2340
	8	0.3333	1.1090	-10.6676	7.6692 *	7.9176 *	-2.6460
	1	-0.1029	-0.1543	0.0417	0.3562	0.3940	0.3074
	2	-0.2151	0.1890	-0.0833	0.8817	0.7293	0.5807
	4	-0.2773	0.2730	-	-1.8243	1.6044	1.6044
	8	-	0.6824	0.3333	3.3382	-3.1023	-3.2006

\* 为  $\lambda$  值大于 2. \* is lambda with a value greater than 2

将表 3 与表 6 进行综合分析,由表 3 可知,经过  $F$  检验后下列时间的蜡蝉和天敌都是聚集分布格局:蜡蝉( $\gamma$ )的 2015 年 6 月 20 日( $K$  为 2 时)、2016 年 5 月 12 日( $K$  为 2、4、8 时);鳞纹肖蛸( $x_1$ )的 2015 年 6 月 20 日、7 月 4 日( $K$  为 1、4、8 时)、2016 年 5 月 30 日、6 月 14 日;锥腹肖蛸( $x_2$ )2015 年 6 月 8 日( $K$  为 4 时)、7 月 4 日( $K$  为 4、8 时)、2016 年 5 月 12 日( $K$  为 4 时)、5 月 30 日( $K$  为 2、4 时);草间小黑蛛( $x_3$ )2016 年 5 月 30 日( $K$  为 8 时)、6 月 14 日( $K$  为 8 时);八斑球腹蛛( $x_5$ )2016 年 5 月 30 日( $K$  为 4、8 时)、6 月 14 日( $K$  为 8 时)。由表 6 可看出上述物种在相应时间的种群聚集均数  $\lambda$  值绝大多数也都大于 2,表明这几个物种的聚集行为是自身原因引起的。

## 2.6 不同聚块大小条件下蜡蝉类的 $\rho$ 指数

表 7 为不同聚块条件下蜡蝉类的  $\rho$  指数,可看出聚块内基本样方数  $K$  由 4 到 8 时,6 个时间的平均  $\rho$  指数最大,为  $1.0235 \pm 0.0145$ ,聚块内基本样方数由 2 到 4 时,平均  $\rho$  指数为  $1.0215 \pm 0.0933$ ,位列第二,聚块内基本样方数  $K$  由 1 到 2 时,平均  $\rho$  指数为  $1.0033 \pm 0.0686$ ,表明蜡蝉类个体群在聚集格局时种群的最小面积是聚块内基本样方数为 4 个。按照本研究的设计方案,即每一聚块面积是  $16 \text{ m}^2$ ,即取样调查蜡蝉时,每个样方面积应为  $16 \text{ m}^2$ 。

根据 Iwao(1972)评判标准,当研究对象分布的基本成分为个体时, $\rho$  指数小于 1,则表示样方面积小于个体群占据的面积, $\rho$  指数大于或等 1 时,表示样方面积大于个体群占据的面积。抽样调查时,样方必须占据个体群所占的范围,其调查结果才能代表真实情况。表 7 中聚块内基本样方数  $K$  由 1 至 2 变化时,6 个时点有 4 个  $\rho$  值小于 1; $K$  由 2 至 4 变化时,6 个时点有 4 个  $\rho$  值小于 1; $K$  由 4 至 8 变化时,6 个时点有 5 个  $\rho$  值大于 1,由于  $\rho$  大于或等于 1,表明这时的样方面积大于个体群所占范围。在抽样调查时,样方面积大于个体群所占

范围,其调查结果的准确性才可靠。

表 7 不同聚块大小条件下蜡蝉的  $\rho$  指数\*

Table 7  $\rho$  index of Fulgoroidea under different block sizes

聚块内基本样方数变化 The change of number of basic quadrats in a block	2015			2016			$\bar{x} \pm S_x$
	06-08	06-20	07-04	05-12	05-30	06-14	
1→2	0.9152	1.1133	0.8963	1.2857	0.8310	0.9783	1.0033±0.0686
2→4	0.8679	0.8613	0.9239	1.4694	0.9806	1.0256	1.0215±0.0933
4→8	1.0651	0.9697	1.0066	1.0599	1.0139	1.0256	1.0235±0.0145

### 3 小结与讨论

运用聚块样方方差分析法,灰色关联度法和聚集强度指数法相结合研究了茶园 8 种天敌对蜡蝉类在空间上的跟随关系及聚集原因等。即对蜡蝉类与其 8 种天敌均方差峰值时的聚块大小(聚块内基本样方数)的灰色关联度分析及扩散系数、种群聚集均数和  $\rho$  指数的分析,结果表明:1)与蜡蝉类空间上跟随关系密切的前三位天敌是茶色新圆蛛、草间小黑蛛和三突花蟹蛛,在用多种措施防治时,首先要注意这三种天敌的数量,以便利用它们进行持续控制蜡蝉类的危害;2)聚块内基本样方数  $K$  为 1、2、4、8 相互之间的聚集程度差异不显著,表明聚块大小对蜡蝉及其天敌的聚集程度影响较小;3)在聚块内基本样方数  $K$  为 1、2、4、8 时,随着聚块内基本样方数  $K$  的增加,聚集格局时的扩散系数  $C$  值一直增大,而均匀格局和随机格局时  $C$  值不断变小, $C$  的绝对值不断变化;4)蜡蝉类及其天敌在不同大小聚块条件下的  $\lambda$  大于 2 时,聚集多是由该虫本身原因引起的;5)蜡蝉类及其天敌种群聚集均数  $\lambda$  的绝对值即  $|\lambda|$ ,随着聚块内基本样方数  $K$  的增加而不断变大;6)用不同大小聚块的  $\rho$  指数判断蜡蝉类种群聚集时个体群的最小面积为聚块内有 4 个基本样方,即  $16 \text{ m}^2$ ,样方大小与调查成本直接有关,本研究结果明确了最小聚块面积,既可降低调查成本,又可使调查结果有较好的准确性。

刘飞飞等<sup>[14]</sup>、王建盼等<sup>[15]</sup>、周夏芝等<sup>[16]</sup>和毕守东等<sup>[17-18]</sup>分别用聚块样方方差分析法与其他方法相结合研究了大别山区天柱山群体种茶园蜘蛛类天敌与茶尺蠖 *Ectropis oblique hypulina* Wehrli 幼虫的空间关系及柑橘粉虱 *Dialeurodes citri* Ashmead 以及绿盲蝽 *Lygus lucorum* Meyer-Dur、八点广翅蜡蝉 *Ricania speculum* (Walker) 和双斑长跗萤叶甲 *Monolepta hieroglyphica* Mots 与其捕食天敌之间的空间关系,在聚集格局、均匀格局和随机格局时扩散系数  $C$  和  $\lambda$  值变化动态上的研究结论与本文一致。

为什么在聚集格局时害虫或天敌的扩散系数  $C$  随着聚块内基本样方数的增加而变大,久野(1968)指数公式为  $C_A = \frac{S^2 - \bar{x}}{\bar{x}^2}$ ,提出的判断标准是  $C_A < 0$  时,种群为均匀分布格局; $C_A = 0$  时,种群为 Poisson 分布格局,

$C_A > 0$  时,种群为聚集分布格局。由于聚集指数之一  $K = \frac{\bar{x}^2}{S^2 - \bar{x}}$ ,即  $\frac{1}{K} = C_A$ ,而  $C_A > 0$  时为聚集分布格局,即

$\frac{1}{K} = \frac{S^2 - \bar{x}}{\bar{x}^2} > 0$  时种群是聚集分布格局,所以  $S^2 - \bar{x}$  必大于零,即  $S^2 > \bar{x}$ ,随着聚块内基本样方数的增多, $\bar{x}$  值

不断增大, $S^2 > \bar{x}$ , $C = \frac{S^2}{\bar{x}}$ ,所以  $C$  值不断增大。由  $\lambda$  值公式可看出, $\lambda = \frac{\bar{x}}{2k} \cdot v$ ,将  $K$  式代入,即  $\lambda = \frac{\bar{x}}{2 \frac{\bar{x}^2}{S^2 - \bar{x}}}$

$v = \frac{\bar{x}(S^2 - \bar{x})}{2 \bar{x}^2} \cdot v = \frac{S^2 - \bar{x}}{2 \bar{x}} v$ ,由于聚集格局时  $\lambda$  为正值, $\bar{x}$  必大于零,所以  $S^2 - \bar{x}$  一定大于零,即  $S^2 > \bar{x}$ ,由于聚块内基本样方数  $K$  由 1 至 2 至 4 至 8, $\bar{x}$  随之增大, $S^2 - \bar{x}$  也随之增大,所以  $\lambda$  值随之增大。

#### 参考文献 (References):

[1] 张汉鹄. 我国茶树蜡蝉区系及其主要种类. 茶叶科学, 2004, 24(4): 240-242.

- [ 2 ] 张汉鹄, 谭济才. 中国茶树害虫及其无公害治理. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2004: 271-274.
- [ 3 ] 包强, 陈晓琴, 徐华林, 江世宏. 八点广翅蜡蝉在深圳福田红树林发生规律研究. 广东农业科学, 2013, 40(12): 90-92.
- [ 4 ] 赵丰华, 吕立哲, 任红楼, 龚凤萍, 蒋双丰, 党永超. 豫南茶园柿广翅蜡蝉生物学特性. 中国茶叶, 2011, (5): 18-19.
- [ 5 ] 徐冠军, 钟仕田. 柿广翅蜡蝉生物学与防治的初步研究. 昆虫知识, 1988, 25(2): 93-95.
- [ 6 ] Morris R F. The development of sampling techniques for forest insect defoliators, with particular reference to the spruce budworm. Canadian Journal of Zoology, 1955, 33: 225-294.
- [ 7 ] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 王仰麟. 景观生态学原理及应用. 北京: 科学出版社, 2003: 216-217.
- [ 8 ] 邓聚龙. 灰色系统理论教程. 武汉: 华中科技大学出版社, 1990: 33-84.
- [ 9 ] 邹运鼎, 王弘法. 农林昆虫生态学. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1989: 152-157.
- [ 10 ] David F N, Moore P G. Notes on contagious distributions in plant populations. Annals of Botany, 1954, 18(69): 47-53.
- [ 11 ] Arbous A G, Kerrich J E. Accident statistics and the concept of accident-proneness. Biometrics, 1951, 7(4): 340-432.
- [ 12 ] Blackith R E. Nearest-neighbour distance measurements for the estimation of animal populations. Ecology, 1958, 39(1): 147-150.
- [ 13 ] Iwao S I. Application of the  $m^*-m$  method to the analysis of spatial patterns by changing the quadrat size. Researches on Population Ecology, 1972, 14(1): 97-128.
- [ 14 ] 刘飞飞, 柯胜兵, 王建盼, 毕守东, 邹运鼎, 周夏芝, 党凤花, 徐劲峰, 禹坤, 赵学娟. 蜘蛛类天敌与茶尺蠖幼虫空间关系的聚块样方方差分析. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2015, 41(2): 133-146.
- [ 15 ] 王建盼, 覃盛, 刘飞飞, 柯胜兵, 周夏芝, 毕守东, 邹运鼎, 党凤花, 徐劲峰, 禹坤, 赵学娟. 柑橘粉虱与主要捕食性天敌之间的空间关系研究. 中国生态农业学报, 2015, 23(4): 454-464.
- [ 16 ] 周夏芝, 张书平, 余燕, 王振兴, 毕守东, 李尚, 闫萍, 邹运鼎, 王建盼. 绿盲蝽与其天敌空间关系的聚块样方方差分析. 四川农业大学学报, 2019, 37(1): 60-69.
- [ 17 ] 毕守东, 张书平, 余燕, 王振兴, 周夏芝, 李尚, 闫萍, 邹运鼎, 王建盼, 郎坤. 八点广翅蜡蝉与其天敌空间关系的聚块样方方差分析. 应用昆虫学报, 2019, 56(1): 62-71.
- [ 18 ] 毕守东, 张书平, 余燕, 王振兴, 李尚, 周夏芝, 邹运鼎, 王建盼, 郎坤. 聚块大小对双斑长跗蚱叶甲空间分布的影响. 植物保护, 2019, 45(1): 81-87.