

假眼小绿叶蝉与其天敌的空间关系及最佳样方确定

刘爱国¹, 张书平^{1,2}, 毕守东^{1*}, 余燕^{1,2},
李尚^{1,2}, 闫萍¹, 周夏芝², 邹运鼎²

(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 为了分析在聚块大小不同时天敌对假眼小绿叶蝉 *Empoasca vitis* Gothe 空间上跟随关系的密切程度、聚集原因和聚集范围, 为评价假眼小绿叶蝉的天敌优势种提供科学依据, 用聚块样方方差分析法、灰色关联度法、空间聚集强度指数、种群聚集均数法和 ρ 指数法对安徽省合肥市‘乌牛早’和‘白毫早’茶园不同大小聚块条件下的假眼小绿叶蝉及其 7 种蜘蛛类的天敌空间关系进行分析。假眼小绿叶蝉与其 7 种蜘蛛类天敌均方差峰值时的聚块样方数的关联度分析结果表明: ‘乌牛早’茶园中与假眼小绿叶蝉空间上跟随关系密切的前四种天敌依次是茶色新圆蛛 *Neoscona theisi* (0.753 5)、八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum* (0.720 1)、锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa* (0.681 3) 和草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum* (0.644 2)。(‘白毫早’茶园中与假眼小绿叶蝉空间上跟随关系密切的前四种天敌依次是棕管巢蛛 *Clubiona japonicola* (0.823 5)、鳞纹肖蛸 *Tetragnatha squamata* (0.800 9)、锥腹肖蛸 (0.794 2) 和茶色新圆蛛 (0.794 2)。两种茶园前四种天敌中相同的天敌是茶色新圆蛛和锥腹肖蛸。假眼小绿叶蝉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 2、4、8 时与 k 为 1 时的假眼小绿叶蝉的空间分布聚集程度差异均不显著。假眼小绿叶蝉的种群聚集均数 λ 多数情况均大于 2, 其聚集是该虫本身原因引起的, 假眼小绿叶蝉在种群聚集均数 λ 为正值时, 随着聚块内基本样方数的增加, 则种群聚集均数 λ 不断增大。用假眼小绿叶蝉不同大小聚块的 ρ 指数判断个体群聚集时的最小范围是聚块中有 1 个基本样方, 即本文的 4 m²。该研究为该虫抽样时确定样方大小提供了科学依据。

关键词 假眼小绿叶蝉; 天敌; 空间关系; 聚块样方方差分析; 灰色关联度分析

中图分类号: Q 968.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018456

Spatial relationships between *Empoasca vitis* and its natural enemies and determination of optimal sample size

LIU Aiguo¹, ZHANG Shuping^{1,2}, BI Shoudong¹, YU Yan^{1,2},
LI Shang^{1,2}, YAN Ping¹, ZHOU Xiazhi², ZOU Yunding²

(1. School of Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;

2. School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract In order to analyze the closeness of the relationship between the natural enemy and *Empoasca vitis* Gothe, the reason and the range of agglomeration were analyzed. It helps provide a scientific basis for evaluating the dominant species of natural enemy of *E. vitis*. By means of block square variance analysis, grey correlation degree method, spatial aggregation intensity index, the population aggregation mean method and ρ index method, the spatial relationships between *E. vitis* and its natural enemies (seven spiders) were analyzed in ‘Wuniuzao’ and ‘Baihaozao’ tea gardens of Hefei, Anhui province. The correlation degree analysis of the number of blocks at the peak of the mean square deviation of 7 species of spiders and *E. vitis* showed that the first four natural enemies spatially closely related to *E. vitis* were *Neoscona theisi* (0.753 5), *Theridion octomaculatum* (0.720 1), *Tetragnatha maxillosa* (0.681 3) and *Erigonidium graminicolum* (0.644 2) in ‘Wuniuzao’ tea garden. In ‘Baihaozao’

收稿日期: 2018-10-25

修订日期: 2018-12-25

基金项目: 国家自然科学基金(30871444); 安徽省自然科学基金(11040606M71)

* 通信作者 E-mail: bishoudong@163.com

tea garden, the first four natural enemies spatially closely related to *E. vitis* were *Clubiona japonicola* (0.823 5), *Tetragnatha squamata* (0.800 9), *T. maxillosa* (0.794 2) and *Neoscona theisi* (0.794 2). With the increase of the number of basic samples in the cluster, the diffusion coefficient C increased, and the diffusion coefficient decreased when the distribution pattern was uniform and random. There was no significant difference in the spatial aggregation degree of *E. vitis* and its natural enemies between $k=2, 4, 8$ and $k=1$. In most cases, the population aggregation mean λ was greater than 2, and its aggregation was caused by the insect itself. When the population aggregation mean λ was positive, the natural enemy and *E. vitis* increased with the increase of the basic sample size in the agglomeration. The aggregation mean λ of the population increased continuously. The minimum range of ρ index required one basic sample in the cluster. For example, it was 4 m² in this study. It provides a scientific basis for determining the sample size when the insect is sampled.

Key words *Empoasca vitis*; natural enemy; spatial relationship; analysis of square variance of cluster sample; grey correlation analysis

茶树害虫是影响茶叶产量和品质的主要因子之一。自然天敌是持续影响茶树害虫种群消长的重要生态因子。假眼小绿叶蝉 *Empoasca vitis* 是重要的茶树害虫^[1],其发生规律及其天敌种类有大量研究报道。Chen 等^[2-3]报道了茶树-害虫-天敌蜘蛛三者之间的化学联系及茶树的抗性机制。研究者研究了次生物质对害虫和天敌行为的影响^[4-6]。王沅江等^[7]、扈克明等^[8]报道瓢虫和蜘蛛都取食假眼小绿叶蝉。曾莉等^[9]研究了茶树品种对假眼小绿叶蝉的抗性。钮羽群等^[10]研究了不同迷迭香挥发物组合对假眼小绿叶蝉行为的调控。黎健龙等^[11]研究了周边不同生境条件对茶园蜘蛛群落及叶蝉时空结构的影响。党凤花等^[12]报道了江淮地区‘龙井 43’茶园假眼小绿叶蝉的主要天敌优势种,王振兴等^[13]、柯胜兵^[14]、毕守东等^[15]报道了江淮地区和大别山区不同海拔茶园假眼小绿叶蝉及其天敌的分布与差异。周夏芝等^[16]研究了大别山区低海拔的天柱山群体种茶园中天敌对假眼小绿叶蝉的空间跟随关系。刘飞飞等^[17]探讨了江淮地区‘黄山大叶’种茶园春夏季与秋冬季假眼小绿叶蝉天敌优势种的差异。万国飞等^[18]研究了合肥地区‘平阳特’早茶园不同年度间和季节间假眼小绿叶蝉与其天敌在数量、时间和空间上关系的差异。刘飞飞等^[19]研究了大别山区不同种类蜘蛛天敌与假眼小绿叶蝉空间跟随关系的差异。韩宝瑜等^[20]报道了间作密植和单作茶园对假眼小绿叶蝉等害虫及其天敌种群数量的影响及群落多样性和稳定性的差异。谢振伦^[21]研究了茶园 3 种蜘蛛对假眼小绿叶蝉的捕食量。抽样调查的样方大小和样方数量多少不仅与成本有关,而且直接影响调查结果的准确性,Morris 1995 年对样方提出了 8 条标准,其中两条都涉及样方大小^[22]。

假眼小绿叶蝉在该方面的研究未见报道。本文采用聚块样方方差分析法等研究聚块大小对假眼小绿叶蝉及其天敌聚块数量均方差的影响,以及假眼小绿叶蝉个体群聚集的最小范围,为评定假眼小绿叶蝉天敌优势种及确定最佳抽样样方大小提供科学依据。

1 材料与方法

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’和‘白毫早’,茶园面积为 0.2 hm²。根据合肥地区茶园害虫及天敌的发生特点^[19],即 3 月下旬才有少量种类害虫发生,所以第一次取样时间选在 3 月下旬。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 15 d 调查 1 次,2015 年共调查 17 次,2016 年调查了 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各个茶园选取 3 行,茶树行宽为 2 m,每行间隔 1 m 取 2 m 长的样方;即 1 个样方的面积为 4 m²。每行茶树选取 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瓷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 1 000 倍),调查记载害虫及其天敌物种数和个体数,对于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 1 个样方连续至第 24 个样方的调查资料。

1.3.1 假眼小绿叶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^[23]。

在一样带上连续分布的样方,以假眼小绿叶蝉或天敌在每个聚块上的数量为变量(X),让聚块内基本样方数成指数增大,计算其均方差 MS 。均方差的计算公式为: $MS(k) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-2k+1} (X_i - X_{i+1})^2$, 其中 i 为每次新生成聚块序列数, k 为聚块内所含基本样方数, n 为参与分析的总样方数, 本文取 24, 即 k 的最大可能值为 12, 但由于 k 按指数级增加, 因而取不到 12, 所以本文聚块内基本样方数为 1, 2, 4, 8。聚块样方方差分析的目的在于研究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, 则表明田间害虫空间分布具有规律性。

1.3.2 假眼小绿叶蝉与 7 种天敌在均方差峰值时基本样方数上的灰色关联度分析

将假眼小绿叶蝉及其 7 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, 假眼小绿叶蝉每次峰值时的基本样方数作为该系统的参照序列, 其各种天敌的基本样方数作为该系统的比较序列, 不同时间点上的假眼小绿叶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 H 个样方上的效果白化值, 进行双序列关系分析, 求两者间的关联度, 关联度大小反映了天敌对假眼小绿叶蝉空间上跟随关系的密切程度, 关联度值越大, 表明两者在空间上关系越密切^[24]。

1.3.3 假眼小绿叶蝉空间格局及其差异原因分析

本文采用 Poisson 扩散系数 C 分析测定假眼小绿叶蝉的空间分布格局^[25]。用 David 等提出的 $|w|$ 公式, $|w| = -\frac{1}{2} \ln(\frac{S_1^2/\bar{x}_1}{S_2^2/\bar{x}_2})$, 判断 k 为 2、4、8 时与 1 时的聚集程度差异, $S_1^2, S_2^2, \bar{x}_1, \bar{x}_2$ 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^[26]。用 Arbous 等^[27] 提出的种群聚集均数(λ)公式, $\lambda = \frac{\bar{x}}{2k} \cdot v$, 分析不同聚块

大小条件下假眼小绿叶蝉的聚集原因, 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 $\chi_{0.05}^2$ 值。用 Blackith 提出 λ 值判断标准, 分析引起种群聚集的原因^[28]。用 Iwao^[29] 的 ρ 指数公式, $\rho = \frac{\bar{m}_i - \bar{m}_{i-1}}{\bar{x}_i - \bar{x}_{i-1}}$, 依据一系列不同大小聚块的 ρ 指数来评定

假眼小绿叶蝉个体群聚集时占据的最小空间, 即最小的样方面积。式中 $\bar{m}_i$ 和 $\bar{m}_{i-1}$ 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

2015 年调查结果表明, ‘乌牛早’茶园共采集到假眼小绿叶蝉 3 227 头, 37 种捕食性天敌, 共 7 374 头。2016 年茶园共采集到假眼小绿叶蝉 5 046 头, 捕食性天敌 40 种, 共 5 002 头。2015 年‘白毫早’茶园共采集到假眼小绿叶蝉 1 896 头, 42 种捕食性天敌, 共 6 111 头。2016 年茶园共采集到假眼小绿叶蝉 1 094 头, 捕食性天敌 31 种, 共 6 045 头。蜘蛛类天敌是假眼小绿叶蝉的主要捕食性天敌, 2015 年调查数量大于 225 头, 2016 年调查数量大于 144 头的前 7 种蜘蛛是鳞纹肖蛸 *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* 和茶色新圆蛛 *Neoscona theisi*。两种茶园 2015 年 7 种蜘蛛数量共 7 937 头, 占全年捕食性天敌的 58.86%, 2016 年 7 种蜘蛛数量为 8 194 头, 占全年捕食性天敌的 74.17%, 本文将 7 种蜘蛛作为假眼小绿叶蝉的主要天敌。

2.1 假眼小绿叶蝉及其 7 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, 假眼小绿叶蝉选择数量多的、数量中等的和数量少的 3 种类型作为研究材料。‘乌牛早’茶园 2015 年选择 5 月 10 日(47 头)、7 月 19 日(548 头)、9 月 13 日(358 头), 2016 年选择 5 月 12 日(49 头)、7 月 14 日(386 头)、11 月 2 日(186 头); ‘白毫早’茶园 2015 年选择 7 月 4 日(275 头)、7 月 19 日(256 头)、9 月 13 日(133 头), 2016 年选择 7 月 14 日(313 头)、9 月 25 日(38 头)、11 月 2 日(148 头)的假眼小绿叶蝉及其天敌作为研究对象, 将假眼小绿叶蝉及其 7 种天敌的聚块样方方差分析的均方差列于表 1 和表 2。

表 1 ‘乌牛早’茶园假眼小绿叶蝉与其 7 种天敌在不同大小聚块下的均方差 $MS(k)^{1)}$

Table 1 Mean square deviation ($MS(k)$) of *Empoasca vitis* and its 7 natural enemies in the clusters of different sizes in ‘Wuniuzao’ plantations

物种 Species	日期/月-日 Date	均方差(2015 年) $MS(k)$				日期/月-日 Date	均方差(2016 年) $MS(k)$			
		1	2	4	8		1	2	4	8
y	05-10	1.833 3	3.041 7	4.458 3	3.541 7	05-12	4.625 0	4.041 7	2.083 3	5.416 7
x ₁		8.208 3	6	11.250 0	7.708 3		8.041 7	5.37 5	7.500 0	2.208 3
x ₂		2.750 0	3.458 3	1.291 7	0.541 7		3.708 3	5.250 0	12.583 3	2.083 3
x ₃		1.958 3	2.666 7	1.625 0	3.041 7		1.041 7	1	0.458 3	0.208 3
x ₄		0.250 0	0.500 0	0.083 3	0.166 7		0.250 0	0.250 0	0.083 3	0.208 3
x ₅		—	—	—	—		0.958 3	1.500 0	0.916 7	0.208 3
x ₆		1.750 0	1.125 0	1.541 7	2.166 7		1.041 7	1.750 0	0.583 3	0.708 3
x ₇		1.666 7	1	1.458 3	3.083 3		3.041 7	1.416 7	1.250 0	3.333 3
y	07-19	134.083 3	199.625 0	388.208 3	1 336.833 3	07-14	117.833 3	141.625 0	243.875 0	102.166 7
x ₁		6.291 7	8.791 7	26.958 3	24.041 7		9.333 3	4.416 7	6.791 7	37.541 7
x ₂		9.166 7	4.833 3	11.166 7	28.708 3		17.333 3	2.812 5	2.291 7	3.416 7
x ₃		1.125 0	0.750 0	1.750 0	2.541 7		1.208 3	1.083 3	0.541 7	0.041 7
x ₄		0.250 0	0.416 7	0.541 7	0.041 7		0.250 0	0.125 0	0.166 7	0.208 3
x ₅		0.625 0	0.958 3	2.458 3	0.416 7		0.791 7	0.666 7	1.583 3	2.208 3
x ₆		4.791 7	4.333 3	9.625 0	7.083 3		2.416 7	2.375 0	2.291 7	1.041 7
x ₇		1.666 7	1.166 7	1.583 3	2.083 3		1.083 3	2.708 3	5	1.541 7
y	09-13	35.125 0	53.458 3	121.458 3	478.416 7	11-02	19.708 3	35.083 3	26.916 7	16.833 3
x ₁		1.750 0	2.958 3	1.833 3	0.416 7		2	6.958 3	2.041 7	7.041 7
x ₂		3.125 0	4.583 3	8.041 7	1.500 0		10.791 7	16.333 3	26.208 3	34.166 7
x ₃		0.750 0	0.750 0	0.333 3	0.208 3		0.333 3	0.250 0	0.166 7	0.166 7
x ₄		—	—	—	—		0.500 0	0.208 3	0.166 7	0.541 7
x ₅		1.166 7	1.916 7	0.750 0	0.041 7		7.250 0	6.166 7	1.666 7	1.041 7
x ₆		3.083 3	5.166 7	6.833 3	3.333 3		1.791 7	2.083 3	1.208 3	3.083 3
x ₇		3.541 7	4.166 7	1.583 3	1.875 0		2.083 3	1	1.291 7	0.416 7

1) y:假眼小绿叶蝉;x₁:鳞纹肖蛸;x₂:锥腹肖蛸;x₃:草间小黑蛛;x₄:三突花蟹蛛;x₅:八斑球腹蛛;x₆:棕管巢蛛;x₇:茶色新圆蛛。下同。
y: *Empoasca vitis*; x₁: *Tetragnatha squamata*; x₂: *Tetragnatha maxillosa*; x₃: *Erigonidium graminicolum*; x₄: *Misumenops tricuspidatus*; x₅: *Theridion octomaculatum*; x₆: *Clubiona japonicola*; x₇: *Neoscona theisi*. The same below.

表 2 ‘白毫早’茶园假眼小绿叶蝉与其 7 种天敌在不同大小聚块下的均方差 $MS(k)$

Table 2 Mean square deviation ($MS(k)$) of *Empoasca vitis* and its 7 natural enemies in the clusters of different sizes in ‘Baihaozao’ plantations

物种 Species	日期/月-日 Date	均方差(2015 年) $MS(k)$				日期/月-日 Date	均方差(2016 年) $MS(k)$			
		1	2	4	8		1	2	4	8
y	07-04	18.333 3	12.333 3	11.583 3	54.041 7	07-14	38.000 0	25.583 3	88.708 3	334.416 7
x ₁		2.500 0	2.833 3	8.041 7	3.333 3		10.041 7	8.208 3	16.083 3	4.5417
x ₂		3.750 0	6.125 0	12.250 0	6.208 3		8.125 0	9.208 3	6.208 3	6.000 0
x ₃		0.416 7	0.458 3	0.916 7	1.083 3		1.333 3	0.541 7	0.708 3	0.041 7
x ₄		1.208 3	0.375 0	0.500 0	0.416 7		1.125 0	1.541 7	0.916 7	0.208 3
x ₅		1.083 3	0.333 3	0.791 7	2.541 7		1.500 0	0.791 7	0.333 3	0.333 3
x ₆		2.708 3	3.625 0	1.875 0	6.208 3		2.708 3	5.500 0	5.791 7	3.416 7
x ₇		2.083 3	2.458 3	2.583 3	2.208 3		1.250 0	2.000 0	1.666 7	2.041 7
y	07-19	79.541 7	32.583 3	85.166 7	228.041 7	09-25	3.125 0	3.500 0	1.958 3	1.708 3
x ₁		6.041 7	5.583 3	13.291 7	20.541 7		9.458 3	8.083 3	2.166 7	2.666 7
x ₂		6.125 0	5.583 3	4.625 0	16.541 7		3.916 7	1.625 0	3.666 7	1.041 7
x ₃		0.666 7	0.750 0	0.750 0	0.375 0		0.166 7	0.083 3	0.083 3	0.333 3
x ₄		0.708 3	0.541 7	0.583 3	1.041 7		0.375 0	0.208 3	0.333 3	0.333 3
x ₅		0.166 7	0.125 0	0.125 0	0.041 7		2.458 3	1.458 3	1.333 3	2.708 3
x ₆		3.333 3	5.208 3	3.791 7	3.750 0		2.875 0	2.000 0	2.125 0	0.541 7
x ₇		0.750 0	1.000 0	0.333 3	0.166 7		1.625 0	2.000 0	1.291 7	0.416 7

续表 2 Table 2(Continued)

物种 Species	日期/月-日 Date	均方差(2015 年) MS(<i>k</i>)				日期/月-日 Date	均方差(2016 年) MS(<i>k</i>)			
		1	2	4	8		1	2	4	8
y	09-13	7.000 0	11.875 0	11.291 7	6.041 7	11-02	11.916 7	12.875 0	18.541 7	80.166 7
x ₁		2.125 0	3.125 0	3.250 0	1.208 3		5.375 0	10.291 7	28.875 0	19.083 3
x ₂		2.541 6	5.625 0	2.208 3	5.208 3		11.750 0	6.291 7	7.083 3	13.541 7
x ₃		0.333 3	0.291 7	0.291 7	0.708 3		0.583 3	0.916 7	0.875 0	0.333 3
x ₄		0.166 7	0.125 0	0.250 0	0.083 3		2.458 3	1.166 7	1.166 7	1.416 7
x ₅		1.083 3	1.416 7	0.500 0	0.166 7		35.083 3	11.333 3	13.416 7	11.541 7
x ₆		5.333 3	4.833 3	0.666 7	1.500 0		1.500 0	3.291 7	1.875 0	0
x ₇		0.416 7	0.333 3	0.333 3	0.208 3		1.333 3	1.875 0	4.125 0	5.041 7

从表中可看出,‘乌牛早’2015 年 5 月 10 日、7 月 19 日、9 月 13 日、2016 年 7 月 14 日、11 月 2 日和‘白毫早’2015 年 9 月 13 日、2016 年 9 月 25 日的假眼小绿叶蝉的均方差均有一个峰值,‘乌牛早’2016 年 5 月 12 日和‘白毫早’2015 年 7 月 4 日、7 月 19 日、2016 年 7 月 14 日有两个高峰。7 种蜘蛛的均方差均有 1~2 个峰值,表明假眼小绿叶蝉和 7 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 7 种天敌与假眼小绿叶蝉空间关系密切程度,将 7 种蜘蛛与假眼小绿叶蝉均方差峰值时聚块内基本样方数列于表 3,并进行灰色关联度分析,结果表明,‘乌牛早’茶园茶色新圆蛛与假眼

小绿叶蝉的关联度最大,为 0.753 5,其次是八斑球腹蛛,为 0.720 1,第三是锥腹肖蛸,为 0.681 3,鳞纹肖蛸、草间小黑蛛、三突花蟹蛛和棕管巢蛛与假眼小绿叶蝉的关联度分别是 0.589 6、0.644 2、0.596 5 和 0.595 7。表明茶色新圆蛛、八斑球腹蛛和锥腹肖蛸与假眼小绿叶蝉空间关系密切。‘白毫早’茶园棕管巢蛛与假眼小绿叶蝉的关联度最大,关联度值为 0.823 5,其次是鳞纹肖蛸(0.800 9),第三是锥腹肖蛸(0.794 2)和茶色新圆蛛(0.794 2),草间小黑蛛、三突花蟹蛛和八斑球腹蛛与假眼小绿叶蝉的关联度分别是 0.625 4、0.672 2 和 0.621 5,两品种茶园中前 4 位中相同的天敌是茶色新圆蛛和锥腹肖蛸。

表 3 均方差峰值时聚块内的基本样方数

Table 3 Numbers of basic samples in a block at peak mean square variance

品种 Variety	年份 Year	日期/月-日 Date	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
乌牛早 Wuniuzao	2015 年	05-10	4	4	2	8	2	—	8	8
		07-19	8	4	8	8	4	4	4	8
		09-13	8	2	4	2	—	2	4	4
	2016 年	05-12	8	1	4	1	2	2	2	8
		07-14	4	8	1	1	1	8	1	4
		11-02	2	8	8	1	1	1	8	1
白毫早 Baihaozao	2015 年	07-04	8	4	4	8	1	8	8	4
		07-19	8	8	8	2	8	1	2	2
		09-13	2	4	2	8	4	2	1	1
	2016 年	05-12	8	4	2	1	2	1	4	8
		07-14	2	1	1	8	1	8	1	2
		11-02	8	4	8	2	1	1	2	8

2.2 聚块大小对假眼小绿叶蝉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,将假眼小绿叶蝉在不同聚块大小条件下的扩散系数 *C* 值列于表 4。可看出,‘乌牛早’茶园假眼小绿叶蝉 2015 年 7 月 19 日、9 月 13 日和 2016 年 7 月 14 日聚块样方数从 1 到 8 的 *C* 值均大于 *F*_{0.05},表明是聚集分布格局,这 3 个时间的假眼小绿叶蝉

依次是 548 头、358 头和 386 头,即该虫数量较多时是聚集格局,而 2015 年 5 月 10 日假眼小绿叶蝉为 47 头,2016 年 5 月 12 日假眼小绿叶蝉为 49 头,2016 年 11 月 2 日假眼小绿叶蝉为 186 头,这些都不是聚集格局,似乎表明聚集格局与一定的虫口数量有关。但同一个时间与基本样方数 *k* 为 1 和 *k* 为 2、4、8 时相比,如 2015 年 5 月 10 日,个体数是 47 头,*k*

为 2、4、8 时是聚集格局,只有 k 为 1 时不是聚集格局, k 为 2、4、8 时的标准差为 2.429 3、4.070 2 和 6.506 4,而 k 为 1 时只有 1.768 8,表明决定分布格局的原因与标准差大小有关,即与虫口数量的离散

性大小有关。同时可看出,这两个时段,随着聚块内样方数的增加, C 值不断增大。假眼小绿叶蝉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 4 茶园不同聚块大小条件下假眼小绿叶蝉的扩散系数¹⁾

Table 4 Diffusion coefficients of *Empoasca vitis* under different block sizes

品种 Variety	日期/月-日 Date	C 值(2015 年) C value (2015)				日期/月-日 Date	C 值(2016 年) C value (2016)			
		1	2	4	8		1	2	4	8
乌牛早 Wuniuzao	05-10	1.597 6	1.506 8	2.114 9	2.702 1	05-12	1.340 7	1.623 4	2.175 5	3.938 8
	07-19	11.602 7	20.716 6	38.578 1	74.240 9	07-14	4.919 6	6.533 2	11.985 5	9.523 3
	09-13	6.027 2	11.023 9	20.484 9	43.410 6	11-02	1.674 6	2.480 9	2.258 1	2.387 1
白毫早 Baihaozao	07-04	0.994 0	1.177 8	1.958 5	4.585 5	07-14	2.743 6	3.537 3	6.497 8	13.900 9
	07-19	4.048 9	4.477 3	8.012 5	17.957 0	09-25	1.313 5	1.483 3	1.242 1	1.605 3
	09-13	1.113 8	1.221 5	1.216 5	3.263 2	11-02	1.884 9	2.747 0	3.983 8	8.135 1

1) C 值的判别标准: $n_1=23, n_2=\infty, F_{0.05}=1.51; n_1=11, n_2=\infty, F_{0.05}=1.79; n_1=5, n_2=\infty, F_{0.05}=2.21; n_1=2, n_2=\infty, F_{0.05}=3$ 。
Criteria for discriminating C values: $n_1=23, n_2=\infty, F_{0.05}=1.51; n_1=11, n_2=\infty, F_{0.05}=1.79; n_1=5, n_2=\infty, F_{0.05}=2.21; n_1=2, n_2=\infty, F_{0.05}=3$ 。

2.3 假眼小绿叶蝉在聚块内基本样方数为 2、4、8 时与为 1 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 5。可看出假眼小绿

叶蝉在聚块内基本样方数为 2、4、8 时与为 1 时的 $|W|$ 值均小于 $|W|_{0.05}$,表明聚块大小对假眼小绿叶蝉空间聚集程度影响不显著。

表 5 茶园不同聚块大小条件下假眼小绿叶蝉在 k 为 2、4、8 时的 $|W|$ 值¹⁾

Table 5 $|W|$ value of *Empoasca vitis* for $k=2,4,8$ under different cluster sizes

品种 Variety	日期/月-日 Date	$ W $ 值(2015 年) $ W $ value (2015)			日期/月-日 Date	$ W $ 值(2016 年) $ W $ value (2016)		
		2	4	8		2	4	8
乌牛早 Wuniuzao	05-10	0.029 3	0.140 3	0.262 8	05-12	0.095 7	0.242 0	0.538 8
	07-19	0.289 8	0.600 7	0.928 0	07-14	0.141 8	0.445 2	0.330 3
	09-13	0.303 6	0.613 4	0.988 8	11-02	0.196 5	0.149 5	0.177 2
白毫早 Baihaozao	07-04	0.084 8	0.339 1	0.764 5	07-14	0.127 0	0.431 1	0.811 3
	07-19	0.050 3	0.341 3	0.744 8	09-25	0.060 8	0.027 9	0.100 3
	09-13	0.046 2	0.044 1	0.537 5	11-02	0.188 3	0.748 4	1.462 3

1) $|W|$ 的判别标准: $n=24, |W|_{0.05}=11.989 6; n=12, |W|_{0.05}=8.291 6; n=6, |W|_{0.05}=5.590 2; n=3, |W|_{0.05}=3.535 5$ 。
Criteria for discriminating $|W|$: $n=24, |W|_{0.05}=11.989 6; n=12, |W|_{0.05}=8.291 6; n=6, |W|_{0.05}=5.590 2; n=3, |W|_{0.05}=3.535 5$ 。

2.4 假眼小绿叶蝉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

将假眼小绿叶蝉在不同聚块大小条件下的种群聚集均数 λ 列于表 6,假眼小绿叶蝉两年的 6 个时间点不同聚块大小条件下的 λ 值,除了‘乌牛早’茶园 2015 年 5 月 10 日 k 为 1 时和 2016 年 5 月 12 日 k 为 1 时的 λ 值小于 2,其余的 λ 值均大于 2,且随着聚块内基本样方数的增加, λ 值不断增大,即随着聚块面积增大, λ 值不断变大。当 λ 值为负值时,随着聚块内基本样方数的增加, λ 值不断变小。由表 6 可看出,假眼小绿叶蝉在两种茶园两年 12 次中有 8 次的 λ 值均大于 2,表明其聚集是由该害虫本身原因引起的。

2.5 不同聚块大小条件下假眼小绿叶蝉的 ρ 指数

表 7 为不同聚块条件下假眼小绿叶蝉的 ρ 指数,以茶园为标准可看出两年‘乌牛早’茶园聚块内基本样方数 k 由 2 到 1 时,平均 ρ 指数最大,为 $1.142 7 \pm 0.059 6$;两年‘白毫早’茶园聚块内基本样方数 k 由 8 到 4 时,平均 ρ 指数最大,为 $1.066 6 \pm 0.025 6$ 。以年为标准两品种合并来看,2015 年聚块内基本样方数 k 由 4 到 2 时,平均 ρ 指数最大,为 $1.125 7 \pm 0.047 4$,2016 年聚块内基本样方数 k 由 2 到 1 时,平均 ρ 指数最大,为 $1.081 9 \pm 0.01$,以年和茶园为标准,聚块基本样方数由 2 到 1 的 ρ 指数平均值最大 4 次中出现两次,由 4 到 2 和 8 到 4 各出现一次,因此,综合考虑,假眼小绿叶蝉个体群

在聚集格局时种群的最小面积是聚块内基本样方数是 4 m²,即取样调查假眼小绿叶蝉时,每个样方应不小于 4 m²。

表 6 茶园不同聚块大小条件下假眼小绿叶蝉及其天敌的种群聚集均数 λ 值¹⁾
Table 6 Population aggregation mean λ values of *Empoasca vitis* under different block sizes

品种 Variety	聚块内基本样方数 Sample number	种群聚集均数 λ Population aggregation average					
		2015 年			2016 年		
		05 - 10	07 - 19	09 - 13	05 - 12	07 - 14	11 - 02
乌牛早 Wuniuzao	1	1.894 4	17.706 8	13.422 6	1.761 4	14.384 9	7.535 3
	2	3.633 4	42.784 1	26.764 0	3.846 3	28.606 6	15.061 2
	4	7.436 4	81.544 2	52.043 4	7.252 9	56.795 0	30.407 5
	8	15.608 5	195.549 5	113.234 7	15.193 6	125.036 6	61.26 8
品种 Variety	聚块内基本样方数 Sample number	种群聚集均数 λ Population aggregation average					
		2015 年			2016 年		
		07 - 04	07 - 19	09 - 13	07 - 14	09 - 25	11 - 02
白毫早 baihaozao	1	—11.457 4	9.668 5	3.607 2	12.501 6	1.463 6	5.901 6
	2	22.794 8	19.716 4	6.578 3	24.536 7	2.982 6	11.652 5
	4	45.214 7	40.842 9	12.299 6	50.414 8	6.217 3	22.885 7
	8	90.245 8	83.969 4	43.067 1	98.950 7	12.509 5	47.591 8

1) 假眼小绿叶蝉的数量(N):‘乌牛早’茶园 2015 年 5 月 10 日为 47 头,7 月 19 日为 548 头,9 月 13 日为 358 头;2016 年 5 月 12 日为 49 头,7 月 14 日为 386 头,11 月 2 日为 186 头;‘白毫早’茶园 2015 年 7 月 4 日为 275 头,7 月 19 日为 256 头,9 月 13 日为 133 头;2016 年 7 月 14 日为 313 头,9 月 25 日为 38 头,11 月 2 日为 148 头。
The number of *Empoasca vitis* in ‘Wuniuzao’ tea garden; 47 individuals on May 10, 548 individuals on July 19 and 358 individuals on September 13, 2015; 49 individuals on May 12, 386 individuals on July 14 and 186 individuals on November 2, 2016; The number of *Empoasca vitis* in ‘Baihaozao’ tea garden; 275 individuals on July 4, 256 individuals on July 19 and 133 individuals on September 13, 2015; 313 individuals on July 14, 38 individuals on September 25 and 148 individuals on November 2, 2016.

表 7 不同聚块大小条件下假眼小绿叶蝉的 ρ 指数
Table 7 ρ index of *Empoasca vitis* under different block sizes

品种 Variety	聚块内基本样方数变化 Sample number variation	2015 年			2016 年			$\bar{x} \pm S\bar{x}$
		05 - 10	07 - 19	09 - 13	05 - 12	07 - 14	11 - 02	
乌牛早 Wuniuzao	2→1	0.956 1	1.344 7	1.290 2	1.099 5	1.079 2	1.086 4	1.142 7±0.059 6
	4→2	1.097 3	1.288 1	1.233 5	1.079 6	1.124 3	0.974 7	1.132 9±0.046 0
	8→4	1.005 0	1.189 9	1.198 9	1.099 5	0.943 4	0.990 6	1.071 2±0.044 1
品种 Variety	聚块内基本样方数变化 Sample number variation	2015 年			2016 年			$\bar{x} \pm S\bar{x}$
		07 - 04	07 - 19	09 - 13	07 - 14	09 - 25	11 - 02	
白毫早 Baihaozao	2→1	1.011 2	1.021 0	1.009 5	1.047 0	1.063 7	1.115 4	1.044 6±0.016 6
	4→2	1.024 1	1.120 6	0.990 4	1.083 3	0.897 5	1.065 0	1.030 2±0.032 4
	8→4	1.031 1	1.124 1	1.003 3	1.150 5	1.005 5	1.085 3	1.066 6±0.025 6

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两种茶园 7 种蜘蛛类天敌对假眼小绿叶蝉在空间上的跟随关系及聚集原因等。假眼小绿叶蝉与其 7 种蜘蛛类天敌均方差峰值时的聚块大小(聚块内的基本样方数)的灰色关联度分析及扩散系数、种群聚集均数和 ρ 指数的分析结果表明:1)‘乌牛早’茶园与假眼小绿叶蝉空间上跟随关系密切的前四位天敌是茶色新圆蛛、八斑球腹蛛、锥腹肖蛸和草间小黑蛛;‘白毫早’茶园与假眼小绿叶蝉空间上跟随关系密切的前四位天敌是棕管巢

蛛、鳞纹肖蛸、锥腹肖蛸和茶色新圆蛛。2)假眼小绿叶蝉在聚块内基本样方数 *k* 为 1~8 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;3)假眼小绿叶蝉在不同大小聚块条件下的聚集多是由该虫本身原因引起的;4)假眼小绿叶蝉在种群聚集均数 λ 为正值时,随着聚块内基本样方数 *k* 的增加,λ 值不断变大;5)用不同大小聚块的 ρ 指数判断假眼小绿叶蝉种群聚集时的最小面积为聚块内有 1 个基本样方,即 4 m²,为该虫抽样时确定样方大小提供了科学依据。
周夏芝等^[16]、王振兴等^[12]运用空间生态位重叠

指数和相似性系数大小来判断与假眼小绿叶蝉空间跟随密切的天敌,其结果均分别有八斑球腹蛛、锥腹肖蛸或茶色新圆蛛,与本文用聚块样方方差分析的结果一致。刘飞飞等^[30]和王建盼等^[31]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 obliqua* 幼虫的空间关系及柑橘粉虱 *Dialeurodes citri* Ashmead 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 λ 值变化动态上的研究结论与本文一致。

参考文献

- [1] 张汉鹄,谭济才. 中国茶树害虫及其无公害治理[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,2004.
- [2] CHEN Zongmao, XU Ning, HAN Baoyu. Role of volatile allelochemicals on host location of tea pests and host foraging of natural enemies in tea ecosystem [C]. Scientific Program and Abstracts of the First Asia-Pacific Conference on Chemical Ecology, 1999: 81–83.
- [3] CHEN Zongmao, SUN Xiaoling, DONG Wenxia. Genetics and chemistry of the resistance of tea plant to pests [M]. Global Tea Breeding, 2012: 343–360.
- [4] PERSONS M H, RYPSTRA A L. Preference for chemical cues associated with recent prey in the wolf spider *Hogna helluo* (Araneae: Lycosidae) [J]. Ethology, 2000, 106(1): 27–35.
- [5] CLARK R J, JACKSON R R, CUTLER B. Chemical cues from ants influence predatory behavior in *Habrocestum pulex*, an ant-eating jumping spider (Araneae, Salticidae) [J]. Journal of Arachnology, 2000, 28(3): 309–318.
- [6] XIAO Yonghong, ZHANG Jiaxu, LI Shuqiang. A two-component female produced pheromone of the spider *Pholcus beijingensis* [J]. Journal of Chemical Ecology, 2009, 35(7): 769–778.
- [7] 王沅江,谢振伦,庞雄飞. 假眼小绿叶蝉及天敌蜘蛛生态位的研究[J]. 茶叶科学, 2008, 28(6): 401–406.
- [8] 扈克明,张艳梅,王佳芳,等. 不同茶树品种间小绿叶蝉类群数量动态与抗虫性比较[J]. 茶叶科学, 2003, 23(1): 57–60.
- [9] 曾莉,王平盛,许政. 茶树对假眼小绿叶蝉的抗性研究[J]. 茶叶科学, 2001(2): 90–93.
- [10] 钮羽群,王梦馨,崔林,等. 迷迭香挥发物不同组合对假眼小绿叶蝉行为的调控[J]. 生态学报, 2015, 35(7): 2380–2387.
- [11] 黎健龙,唐劲驰,黎秀娣,等. 周边不同生境条件对茶园蜘蛛群落及叶蝉种群时空结构的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(19): 2216–2227.
- [12] 党凤花,公茂莲,毕守东,等. 茶园 3 种天敌主要害虫与其多种天敌之间密切程度的比较[J]. 浙江大学学报(农业与生命

- 科学版), 2010, 36(5): 513–520.
- [13] 王振兴,李尚,王建盼,等. 两品种茶园茶蚜和假眼小绿叶蝉天敌优势种比较[J]. 安徽农业大学学报, 2016, 43(3): 350–358.
- [14] 柯胜兵,党凤花,毕守东,等. 不同海拔茶园害虫、天敌种群及其群落结构差异[J]. 生态学报, 2011, 31(14): 4161–4168.
- [15] 毕守东,柯胜兵,徐劲峰,等. 3 种海拔高度茶园中 2 种害虫与其天敌间的数量和空间关系[J]. 生态学报, 2011, 31(2): 455–464.
- [16] 周夏芝,毕守东,黄勃,等. 茶园主要天敌对 4 种害虫的空间跟随关系[J]. 华南农业大学学报, 2013, 3(4): 489–498.
- [17] 刘飞飞,王建盼,林源,等. 不同季节黄山大叶种茶园主要害虫的捕食性天敌优势种比较[J]. 华南农业大学学报, 2014, 35(6): 67–73.
- [18] 方国飞,毕守东,刘飞飞,等. 平阳特早茶园 3 种主要害虫与其天敌在数量、时间和空间上的关系[J]. 安徽农业大学学报, 2015, 42(6): 860–867.
- [19] 刘飞飞,柯胜兵,王建盼,等. 假眼小绿叶蝉与捕食性天敌蜘蛛的空间关系研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2016, 44(6): 99–110.
- [20] 韩宝瑜,江昌俊,李卓民. 间作密植和单行茶园节肢动物群落组成差异[J]. 生态学报, 2001, 21(4): 646–652.
- [21] 谢振伦. 茶园三种蜘蛛对假眼小绿叶蝉捕食量的观察[J]. 广东茶叶, 1996(2): 32–34.
- [22] MORRIS R F. The development of sampling techniques for forest insect defoliators, with particular reference to the spruce budworm [J]. Canadian Journal of Zoology, 1995, 33: 225–294.
- [23] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等. 景观生态原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 216–217.
- [24] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 1990: 33–84.
- [25] 邹运鼎,王弘法. 农林昆虫生态学[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1989: 152–157.
- [26] DAVID F N, MOORE P G. Notes on contagious distribution in plant population [J]. Annals of Botany, 1954, 18: 47–53.
- [27] ARBOUS A G, KERRICH J E. Accident statistics and the concept of accident-proneness [J]. Biometrics, 1951, 7(4): 340–432.
- [28] BLACKITH R E. Nearest-neighbour distance measurements for the estimation of animal populations [J]. Ecology, 1958, 39: 147–150.
- [29] IWAO S. Application of the m^*-m method to the analysis of spatial patterns by changing the quadrat size [J]. Researches on Population Ecology, 1972, 14(1): 97–128.
- [30] 刘飞飞,柯胜兵,王建盼,等. 蜘蛛类天敌与茶尺蠖幼虫空间关系的聚块样方方差分析[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2015, 41(2): 133–146.
- [31] 王建盼,覃盛,刘飞飞,等. 柑橘粉虱与主要捕食性天敌之间的空间关系研究[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(4): 454–464.

(责任编辑: 杨明丽)