

安徽省茶园假眼小绿叶蝉优势种天敌的评判

毕守东^{1*} 张书平¹ 余 燕¹ 王振兴¹ 李 尚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: 为明确茶园天敌与假眼小绿叶蝉 *Empoasca vitis* 之间关系的变化动态, 用灰色关联度法和生态位法研究天敌与假眼小绿叶蝉在数量、时间、空间上的关系, 综合分析假眼小绿叶蝉优势种天敌位次在茶树品种间和年份间的差异。结果显示, 根据密切指数之和比较发现, 2015 年在乌牛早茶园与白毫早茶园中, 与假眼小绿叶蝉跟随关系密切的前 3 位天敌中均有锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa* 和棕管巢蛛 *Clubiona japonicola*, 这 2 种天敌在 2 种茶园中的密切指数之和分别为 5.493 和 5.784; 2016 年天敌中均有八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum* 和棕管巢蛛, 这 2 种天敌在 2 种茶园中密切指数之和分别为 5.296 和 5.448。2015 年与 2016 年相比, 乌牛早茶园前 3 位天敌中均有棕管巢蛛, 白毫早茶园前 3 位天敌中均有锥腹肖蛸和棕管巢蛛。表明 2 个品种茶园不同年份假眼小绿叶蝉前 3 位优势种天敌为棕管巢蛛、锥腹肖蛸和八斑球腹蛛。

关键词: 茶园; 天敌; 假眼小绿叶蝉; 跟随关系

Assessment of the dominant species of natural enemies of the smaller green leafhopper *Empoasca vitis* in the tea garden in Anhui Province

Bi Shoudong^{1*} Zhang Shuping¹ Yu Yan¹ Wang Zhenxing¹ Li Shang² Zou Yunding²

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

Abstract: In order to define the dynamics of the relationships between the natural enemies and smaller green leafhopper *Empoasca vitis*, their relationships between natural enemies and *E. vitis* in number, time and space were studied by using grey relational degree method and ecological niche method. The differences in the natural enemies between the species of tea tree varieties and years were analyzed. The first three natural enemies closely related with *E. vitis* included *Tetragnatha maxillosa* and *Clubiona japonicola* in Wuniuzao and Baihaozao tea gardens in 2015. The total closeness index of *T. maxillosa* and *C. japonicola* in two tea gardens were 5.493 and 5.784, respectively. The natural enemies *Theridion octomaculatum* and *C. japonicola* were also observed in 2016. The total closeness index of *Th. octomaculatum* and *C. japonicola* were 5.296 and 5.448, respectively. Compared with 2015 and 2016, the first three natural enemies in Wuniuzao tea garden included *C. japonicola*. The first three natural enemies included *T. maxillosa* and *C. japonicola* in Baihaozao. The results indicated that the first three natural enemies closely related with the *Empoasca vitis* were *C. japonicola*, *T. maxillosa* and *Th. octomaculatum*.

Key words: tea garden; natural enemy; *Empoasca vitis*; following effect

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 (Author for correspondence), E-mail: bishoudong@163.com

收稿日期: 2018-04-02

茶树害虫是影响茶叶产量和品质的主要因子,通常以农业措施结合物理、化学和生物方法进行防治。除此之外,自然界天敌是持续影响茶树害虫种群消长的重要生态因子,与商品天敌相比,自然界天敌具有省工、省时、零成本等优点。安徽省茶园害虫多达280余种,主要害虫有20多种,对茶叶质量与产量造成严重影响(张汉鹄和谭济才,2004)。化学防治可将害虫杀死,但同时也会对其天敌产生不利影响,因此,应采取选择性农药和合适施药时机保护自然界天敌,其中优势种天敌在防治害虫时发挥着极大作用,因此评定目标害虫的优势种天敌是非常必要的(邹运鼎,1997)。

假眼小绿叶蝉 *Empoasca vitis* 是重要的茶树害虫,关于其发生规律及其天敌种类有大量研究报道。毕守东等(2011)报道大别山区不同海拔茶园假眼小绿叶蝉及其天敌的数量动态分布与差异;刘飞等(2014;2016)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,以及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。王沅江等(2008)发现瓢虫和蜘蛛均可以捕食假眼小绿叶蝉;谢振伦(1996)测定了茶园3种蜘蛛对假眼小绿叶蝉的捕食量。韩宝瑜等(2001)研究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。目前,从多方面综合分析假眼小绿叶蝉优势种天敌年份间和茶树品种间差异的研究尚未见报道。因此,本研究选取安徽省乌牛早茶园和白毫早茶园2种茶园,综合分析2015、2016年假眼小绿叶蝉优势种天敌位次在茶树品种间和年份间的差异,以期利用自然界天敌综合治理假眼小绿叶蝉提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试茶树及调查地点:茶树品种为树龄13年的乌牛早和白毫早,试验地点为安徽农业大学科技示范园的乌牛早茶园和白毫早茶园,茶园面积均为0.2 hm²。

1.2 方法

1.2.1 调查方法

2015—2016年对乌牛早茶园和白毫早茶园中假眼小绿叶蝉进行调查,其中2015年调查时间为3月28日—11月14日,2016年为3月27日—11月17日,约15 d调查1次,2015年共调查17次,2016年共调查16次。2种茶园周边为其它品种茶园,茶园

按常规措施管理,但不施用农药。

采用平行跳跃法随机在茶园选取3行,行宽2 m,每行间隔1 m,取长2 m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,调查不易振落的害虫、天敌种类及个体数。用1 L水加1 g洗衣粉配制黏着液,对样方中的所有枝条轻拍至粘有黏着液的长0.4 m、宽0.3 m的搪瓷盘中,调查并记录害虫及其天敌物种数和个体数,对于部分不能准确鉴定的物种样本编号保存,装毒瓶带回实验室进行鉴定(毕守东等,2011)。

1.2.2 天敌与假眼小绿叶蝉之间关系分析

天敌与假眼小绿叶蝉数量关系分析:用灰色关联度法(邓聚龙,1990)分析假眼小绿叶蝉及其天敌之间的数量关系,将假眼小绿叶蝉及其天敌分别看作一个本征系统,假眼小绿叶蝉数量 y 作为该系统的参照序列,各种天敌 x_i 作为该系统的比较序列,不同时点上的假眼小绿叶蝉与天敌在 k 点上的效果白化值进行双序列关系分析。经数据均值化后,利用灰色关联度公式 $R(y, x_i) = \frac{1}{n} \sum r_{ij}(k)$ 求天敌 x_i 与假眼小绿叶蝉数量 y 间的关联度, r_{ij} 为关联系数,公式为 $r_{ij} = \frac{\min \min |y(k) - x_i(k)| + \rho \max \max |y(k) - x_i(k)|}{|y(k) - x_i(k)| + \rho \max \max |y(k) - x_i(k)|}$, 关联度值越大,表明天敌在数量上与假眼小绿叶蝉的跟随关系越密切。

天敌与假眼小绿叶蝉空间关系分析:根据区域化变量的理论(侯景儒和黄竞先,1990),在空间上昆虫种群数量是区域化变量,因此可以用区域化变量理论与方法,即地学统计学方法,研究天敌和假眼小绿叶蝉的空间关系。求得它的半变异函数 $S^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \cdot \sum [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2$ 的理论模型及其变程,然后用上述灰色关联度法分析研究天敌与假眼小绿叶蝉半变异函数模型变程间的灰色关联度,关联度值越大,表明天敌在空间上对假眼小绿叶蝉跟随关系越密切。

天敌与假眼小绿叶蝉发生时间之间的关系:将天敌与假眼小绿叶蝉时间生态位的相似性系数作为分析二者间关系密切程度的1个度量指标,相似性系数越大,天敌在时间上对假眼小绿叶蝉跟随关系越密切。时间生态位测度的指标公式采用Morisita相似性系数公式(邹运鼎和王弘法,1989), $C =$

$$\frac{2 \sum_{i=1}^n P_{ij} P_{ik}}{\sum_{i=1}^n P_{ij} \left[\frac{n_{ij} - 1}{N_j - 1} \right] + \sum_{i=1}^n \left[\frac{n_{ik} - 1}{N_k - 1} \right]},$$

式中 C 为 Morisita

ita生态位相似系数; P_{ij} 为由种类*j*所利用的整个资源中第*i*种资源所占比例; P_{ik} 为由种类*k*所利用的整个资源中第*i*种资源所占比例; n_{ij} 为使用第*i*类资源的种类*j*的个体数; n_{ik} 为使用第*i*类资源的种类*k*的个体数; N_j 和 N_k 为各为样本中种类*j*和种类*k*的个体总数。

1.2.3 天敌与假眼小绿叶蝉关系密切程度综合比较

评判天敌优势种必须依据天敌与害虫在数量、时间和空间上关系的密切程度(邹运鼎,1997)。将数量、时间和空间上天敌与假眼小绿叶蝉的关联度和相似性系数标准化,即将求得的该关联度或相似性系数除以该类关联度或相似性系数的最大值,其商称作密切指数,将2种茶园中天敌与假眼小绿叶蝉的密切指数相加得到密切指数之和,密切指数之和最大者即是假眼小绿叶蝉第1位优势种天敌,并依次类推。

2 结果与分析

2.1 2015年2种茶园假眼小绿叶蝉的优势种天敌

2015年乌牛早茶园中调查到节肢动物78种,共23 604头,分属16目53科,其中植食性昆虫32种,

共9 682头,其中假眼小绿叶蝉3 227头,捕食性天敌37种,共7 374头;白毫早茶园中调查到节肢动物92种,共18 180头,分属21目53科,其中植食性昆虫39种,共8 085头,其中假眼小绿叶蝉1 896头,捕食性天敌42种,共6 111头。综合比较,2种茶园的37~42种捕食性天敌全年调查的个体总数均超过119头的有鳞纹肖蛸*Tetragnatha squamata*、锥腹肖蛸*Tetragnatha maxillosa*、八斑球腹蛛*Theridion octomaculatum*、棕管巢蛛*Clubiona japonicola*、茶色新圆蛛*Neoscona theisi*、三突花蟹蛛*Misumenops tricuspidatus*、草间小黑蛛*Hylyphantes graminicola*和斜纹猫蛛*Oxyopes sertatus*共8种天敌,乌牛早茶园和白毫早茶园8种蜘蛛个体数量分别占全年捕食性天敌的83.67%和78.54%,而且捕食量较其它天敌大,是捕食类天敌的主体。

2.2 2015年天敌在数量、空间、时间上的关系

将2种茶园8种天敌与假眼小绿叶蝉在数量关系上的关联度进行分析,结果显示,乌牛早茶园和白毫早茶园中天敌棕管巢蛛与假眼小绿叶蝉关联度*R*均最大,分别为0.901和0.718(表1)。

表1 2015年2种茶园天敌与假眼小绿叶蝉在数量、空间、时间上的关联度

物种 Species	数量 Quantity		空间 Space		时间 Time	
	乌牛早茶园	白毫早茶园	乌牛早茶园	白毫早茶园	乌牛早茶园	白毫早茶园
	Wuniuzao tea garden	Baihaozao tea garden	Wuniuzao tea garden	Baihaozao tea garden	Wuniuzao tea garden	Baihaozao tea garden
鳞纹肖蛸 <i>T. squamata</i>	0.475	0.353	0.699	0.866	0.884	0.764
锥腹肖蛸 <i>T. maxillosa</i>	0.768	0.644	0.648	0.897	0.864	0.804
八斑球腹蛛 <i>Th. octomaculatum</i>	0.325	0.385	0.729	0.849	0.788	0.784
棕管巢蛛 <i>C. japonicola</i>	0.901	0.718	0.716	0.778	0.898	0.842
茶色新圆蛛 <i>N. theisi</i>	0.669	0.495	0.731	0.808	0.831	0.788
三突花蟹蛛 <i>M. tricuspidatus</i>	0.227	0.259	0.675	0.736	0.776	0.755
草间小黑蛛 <i>H. graminicola</i>	0.587	0.394	0.784	0.768	0.845	0.767
斜纹猫蛛 <i>O. sertatus</i>	0.333	0.559	0.713	0.705	0.797	0.818

为了分析天敌与假眼小绿叶蝉之间的空间关系,选择2015年乌牛早茶园和白毫早茶园假眼小绿叶蝉发生数量较多时的数据以及8种天敌数据进行地学统计学分析,结果显示,乌牛早茶园假眼小绿叶蝉及其天敌的半变异函数理论模型最小的决定系数*D*²为9月13日鳞纹肖蛸的0.319,白毫早茶园假眼小绿叶蝉及其天敌的半变异函数理论模型最小的*D*²为10月11日草间小黑蛛的0.439(表2),*D*²均大于

*r*_{0.01},表明半变异函数的理论模型与实际吻合度极高。将求得的2种茶园天敌与假眼小绿叶蝉变程间进行灰色关联度分析,结果显示,就空间上来说,在乌牛早茶园中与假眼小绿叶蝉跟随关系密切的第1位天敌是草间小黑蛛,在白毫早茶园跟随关系密切的第1位天敌是锥腹肖蛸,关联度*R*分别为0.784和0.897(表1)。

表2 2015年2种茶园假眼小绿叶蝉与其天敌的半变异函数模型参数

Table 2 The theoretical semivariogram parameters of *Empoasca vitis* and its natural enemies in two tea gardens in 2015

茶园 Tea garden	物种 Species	日期 Date	模型 Model	变程 Range	决定系数 D^2	茶园 Tea garden	物种 Species	日期 Date	模型 Model	变程 Range	决定系数 D^2
乌牛早 Wuniuzao	假眼小绿叶蝉 <i>E. vitis</i>	7-04	球形 Spherical	4.757	0.843	白毫早 Baihaozao	假眼小绿叶蝉 <i>E. vitis</i>	7-04	球形 Spherical	7.544	0.847
		7-19	球形 Spherical	11.28	0.714			7-19	球形 Spherical	6.363	0.535
		8-02	球形 Spherical	7.205	0.895			9-13	球形 Spherical	8.036	0.979
		9-13	球形 Spherical	4.268	0.788			9-26	球形 Spherical	4.856	0.547
		9-26	球形 Spherical	5.995	0.483			10-11	球形 Spherical	5.865	0.893
	鳞纹肖蛸 <i>T. squamata</i>	7-04	球形 Spherical	5.869	0.904		鳞纹肖蛸 <i>T. squamata</i>	7-04	球形 Spherical	5.126	0.901
		7-19	球形 Spherical	2.257	0.903			7-19	球形 Spherical	5.125	0.739
		8-02	球形 Spherical	3.865	0.906			8-02	球形 Spherical	7.214	0.655
		9-13	球形 Spherical	4.956	0.319			9-13	球形 Spherical	4.267	0.799
		9-26	球形 Spherical	3.896	0.987			10-11	球形 Spherical	6.052	0.870
	锥腹肖蛸 <i>T. maxillosa</i>	7-04	球形 Spherical	5.960	0.913		锥腹肖蛸 <i>T. maxillosa</i>	7-04	球形 Spherical	7.676	0.938
		7-19	球形 Spherical	4.870	0.789			7-19	球形 Spherical	5.604	0.763
		8-02	球形 Spherical	2.375	0.948			8-02	球形 Spherical	6.069	0.666
		9-13	球形 Spherical	5.869	0.816			9-13	球形 Spherical	4.754	0.858
		9-26	球形 Spherical	6.284	0.784			10-11	球形 Spherical	5.235	0.776
	八斑球腹蛛 <i>Th. octomaculatum</i>	7-04	球形 Spherical	5.126	0.913		八斑球腹蛛 <i>Th. octomaculatum</i>	7-04	球形 Spherical	6.751	0.792
		7-19	球形 Spherical	8.015	0.987			7-19	球形 Spherical	5.925	0.888
		8-02	球形 Spherical	0.000	0.000			8-02	球形 Spherical	5.932	0.812
		9-13	球形 Spherical	7.317	0.801			9-13	球形 Spherical	4.865	0.945
		9-26	球形 Spherical	4.195	0.928			10-11	球形 Spherical	7.403	0.484
	棕管巢蛛 <i>C. japonicola</i>	7-04	球形 Spherical	4.009	0.859		棕管巢蛛 <i>C. japonicola</i>	7-04	球形 Spherical	6.854	0.678
		7-19	球形 Spherical	3.869	0.723			7-19	球形 Spherical	7.528	0.816
		8-02	球形 Spherical	4.869	0.925			8-02	球形 Spherical	5.862	0.893
		9-13	球形 Spherical	10.870	0.721			9-13	球形 Spherical	8.183	0.974
		9-26	球形 Spherical	5.968	0.934			10-11	球形 Spherical	6.343	0.667
	茶色新圆蛛 <i>N. theisi</i>	7-04	球形 Spherical	7.254	0.594		茶色新圆蛛 <i>N. theisi</i>	7-04	球形 Spherical	5.963	0.901
		7-19	球形 Spherical	6.160	0.729			7-19	球形 Spherical	6.336	0.489
		8-02	球形 Spherical	5.869	0.482			8-02	球形 Spherical	5.861	0.739
		9-13	球形 Spherical	6.268	0.822			9-13	球形 Spherical	6.687	0.821
		9-26	球形 Spherical	7.676	0.677			10-11	球形 Spherical	5.235	0.740
	三突花蟹蛛 <i>M. tricuspidatus</i>	7-04	球形 Spherical	6.875	0.929		三突花蟹蛛 <i>M. tricuspidatus</i>	7-04	球形 Spherical	7.257	0.768
		7-19	球形 Spherical	5.124	0.781			7-19	球形 Spherical	7.361	0.799
		8-02	球形 Spherical	6.064	0.916			8-02	球形 Spherical	5.091	0.640
		9-13	球形 Spherical	0.000	0.000			9-13	球形 Spherical	8.000	0.840
		9-26	球形 Spherical	5.524	0.615			10-11	球形 Spherical	4.126	0.759
	草间小黑蛛 <i>H. gramini-cola</i>	7-04	球形 Spherical	3.959	0.785		草间小黑蛛 <i>H. gramini-cola</i>	7-04	球形 Spherical	9.995	0.965
		7-19	球形 Spherical	6.493	0.759			7-19	球形 Spherical	6.357	0.815
		8-02	球形 Spherical	8.125	0.909			8-02	球形 Spherical	7.559	0.493
		9-13	球形 Spherical	7.258	0.536			9-13	球形 Spherical	5.958	0.601
		9-26	球形 Spherical	6.212	0.828			10-11	球形 Spherical	1.948	0.439
	斜纹猫蛛 <i>O. sertatus</i>	7-04	球形 Spherical	9.023	0.853		斜纹猫蛛 <i>O. sertatus</i>	7-04	球形 Spherical	7.124	0.819
		7-19	球形 Spherical	8.241	0.992			7-19	球形 Spherical	5.490	0.515
		8-02	球形 Spherical	7.124	0.802			9-13	球形 Spherical	6.127	0.886
		9-13	球形 Spherical	8.526	0.993			9-26	球形 Spherical	10.619	0.914
		9-26	球形 Spherical	4.125	0.755			10-11	球形 Spherical	3.966	0.954

分析8种天敌在时间上与假眼小绿叶蝉跟随关系的密切程度,结果显示,乌牛早茶园和白毫早茶园中假眼小绿叶蝉在时间上跟随关系密切的第1位天敌均是棕管巢蛛,关联度分别为0.898和0.842(表1)。

为了综合分析评判2015年2种茶园中假眼小绿叶蝉的优势种天敌位次及其差异,将求得的关联度

指数和相似性系数进行标准化,结果显示,乌牛早茶园与白毫早茶园前3位天敌中都有锥腹肖蛸和棕管巢蛛。根据2种茶园按照密切指数之和评判,假眼小绿叶蝉前3位的优势种天敌是棕管巢蛛、锥腹肖蛸和茶色新圆蛛,密切指数之和分别为5.784、5.493和5.129(表3)。

表3 2015年2种茶园天敌与假眼小绿叶蝉在数量、时间、空间上的密切指数

Table 3 Closeness indices between two types of natural enemies in tea gardens and *Empoasca vitis* in quantity, time and space in 2015

物种 Species	乌牛早茶园 Wuniuzao tea garden				白毫早茶园 Baihaozao tea garden				2种茶园之和 Sum of two types of tea garden
	数量	空间	时间	总和	数量	空间	时间	总和	
	Quantity	Space	Time	Total	Quantity	Space	Time	Total	
鳞纹肖蛸 <i>T. squamata</i>	0.528	0.892	0.907	2.327	0.492	0.969	0.908	2.369	4.696
锥腹肖蛸 <i>T. maxillosa</i>	0.853	0.826	0.962	2.641	0.897	1.000	0.955	2.852	5.493
八斑球腹蛛 <i>Th. octomaculatum</i>	0.361	0.929	0.878	2.168	0.537	0.949	0.932	2.418	4.586
棕管巢蛛 <i>C. japonicola</i>	1.000	0.913	1.000	2.913	1.000	0.871	1.000	2.871	5.784
茶色新圆蛛 <i>N. theisi</i>	0.744	0.931	0.925	2.600	0.689	0.904	0.936	2.529	5.129
三突花蟹蛛 <i>M. tricuspidatus</i>	0.253	0.861	0.864	1.978	0.361	0.827	0.897	2.085	4.063
草间小黑蛛 <i>H. graminicola</i>	0.652	1.000	0.941	2.593	0.549	0.859	0.912	2.320	4.913
斜纹猫蛛 <i>O. sertatus</i>	0.369	0.909	0.888	2.193	0.777	0.790	0.972	2.539	4.732

2.3 2016年2种茶园假眼小绿叶蝉的优势种天敌

2016年乌牛早茶园中调查到节肢动物85种,共22 547头,分属17目54科。其中植食类害虫11 657头,共37种,分属8目26科,其中假眼小绿叶蝉5 046头;捕食类天敌40种,共5 002头,分属8目20科;2016年白毫早茶园中调查到节肢动物72种,共19 249头,分属21目53科。其中植食类害虫8 800头,共31种,分属9目23科,其中假眼小绿叶蝉1 093头;捕食类天敌31种,共6 045头,分属6目16科。综合比较,2种茶园捕食类天敌个体总数超过110头的有鳞纹

肖蛸、锥腹肖蛸、八斑球腹蛛、棕管巢蛛、茶色新圆蛛、三突花蟹蛛、草间小黑蛛和斜纹猫蛛,这8种天敌在2种茶园中的个体总数占全年捕食性天敌总数的80.82%~87.78%,是捕食性天敌的主体。

2.4 2016年天敌在数量、空间、时间上的关系

将2种茶园8种天敌与假眼小绿叶蝉在数量关系上的关联度进行分析,结果显示,2016年在数量上与假眼小绿叶蝉灰色关联度指数最大的天敌,在乌牛早茶园中是棕管巢蛛,在白毫早茶园中是八斑球腹蛛,关联度*R*分别为0.889和0.861(表4)。

表4 2016年2种茶园天敌与假眼小绿叶蝉在数量、空间、时间的关联度

Table 4 Correlation between two types of natural enemies in tea gardens and *Empoasca vitis* in quantity, space and time in 2016

物种 Species	数量 Quantity		空间 Space		时间 Time	
	乌牛早茶园	白毫早茶园	乌牛早茶园	白毫早茶园	乌牛早茶园	白毫早茶园
	Wuniuzao tea garden	Baihaozao tea garden	Wuniuzao tea garden	Baihaozao tea garden	Wuniuzao tea garden	Baihaozao tea garden
鳞纹肖蛸 <i>T. squamata</i>	0.762	0.823	0.679	0.636	0.434	0.566
锥腹肖蛸 <i>T. maxillosa</i>	0.789	0.842	0.644	0.662	0.616	0.633
八斑球腹蛛 <i>Th. octomaculatum</i>	0.774	0.861	0.868	0.852	0.516	0.599
棕管巢蛛 <i>C. japonicola</i>	0.889	0.839	0.605	0.661	0.931	0.689
茶色新圆蛛 <i>N. theisi</i>	0.771	0.818	0.742	0.677	0.539	0.382
三突花蟹蛛 <i>M. tricuspidatus</i>	0.758	0.812	0.667	0.786	0.379	0.314
草间小黑蛛 <i>H. graminicola</i>	0.795	0.812	0.813	0.561	0.517	0.539
斜纹猫蛛 <i>O. sertatus</i>	0.755	0.774	0.751	0.619	0.484	0.257

为了分析天敌与假眼小绿叶蝉之间的空间关系,选择2016年乌牛早茶园和白毫早茶园假眼小绿叶蝉发生数量较多时的数据以及8种天敌数据进行地学统计学分析结果显示,乌牛早茶园假眼小绿叶蝉及其天敌半变异函数理论模型最小的决定系数 D^2 为9月25日八斑球腹蛛的0.261,白毫早茶园最小的 D^2 为11月

19日假眼小绿叶蝉的0.425(表5), D^2 均大于 $r_{0.01}$,表明半变异函数的理论模型与实际吻合度极高。将求得的2种茶园天敌与假眼小绿叶蝉变程之间进行灰色关联度分析,结果显示,乌牛早茶园和白毫早茶园空间上对假眼小绿叶蝉跟随关系密切的第1位天敌都是八斑球腹蛛,关联度分别为0.868和0.852(表4)。

表5 2016年2种茶园假眼小绿叶蝉与其天敌的半变异函数模型参数

Table 5 The theoretical semivariogram parameters of *Empoasca vitis* and its natural enemies in two tea garden in 2016

茶园 Tea garden	物种 Species	日期 Date	模型 Model	变程 Range	决定系数 D^2	茶园 Tea garden	物种 Species	日期 Date	模型 Model	变程 Range	决定系数 D^2
乌牛早 Wuniuzao	假眼小绿叶蝉 <i>E. vitis</i>	7-14	球形 Spherical	3.987	0.872	白毫早 Baihaozao	假眼小绿叶蝉 <i>E. vitis</i>	6-29	球形 Spherical	5.726	0.847
		8-13	球形 Spherical	6.090	0.865			7-14	球形 Spherical	5.503	0.535
		8-28	球形 Spherical	5.867	0.559			10-10	球形 Spherical	4.125	0.979
		9-25	球形 Spherical	3.588	0.857			11-02	球形 Spherical	5.128	0.822
		10-10	球形 Spherical	6.843	0.883			11-19	球形 Spherical	5.865	0.425
	鳞纹肖蛸 <i>T. squamata</i>	7-14	球形 Spherical	5.964	0.856		鳞纹肖蛸 <i>T. squamata</i>	6-29	球形 Spherical	8.808	0.901
		8-13	球形 Spherical	4.856	0.870			7-14	球形 Spherical	9.297	0.740
		8-28	球形 Spherical	4.862	0.661			10-10	球形 Spherical	5.884	0.655
		9-25	球形 Spherical	5.367	0.826			11-02	球形 Spherical	4.267	0.954
		10-10	球形 Spherical	4.869	0.809			11-19	球形 Spherical	6.052	0.756
	锥腹肖蛸 <i>T. maxillosa</i>	7-14	球形 Spherical	7.408	0.960		锥腹肖蛸 <i>T. maxillosa</i>	6-29	球形 Spherical	8.733	0.938
		8-13	球形 Spherical	5.258	0.916			7-14	球形 Spherical	5.865	0.763
		8-28	球形 Spherical	5.263	0.872			10-10	球形 Spherical	5.754	0.666
		9-25	球形 Spherical	6.148	0.857			11-02	球形 Spherical	4.754	0.974
		10-10	球形 Spherical	5.128	0.401			11-19	球形 Spherical	5.235	0.703
	八斑球腹蛛 <i>Th. octomaculatum</i>	7-14	球形 Spherical	5.117	0.891		八斑球腹蛛 <i>Th. octomaculatum</i>	6-29	球形 Spherical	6.729	0.792
		8-13	球形 Spherical	6.758	0.470			7-14	球形 Spherical	6.854	0.888
		8-28	球形 Spherical	6.403	0.511			10-10	球形 Spherical	4.752	0.812
		9-25	球形 Spherical	5.050	0.261			11-02	球形 Spherical	4.865	0.647
		10-10	球形 Spherical	6.922	0.541			11-19	球形 Spherical	7.403	0.647
	棕管巢蛛 <i>C. japonicola</i>	7-14	球形 Spherical	6.724	0.504		棕管巢蛛 <i>C. japonicola</i>	6-29	球形 Spherical	5.125	0.679
		8-13	球形 Spherical	2.246	0.970			7-14	球形 Spherical	6.372	0.816
		8-28	球形 Spherical	8.955	0.694			10-10	球形 Spherical	6.725	0.893
		9-25	球形 Spherical	5.649	0.875			11-02	球形 Spherical	8.183	0.899
		10-10	球形 Spherical	5.864	0.806			11-19	球形 Spherical	6.343	0.901
	茶色新圆蛛 <i>N. theisi</i>	7-14	球形 Spherical	2.395	0.979		茶色新圆蛛 <i>N. theisi</i>	6-29	球形 Spherical	8.132	0.900
		8-13	球形 Spherical	5.129	0.894			7-14	球形 Spherical	4.869	0.489
		8-28	球形 Spherical	5.237	0.754			10-10	球形 Spherical	5.128	0.739
		9-25	球形 Spherical	3.867	0.895			11-02	球形 Spherical	6.687	0.777
		10-10	球形 Spherical	3.624	0.904			11-19	球形 Spherical	5.235	0.901
	三突花蟹蛛 <i>M. tricuspidatus</i>	7-14	球形 Spherical	7.125	0.746		三突花蟹蛛 <i>M. tricuspidatus</i>	6-29	球形 Spherical	6.497	0.435
		8-13	球形 Spherical	5.553	0.623			7-14	球形 Spherical	9.448	0.940
		8-28	球形 Spherical	6.538	0.945			10-10	球形 Spherical	6.773	0.741
		9-25	球形 Spherical	8.670	0.866			11-02	球形 Spherical	7.126	0.690
		10-10	球形 Spherical	7.244	0.807			11-19	球形 Spherical	8.409	0.942
	草间小黑蛛 <i>H. graminicola</i>	7-14	球形 Spherical	5.125	0.791		草间小黑蛛 <i>H. graminicola</i>	6-29	球形 Spherical	4.083	0.858
		8-13	球形 Spherical	8.690	0.717			7-14	球形 Spherical	5.769	0.752
		8-28	球形 Spherical	8.000	0.697			10-10	球形 Spherical	8.086	0.911
		9-25	球形 Spherical	5.126	0.615			11-02	球形 Spherical	8.403	0.709
		10-10	球形 Spherical	5.870	0.426			11-19	球形 Spherical	5.874	0.872
	斜纹猫蛛 <i>O. sertatus</i>	7-14	球形 Spherical	8.125	0.974		斜纹猫蛛 <i>O. sertatus</i>	6-29	球形 Spherical	3.957	0.843
		8-13	球形 Spherical	8.915	0.884			7-14	球形 Spherical	7.125	0.804
		8-28	球形 Spherical	12.523	0.757			10-10	球形 Spherical	7.129	0.890
		9-25	球形 Spherical	8.125	0.732			11-02	球形 Spherical	4.648	0.877
		10-10	球形 Spherical	9.080	0.940			11-19	球形 Spherical	5.856	0.739

分析8种天敌在时间上与假眼小绿叶蝉的跟随关系密切程度,结果显示,2016年乌牛早茶园和白毫早茶园中与假眼小绿叶蝉在时间上跟随关系密切的第1位天敌与2015年结果一致,均是棕管巢蛛,关联度分别为0.931和0.689(表4)。

按照密切指数总和评判,2种茶园中假眼小绿叶蝉前3位的优势种天敌是棕管巢蛛、八斑球腹蛛和锥

腹肖蛸,密切指数之和分别为5.448、5.296和4.969(表6)。将2种茶园2年假眼小绿叶蝉优势种天敌进行综合分析,表明前3位的优势种天敌是棕管巢蛛、锥腹肖蛸和八斑球腹蛛。比较2015年和2016年2年间的差异,在乌牛早茶园中,2年间与假眼小绿叶蝉跟随关系密切的前3位天敌均有棕管巢蛛;在白毫早茶园中,前3位天敌均有锥腹肖蛸和棕管巢蛛。

表6 2016年2种茶园天敌与假眼小绿叶蝉在数量、时间、空间关系密切指数

Table 6 Closeness between two types of natural enemies in tea gardens and *Empoasca vitis* in quantity, time and space in 2016

物种 Species	乌牛早茶园 Wuniuzao tea garden				白毫早茶园 Baihaozao tea garden				2种茶园之和 Sum of two types of tea garden
	数量 Quantity	空间 Space	时间 Time	总和 Total	数量 Quantity	空间 Space	时间 Time	总和 Total	
鳞纹肖蛸 <i>T. squamata</i>	0.857	0.784	0.466	2.107	0.957	0.746	0.822	2.525	4.632
锥腹肖蛸 <i>T. maxillosa</i>	0.889	0.743	0.662	2.294	0.979	0.777	0.919	2.675	4.969
八斑球腹蛛 <i>Th. octomaculatum</i>	0.871	1.000	0.554	2.425	1.000	1.000	0.871	2.871	5.296
棕管巢蛛 <i>C. japonicola</i>	1.000	0.697	1.000	2.697	0.976	0.775	1.000	2.751	5.448
茶色新圆蛛 <i>N. theisi</i>	0.867	0.855	0.580	2.302	0.951	0.795	0.555	2.301	4.603
三突花蟹蛛 <i>M. tricuspidatus</i>	0.853	0.769	0.408	2.030	0.944	0.923	0.456	2.323	4.353
草间小黑蛛 <i>H. graminicola</i>	0.895	0.937	0.556	2.388	0.944	0.658	0.782	2.384	4.772
斜纹猫蛛 <i>O. sertatus</i>	0.849	0.865	0.519	2.233	0.900	0.727	0.373	2.000	4.233

3 讨论

天敌与害虫之间的关系包括时、空、量、构序等多方面。首先,天敌对目标害虫发挥控制作用,必须是天敌与目标害虫发生高峰期大体相同;其次天敌对目标害虫控制作用大小是在目标害虫数量多时,有足够数量的天敌才能发挥很好的控制作用;为了提高天敌对害虫的控制作用(捕食或寄生),天敌必须与目标害虫在空间有密切的跟随关系,因此评价目标害虫的天敌优势种必须从天敌与目标害虫之间的时、空、量上进行综合分析(邹运鼎,1997)。本研究从空间、数量和时间上综合分析了乌牛早茶园与白毫早茶园2种茶园中假眼小绿叶蝉的优势天敌,而其它研究多从某一个方面进行研究(张觉晚,1991;1993;张觉晚和王沅江,1992),如柯胜兵等(2011)研究了不同海拔茶园中假眼小绿叶蝉等害虫天敌群落结构的差异;周夏芝等(2013)报道了主要天敌对包括假眼小绿叶蝉在内的4种害虫的空间跟随关系,跟随关系越密切,控制作用越大。上述研究均没有从假眼小绿叶蝉与蜘蛛类天敌在数量、时间、空间关系上进行综合分析,更没有综合评判出天敌优势种。

本试验对茶树品种间、年份间的假眼小绿叶蝉

优势天敌进行分析,结果显示,2015和2016年2种茶园中假眼小绿叶蝉前3位天敌中均有棕管巢蛛;按照密切指数之和及天敌位次综合评判,2种茶园不同年份前3位优势种天敌均有棕管巢蛛、锥腹肖蛸和八斑球腹蛛;与余燕等(2018)的试验结论存在差异,即在空间上与假眼小绿叶蝉跟随关系密切的天敌是八斑球腹蛛和茶色新圆蛛,有可能是本试验从3个方面进行综合分析,而余燕等(2018)仅从空间上进行分析(邹运鼎,1997),具体原因还有待进一步探讨。

在害虫的诸多天敌中总有一些对害虫控制作用强的自然界天敌,这些是合理保护和科学利用的主要对象,所以优势种的评判对于植保工作来说就是一件重要的工作。本研究采用灰色关联度法及与地统计方法和生态位分析法从数量、时间、空间关系方面研究了茶树品种间和年份间乌牛早茶园和白毫早茶园假眼小绿叶蝉天敌优势种的位次差异。根据天敌与假眼小绿叶蝉之间的关系评判出假眼小绿叶蝉的优势种天敌,以期科学保护和合理利用自然界蜘蛛类天敌提供科学依据。本研究仅对2种茶园的2015—2016年2年间的天敌进行了调查,后期还应该选择一些不同品种茶园进行多年的深入研究,使结果更为准确。

致谢: 安徽农业大学理学院周夏芝副教授在本研究中给予很大支持, 特此感谢。

参 考 文 献 (References)

- Bi SD, Ke SB, Xu JF, Zhou XZ, Zou YD, Dang FH, Yu K, Zhao XJ, Shi XL. 2011. Relationships between two species of insect pests and their natural enemies in tea gardens of three different altitudes. *Acta Ecologica Sinica*, 31(2): 455–464 (in Chinese) [毕守东, 柯胜兵, 徐劲峰, 周夏芝, 邹运鼎, 党凤花, 禹坤, 赵学娟, 施晓丽. 2011. 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. *生态学报*, 31(2): 455–464]
- Deng JL. 1990. Grey system theory tutorial. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, pp. 33–84 (in Chinese) [邓聚龙. 1990. 灰色系统理论教程. 武汉: 华中科技大学出版社, pp. 33–84]
- Han BY, Jiang CJ, Li ZM. 2001. Components of arthropod communities in tea gardens with four different cultivation types. *Acta Ecologica Sinica*, 21(4): 646–652 (in Chinese) [韩宝瑜, 江昌俊, 李卓民. 2001. 间作密植和单行茶园节肢动物群落组成差异. *生态学报*, 21(4): 646–652]
- Hou JR, Huang JX. 1990. Principles and methods of geostatistics. Beijing: Geological Publishing House, pp. 87–102 (in Chinese) [侯景儒, 黄竞先. 1990. 地质统计学的理论与方法. 北京: 地质出版社, pp. 87–102]
- Ke SB, Dang FH, Bi SD, Zou YD, Yu K, Zhao XJ, Xu JF. 2011. Differences among population quantities and community structures of pests and their natural enemies in tea gardens of different altitudes. *Acta Ecologica Sinica*, 31(14): 4161–4168 (in Chinese) [柯胜兵, 党凤花, 毕守东, 邹运鼎, 禹坤, 赵学娟, 徐劲峰. 2011. 不同海拔茶园害虫、天敌种群及其群落结构差异. *生态学报*, 31(14): 4161–4168]
- Liu FF, Ke SB, Wang JP, Bi SD, Zhou XZ, Zou YD, Dang FH, Xu JF, Yu K, Zhao XJ. 2016. Spatial relationship between *Empoasca vitis* and natural spider enemies. *Journal of Northwest A&F university (Natural science)*, 44(6): 99–110 (in Chinese) [刘飞飞, 柯胜兵, 王建盼, 毕守东, 周夏芝, 邹运鼎, 党凤花, 徐劲峰, 禹坤, 赵学娟. 2016. 假眼小绿叶蝉与捕食性天敌蜘蛛的空间关系研究. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 44(6): 99–110]
- Liu FF, Wang JP, Lin Y, Bi SD, Zhou XZ, Zou YD, Leng P, Hua YQ, Jiang JY, Li X. 2014. A comparison of the dominant species of predator natural enemies of the major pests in the Huangshan large leaf tea gardens in different seasons. *Journal of South China Agricultural University*, 35(6): 67–73 (in Chinese) [刘飞飞, 王建盼, 林源, 毕守东, 周夏芝, 邹运鼎, 冷鹏, 华余琴, 蒋筠雅, 李霞. 2014. 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. *华南农业大学学报*, 35(6): 67–73]
- Wang YJ, Xie ZL, Pang XF. 2008. Studies on the ecological niche of *Empoasca vitis* (Göthe) and spiders in tea gardens. *Journal of tea science*, 28(6): 401–406 (in Chinese) [王沅江, 谢振伦, 庞雄飞. 2008. 假眼小绿叶蝉及天敌蜘蛛生态位的研究. *茶叶科学*, 28(6): 401–406]
- Xie ZL. 1996. The observation of three kinds of spiders of the tea garden on the feeding amount of *Empoasca vitis*. *Journal of Guangdong Tea*, (2): 32–34 (in Chinese) [谢振伦. 1996. 茶园三种蜘蛛对假眼小绿叶蝉捕食量的观察. *广东茶叶*, (2): 32–34]
- Yu Y, Wang ZX, Li S, Bi SD, Zhou XZ, Zou YD, Wang JP, Lang K. 2018. Degree of close spatial following relationship between four insect pests and their natural enemies studied in a span of two years about “Wuniuzao” tea garden. *Acta Ecologica Sinica*, 38(13): 4817–4833 (in Chinese) [余燕, 王振兴, 李尚, 毕守东, 周夏芝, 邹运鼎, 王建盼, 郎坤. 2018. 天敌对乌牛早茶园4种害虫空间跟随关系密切程度的年度差异. *生态学报*, 38(13): 4817–4833]
- Zhang HH, Tan JC. 2004. Chinese tea tree pests and pollution-free treatment. Hefei: Anhui Science and Technology Press, pp. 49–81 (in Chinese) [张汉鹄, 谭济才. 2004. 中国茶树害虫及其无公害治理. 合肥: 安徽科学技术出版社, pp. 49–81]
- Zhang JW. 1991. The number of *Empoasca vitis* (Göthe) and their main natural enemies decreased. *Tea Communication*, (4): 19–21 (in Chinese) [张觉晚. 1991. 假眼小绿叶蝉及其主要天敌类群数量消长. *茶叶通讯*, (4): 19–21]
- Zhang JW. 1993. Dominant species and dominant species of tea garden spiders that prey on Cicadellidae. *Tea Communication*, (1): 17–19 (in Chinese) [张觉晚. 1993. 捕食叶蝉的茶园蜘蛛优势类群及其优势种. *茶叶通讯*, (1): 17–19]
- Zhang JW, Wang YJ. 1992. Control effect of dominant species of spider on *Empoasca vitis* in tea garden. *Tea Communication*, (3): 8–10 (in Chinese) [张觉晚, 王沅江. 1992. 茶园蜘蛛优势种天敌对假眼小绿叶蝉的控制效应. *茶叶通讯*, (3): 8–10]
- Zhou XZ, Bi SD, Huang B, Ke SB, Zou YD, Shi XL, Ke L, Yang L, Guo H, Lin Y. 2013. Spatial relationships among main natural enemies and four insect pests in tea plantations. *Journal of South China Agricultural University*, 34(4): 489–498 (in Chinese) [周夏芝, 毕守东, 黄勃, 柯胜兵, 邹运鼎, 施晓丽, 柯磊, 杨林, 郭骅, 林源. 2013. 茶园主要天敌对4种害虫的空间跟随关系. *华南农业大学学报*, 34(4): 489–498]
- Zou YD. 1997. The evaluation theory and application of natural enemies in pest management. Beijing: China Forestry Press, pp. 146–150 (in Chinese) [邹运鼎. 1997. 害虫管理中的天敌评价理论与应用. 北京: 中国林业出版社, pp. 146–150]
- Zou YD, Wang HF. 1989. Agro forestry insect ecology. Hefei: Anhui Science and Technology Press, pp. 311–326 (in Chinese) [邹运鼎, 王弘法. 1989. 农林昆虫生态学. 合肥: 安徽科学技术出版社, pp. 311–326]

(责任编辑: 王 璇)