

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

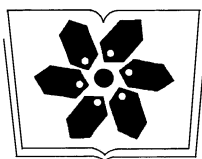
(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 22 期
Vol.30 No.22
2010



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 30 卷 第 22 期

2010 年 11 月 (半月刊)

目次

高温对水稻叶片蛋白质表达的影响·····	曹云英,段 骅,王志琴,等 (6009)
茶园间作柑桔杨梅或吊瓜对叶蝉及蜘蛛类群数量和空间格局的影响·····	叶火香,崔 林,何迅民,等 (6019)
鼠尾藻生长与生殖的权衡·····	张树宝,唐永政,王志芳,等 (6027)
不同氮素水平下超高产夏玉米冠层的高光谱特征·····	陈国庆,齐文增,李 振,等 (6035)
近 100 年植被破坏侵蚀环境下土壤质量退化过程的定量评价 ·····	郑粉莉,张 锋,王 彬 (6044)
毛乌素沙地南缘沙漠化临界区域土壤养分的空间异质性·····	邱开阳,谢应忠,许冬梅,等 (6052)
CO ₂ 浓度倍增对干旱胁迫下黄瓜幼苗膜脂过氧化及抗氧化系统的影响 ·····	李清明,刘彬彬,艾希珍 (6063)
小兴安岭阔叶红松林粗木质残体空间分布的点格局分析·····	刘妍妍,金光泽 (6072)
光照对鄂东南 2 种落叶阔叶树种幼苗生长、光合特性和生物量分配的影响 ·····	杨 莹,王传华,刘艳红 (6082)
不同耕作和覆盖方式对紫色丘陵区坡耕地水土及养分流失的影响·····	林超文,罗春燕,庞良玉,等 (6091)
黄土残塬沟壑区流域次生植被物种分布的地形响应·····	王盛萍,张志强,张建军,等 (6102)
农村土地经营权流转对区域景观的影响——以北京市昌平区为例·····	刘 同,李 红,孙丹峰,等 (6113)
基于农户响应的北方农牧交错带生态改善策略·····	徐建英,柳文华,常 静,等 (6126)
滨岸不同植物配置模式的根系空间分布特征·····	仲启铖,杜 钦,张 超,等 (6135)
三江平原小叶章湿地剖面土壤微生物活性特征·····	杨桂生,宋长春,宋艳宇,等 (6146)
不同水分处理对湿地松幼苗生长与根部次生代谢物含量的影响·····	李昌晓,魏 虹,吕 茜,等 (6154)
生活污水慢渗生态处理对土壤及杨树生长的影响·····	白保勋,杨海青,樊 巍,等 (6163)
玉米连作及其施肥对土壤微生物群落功能多样性的影响·····	时 鹏,高 强,王淑平,等 (6173)
茶园 4 种半翅目主要害虫与其捕食性天敌的关系·····	周夏芝,毕守东,柯胜兵,等 (6183)
采煤塌陷地不同施肥处理对土壤微生物群落结构的影响·····	李金岚,洪坚平,谢英荷,等 (6193)
典型区域果园表层土壤 5 种重金属累积特征·····	杨世琦,刘国强,张爱平,等 (6201)
工业园区氮代谢——以江苏宜兴经济开发区为例·····	武娟妮,石 磊 (6208)
公路绿化带对路旁土壤重金属污染格局的影响及防护效应——以山西省主要公路为例·····	王 慧,郭晋平,张芸香,等 (6218)
奥运期间北京 PM _{2.5} 、NO _x 、CO 的动态特征及影响因素 ·····	曾 静,廖晓兰,任玉芬,等 (6227)
新疆绿洲农田土壤-棉花系统 9 种矿质元素生物循环特征 ·····	韩春丽,刘 娟,张旺锋,等 (6234)
甘肃省黄土高原旱作玉米水分适宜性评估·····	姚小英,蒲金涌,姚茹莘,等 (6242)
基于粪便 DNA 的马鹿种群数量和性比 ·····	田新民,张明海 (6249)
专论与综述	
水生态功能分区研究中的基本问题·····	唐 涛,蔡庆华 (6255)
土壤水分遥感监测研究进展·····	杨 涛,官辉力,李小娟,等 (6264)
中国北方气候暖干化对粮食作物的影响及应对措施·····	邓振镛,王 强,张 强,等 (6278)
问题讨论	
城市物质流分析框架及其指标体系构建·····	陈 波,杨建新,石 焱,等 (6289)
研究简报	
湖南会同不同退耕还林模式初期碳密度、碳贮量及其空间分布特征 ·····	田大伦,尹刚强,方 晰,等 (6297)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 300 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 32 * 2010-11

茶园 4 种半翅目主要害虫与其捕食性天敌的关系

周夏芝¹, 毕守东^{1,*}, 柯胜兵¹, 党凤花¹, 邹运鼎¹, 徐劲峰², 禹坤¹, 赵学娟¹

(1. 安徽农业大学, 合肥 230036; 2. 安庆市潜山县植保植检站, 安徽潜山 246300)

摘要: 为了科学施药, 合理利用和保护天敌进行假眼小绿叶蝉、通草粉虱、黑刺粉虱和茶蚜的综合防治, 用灰色系统分析方法, 生态位分析方法和空间格局聚集强度指标分析方法对潜山县茶园 4 种半翅目主要害虫与其捕食性天敌在数量、时间、空间格局等方面进行分析, 评判出害虫的主要天敌, 与假眼小绿叶蝉数量上跟随关系密切的天敌是三突花蟹蛛、斑管巢蛛、鞍型花蟹蛛、茶色新圆蛛和八点球腹蛛; 时间上是三突花蟹蛛、斑管巢蛛、鞍型花蟹蛛、八点球腹蛛和茶色新圆蛛; 空间上是三突花蟹蛛、斑管巢蛛、草间小黑蛛、八点球腹蛛和茶色新圆蛛; 把与假眼小绿叶蝉在数、时、空方面参数大小的序号积加, 和最小的即是第一位天敌, 其综合排序得出假眼小绿叶蝉的主要捕食性天敌依次是三突花蟹蛛、斑管巢蛛、八点球腹蛛、茶色新圆蛛和鞍型花蟹蛛。与通草粉虱数量上跟随关系密切的天敌是锥腹肖蛸、日本球腹蛛、草间小黑蛛、龟纹瓢虫和八点球腹蛛; 时间上是龟纹瓢虫、锥腹肖蛸、草间小黑蛛、八点球腹蛛和日本球腹蛛; 空间上是八点球腹蛛、草间小黑蛛、龟纹瓢虫、异色瓢虫和三突花蟹蛛; 把与通草粉虱在数、时、空方面参数大小的序号积加, 综合排序得出通草粉虱的是龟纹瓢虫、草间小黑蛛、八点球腹蛛、锥腹肖蛸和异色瓢虫。与黑刺粉虱数量上跟随关系密切的天敌是草间小黑蛛、锥腹肖蛸、八点球腹蛛、异色瓢虫和鞍型花蟹蛛; 时间上是草间小黑蛛、八点球腹蛛、锥腹肖蛸、异色瓢虫和斑管巢蛛; 空间上是八点球腹蛛、草间小黑蛛、异色瓢虫、锥腹肖蛸和龟纹瓢虫; 把与黑刺粉虱在数、时、空方面参数大小的序号积加, 综合排序得出黑刺粉虱的是八点球腹蛛、草间小黑蛛、锥腹肖蛸、异色瓢虫和斑管巢蛛。与茶蚜数量上跟随关系密切的天敌是异色瓢虫、日本球腹蛛、草间小黑蛛、鞍型花蟹蛛和八点球腹蛛; 时间上是日本球腹蛛、草间小黑蛛、鞍型花蟹蛛和茶色新圆蛛; 空间上是异色瓢虫、草间小黑蛛、八点球腹蛛、茶色新圆蛛和鞍型花蟹蛛; 把与茶蚜在数、时、空方面参数大小的序号积加, 综合排序得出茶蚜的是异色瓢虫、日本球腹蛛、草间小黑蛛、鞍型花蟹蛛和茶色新圆蛛。4 种害虫种群聚集均数 λ 均大于 2, 其聚集是害虫本身原因造成的, 天敌的种群聚集均数 λ 均小于 2, 其聚集是环境因子所致。

关键词: 茶园; 半翅目害虫; 捕食性天敌; 种群动态; 数学分析

Relationships among four major insect pests of Hemiptera and their predatory natural enemies in tea garden

ZHOU Xiazhi¹, BI Shoudong^{1,*}, KE Shengbing¹, DANG Fenghua¹, ZOU Yunding¹, XU Jinfeng², YU Kun¹, ZHAO Xuejuan¹

¹ Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China

² Plant Protection Station of Qianshan, Anqing 246300, China

Abstract: At present, the major insect pests of Hemiptera in tea gardens are *Empoasca vitis*, *Dialeurodes citri*, *Aleurocanthus spiniferus* and *Taxopetera aurantii*. To scientifically utilize and conserve enemies for integrated control of insect pests of tea, in the present work, the quantity as well as temporal and spatial patterns of the four major pests of tea and their natural enemies in Qianshan area, Anhui province were systematically studied using grey system analysis, ecological niche analysis and aggregated-intensity index analysis of spatial patterns. The results showed that the orders of the closely followed natural enemies of *Empoasca vitis* were *Misumenops tricuspidatus*, *Clubiona reichin*, *Xysticus ephippiatus*, *Neoscona theisi* and *Theridion octomaculatum* in quantity, *Misumenops tricuspidatus*, *Clubiona reichini*, *Xysticus ephippiatus*, *Theridion octomaculatum* and *Neoscona theisi* in time, as well as *Misumenops tricuspidatus*, *Clubiona reichin*, *Erigonidium*

基金项目: 国家自然科学基金项目(30871444); 安徽省教育厅重点项目(KJ2008A139)

收稿日期: 2010-03-21; **修订日期:** 2010-07-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: bishoudong@163.com

graminiculum, *Theridion octomaculatum* and *Neoscona theisi* in space, respectively. The synthetic ranking results indicated the orders of main natural enemies of *Empoasca vitis* were *Misumenops tricuspidatus*, *Clubiona reichini*, *Theridion octomaculatum*, *Neoscona theisi* and *Xysticus ephippiatus*. For *Dialeurodes citri*, the orders of its closely followed natural enemies were, respectively, *Tetragnatha maxillosa*, *Enoplognatha japonica*, *Erigonidium graminiculum*, *Propylaea japonica* and *Theridion octomaculatum* in quantity, *Propylaea japonica*, *Tetragnatha maxillosa*, *Erigonidium graminiculum*, *Theridion octomaculatum* and *Enoplognatha japonica* in time, and *Theridion octomaculatum*, *Erigonidium graminiculum*, *Propylaea japonica*, *Harmonia axyridis* and *Misumenops tricuspidatus* in space. And the synthetic ranking results demonstrated that the orders of main natural enemies of *Dialeurodes citri* were *Propylaea japonica*, *Erigonidium graminiculum*, *Theridion octomaculatum*, *Tetragnatha maxillosa* and *Harmonia axyridis*. The further analysis showed that the orders of the closely followed natural enemies of *Aleurocanthus spiniferus* were, respectively, *Erigonidium graminiculum*, *Tetragnatha maxillosa*, *Theridion octomaculatum*, *Harmonia axyridis* and *Xysticus ephippiatus* in quantity, *Erigonidium graminiculum*, *Theridion octomaculatum*, *Tetragnatha maxillosa*, *Harmonia axyridis* and *Clubiona reichini* in time, and *Theridion octomaculatum*, *Erigonidium graminiculum*, *Harmonia axyridis*, *Tetragnatha maxillosa* and *Propylaea japonica* in space. Whilst the synthetic ranking results revealed that the orders of main natural enemies of *Aleurocanthus spiniferus* were *Theridion octomaculatum*, *Erigonidium graminiculum*, *Tetragnatha maxillosa*, *Harmonia axyridis* and *Clubiona reichini*. Whereas compared to the three insect pests above, the orders of the closely followed natural enemies of *Taxopetara aurantii* were, respectively, *Harmonia axyridis*, *Enoplognatha japonica*, *Erigonidium graminiculum*, *Xysticus ephippiatus* and *Theridion octomaculatum* in quantity, *Enoplognatha japonica*, *Erigonidium graminiculum*, *Xysticus ephippiatus* and *Neoscona theisi* in time, and *Harmonia axyridis*, *Erigonidium graminiculum*, *Theridion octomaculatum*, *Neoscona theisi* and *Xysticus ephippiatus* in space. And the synthetic ranking results displayed that the orders of main natural enemies of *Taxopetara aurantii* were *Harmonia axyridis*, *Enoplognatha japonica*, *Erigonidium graminiculum*, *Xysticus ephippiatus* and *Neoscona theisi*. In addition, our findings showed that the λ values of gathering average of all four insect pests, i. e. *Empoasca vitis*, *Dialeurodes citri*, *Aleurocanthus spiniferus* and *Taxopetara aurantii*, were greater than two, indicating that the aggregation of insect pest was caused by themselves, while the λ values of gathering average of natural enemies were less than two, implying that the aggregation of natural enemies was caused by different environmental factors. These above results may provide an important foundation for further protecting natural enemies and optimizing control strategies of the four major insect pests in tea gardens.

Key Words: tea garden; insect pests of hemiptera; predatory enemy; population dynamics; mathematical analysis

茶树害虫是影响茶叶产量和品质的主要因子之一,天敌是影响茶树害虫种群消长的重要生态因子,茶树害虫与天敌之间在长期协同进化过程中形成了一种互相制约互相依存的关系。半翅目害虫是茶树害虫的重要类群,刺吸叶片液汁,严重影响茶叶的品质和质量,主要害虫假眼小绿叶蝉(*Empoasca vitis*)发生规律及其天敌的种类有大量报道^[1-2],通草粉虱(*Dialeurodes citri*)种群生命表研究证明天敌的捕食作用对其1龄至3龄若虫数量的影响是显著的^[3]。黑刺粉虱(*Aleurocanthus spiniferus*)天敌有20种蜘蛛和27种捕食性天敌昆虫^[4]。刀角瓢虫(*Serangium Japonicum*)、龟纹瓢虫(*Propylaea japonica*)、红点唇瓢虫(*Chilocorus kuwanae*)、异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)和小毛瓢虫(*Scymnus* sp.)是茶蚜(*Taxopetara aurantii*)的天敌^[5],对茶蚜蜜露具有较强的搜索行为^[5-7],茶蚜在茶树不同部位的刺探行为及体表漂洗物对天敌的引诱活性及组分均有研究报道^[8-9]。合理保护和利用天敌是持续控制害虫危害以及减少茶叶和环境污染的重要措施,因此在综合防治时,首先必须明确主要天敌的种类。上述4种半翅目主要害虫与其天敌之间的关系的系统研究未见报道,为此,研究4种害虫与其天敌的种群动态,从发生数量、时间及空间的关系上评判出4种害虫的主要天敌,其结果可为4种害虫的生物防治提供科学依据,并丰富了昆虫生态学内容。

1 材料与方法

1.1 供试茶园概况

安徽省潜山县园艺茶场(30°41'N, 116°34'E), 属小平原, 面积 25.3 hm², 海拔 46m。为单作茶园, 茶树品种为 8a 生天柱山群体种, 行距 1.7m。茶园管理水平精细, 茶树生长茂密, 试验区茶园一直不施用化学农药。

1.2 调查方法

采用平行跳跃法。随机取 10 行, 每行间隔 2m 取一个 1m 长的样方, 共取 104 个样方, 盆拍前, 先目测, 尔后每样方随机选取 10 片叶片, 调查一些不易振落的害虫和天敌种类, 然后用洗衣粉水液粘虫对样方中所有枝条进行盆拍, 调查记载害虫及其天敌物种数和个体数。

1.3 调查时间

调查时间为 2009 年 4 月 15 日至 10 月 28 日, 15—20d 调查 1 次, 共查 11 次。

1.4 数学分析方法

1.4.1 4 种害虫与其天敌数量关系的灰色系统分析^[10]

将 4 种害虫数量 Y_i 及其天敌数量 X_j 分别看作一个本征性灰系统, 假眼小绿叶蝉 (Y_1)、通草粉虱 (Y_2)、黑刺粉虱 (Y_3) 和茶蚜 (Y_4) 数量分别作为该系统的参照序列。不同时点上的小绿叶蝉 (或通草粉虱、黑刺粉虱和茶蚜) 数量作为 Y_i (或 Y_2 、 Y_3 和 Y_4) 与 X_j 在第 k 点上的效果白化值, 进行双序列关系分析:

$$Y_i = \{Y_i(1), Y_i(2), \dots, Y_i(n)\}, i=1, \dots, 4; X_j = \{X_j(1), X_j(2), \dots, X_j(n)\} j=1, 2, \dots, M$$

经数据均值化后得:

$$y_i = \{y_i(1), y_i(2), \dots, y_i(n)\} i=1, \dots, 4; x_j = \{x_j(1), x_j(2), \dots, x_j(n)\} j=1, 2, \dots, M$$

Y_i 与 X_j 在第 k 点上的关联系数:

$$r_{ij}(k) = [\min \min |y_i(k) - x_j(k)| + \rho \max \max |y_i(k) - x_j(k)|] / [y_i(k) - x_j(k) + \rho \max \max |y_i(k) - x_j(k)|], k=1, 2, \dots, n$$

式中, ρ 为分辨系数, 取值区间 $[0-1]$, 一般取 $\rho=0.5$, 为扩大各关联度之间的差异, 本文取 $\rho=0.8$ 。 $\Delta_{ij}(k) = y_i(k) - x_j(k)$ 为 y_i 与 x_j 序列在第 k 点上的绝对值差; $\min |y_i(k) - x_j(k)|$ 为 1 级最小值, 表示找出 y_i 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。 $R(Y_i, X_j) = 1/n \sum r_{ij}(k)$ 即为第 j 种天敌 (X_j) 与假眼小绿叶蝉数量 (Y_1)、通草粉虱 (Y_2)、黑刺粉虱 (Y_3) 和茶蚜 (Y_4) 的关联度, 其大小反映 X_j 对 Y_i 的联系或影响程度。关联度值越大, 表明两者在数量上关系越密切。

1.4.2 4 种害虫与其天敌空间关系的生态位分析

生态位宽度用 Levins^[11] 的生态位宽度指数 (B) 公式: $B = 1/(S \sum P_i^2)$, 式中 B 为物种的生态位宽度; P_i 为物种利用第 i 等级资源占利用总资源的比例; S 为资源系列的等级数。

生态位相似性比例采用 Morisita 相似性系数 (C_{jk}) 公式^[12]:

$$C_{jk} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{ij} P_{ik}}{\sum_{i=1}^n P_{ij} [(n_{ij} - 1)/(N_j - 1)] + \sum_{i=1}^n P_{ik} [(n_{ik} - 1)/(N_k - 1)]}$$

式中, P_{ij} , P_{ik} 分别表示种 j, k 在第 i 个资源等级上可占的比例, n_{ik} 是 K 物种在 i 营养级上的数量, n_{ij} 是 j 物种在 i 营养级上的数量。 N_j , N_k 分别表示 j 物种和 K 物种的个体数量之和。两物种生态位相似性系数越大, 表明两物种在利用某种类资源 (如空间) 上关系越密切。

生态位重叠采用 Levins^[11] 生态位宽度的生态位重叠指数 (L_{ij}) 公式:

$$L_{ij} = B_i \sum_{i=1}^n P_{ih} \cdot P_{jh}$$

式中, L_{ij} 为种*i*对种*j*的生态位重叠, P_{ih} 和 P_{jh} 为每个物种在资源序列的第*h*单位上的比例, B_i 为种*i*的生态位宽度,两者重叠指数越大,表明两物种在利用某种资源(如时间)上关系越密切。

1.4.3 4种害虫和天敌的空间格局及其差异和原因分析^[12]

分别采用 Poisson 扩散系数 C 、David 等丛生指标数 I 、聚块性指数 I_w 和久野指数 C_A 4 种聚集强度指数综合分析测定假眼小绿叶蝉、通草粉虱、黑刺粉虱和茶蚜与其天敌的空间格局。为了判断 4 种害虫与其天敌空间聚集程度的差异,用 David 和 Moore^[13] 提出的 $|w|$ 公式, $|w| = -\frac{1}{2} \ln \left(\frac{S_1^2/\bar{x}_1}{S_2^2/\bar{x}_2} \right)$, $S_1^2, S_2^2, \bar{x}_1, \bar{x}_2$ 分别为害虫与天敌两种群的方差和均数,若 $|w| > 2.5 \sqrt{n-1}$, 则按 5% 水平认为两者显著不同。用 Arbous 和 Kerrich^[14] 提出的种群聚集均数(λ)公式, $\lambda = \frac{\bar{x}}{2k} \cdot v$, 分析 4 种害虫及其主要天敌的聚集原因,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。

2 结果与分析

调查结果表明,茶园共有 52 种害虫和 37 种捕食性天敌,主要半翅目害虫是假眼小绿叶蝉、通草粉虱、黑刺粉虱和茶蚜;主要捕食性天敌有草间小黑蛛 (*Erigonidium graminicolum*)、八点球腹蛛 (*Theridion octomaculatum*)、锥腹肖蛸 (*Tetragnatha maxillosa*)、鞍型花蟹蛛 (*Xysticus ephippiatus*)、日本球腹蛛 (*Enoplognatha japonica*)、茶色新圆蛛 (*Neoscona theisi*)、三突花蟹蛛 (*Misumenops tricuspidatus*)、斑管巢蛛 (*Clubiona reichini*)、异色瓢虫、龟纹瓢虫和红点唇瓢虫,结果列于表 1,可看出 4 月中旬除黑刺粉虱外,害虫和天敌的数量均较少,5 月中旬害虫和天敌的数量快速增加,9 月中旬又急剧下降。

表 1 茶园主要害虫与其天敌的种群数量动态(头/104 样方)

Table 1 Dynamics of the amount of main pests and their natural enemies in tea garden (head/104 plots)

物种 Species	时间(日期)time(date)												$\bar{x} + S_{\bar{x}}$
	04-15	04-29	05-19	06-06	06-22	07-13	08-03	08-20	09-07	09-25	10-28	Σ	
Y_1	866	16	9	37	141	593	313	1346	3068	1912	3236	12080	1098.18 ± 347.81
Y_2	10	223	0	861	1097	220	100	4	43	0	1	2559	232.64 ± 115.19
Y_3	936	1222	1354	1179	1626	859	1085	550	428	109	230	9578	870.73 ± 146.55
Y_4	31	89	677	13	5	6	4	110	0	4	9	948	86.18 ± 60.15
X_1	11	56	132	86	104	120	96	45	44	13	9	716	65.09 ± 13.52
X_2	125	90	33	105	141	167	89	27	117	45	59	998	90.73 ± 13.79
X_3	65	58	18	42	100	122	48	15	9	3	6	486	44.18 ± 11.96
X_4	19	22	40	20	11	0	7	0	20	1	56	196	17.82 ± 5.27
X_5	2	0	80	55	18	58	2	0	0	3	2	220	20.00 ± 8.91
X_6	2	11	16	10	29	84	35	40	30	31	11	299	27.18 ± 6.78
X_7	6	8	1	11	16	26	106	207	173	110	19	683	62.09 ± 22.41
X_8	39	43	20	24	41	63	134	112	59	83	67	685	62.27 ± 10.74
X_9	1	1	174	55	56	41	12	67	24	3	11	445	40.45 ± 15.21
X_{10}	1	0	7	42	54	2	1	39	37	3	12	198	18.00 ± 6.19
X_{11}	0	0	1	5	8	20	43	28	34	20	23	182	16.55 ± 4.47

Y_1 假眼小绿叶蝉 *Empoasca vitis*; Y_2 通草粉虱 *Dialeurodes citri*; Y_3 黑刺粉虱 *Aleurocanthus spiniferus*; Y_4 茶蚜 *Taxopetara aurantii*; X_1 草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum*; X_2 八点球腹蛛 *Theridion octomaculatum*; X_3 锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa*; X_4 鞍型花蟹蛛 *Xysticus ephippiatus*; X_5 日本球腹蛛 *Enoplognatha japonica*; X_6 茶色新圆蛛 *Neoscona theisi*; X_7 三突花蟹蛛 *Misumenops tricuspidatus*; X_8 斑管巢蛛 *Clubiona reichini*; X_9 异色瓢虫 *Harmonia axyridis*; X_{10} 龟纹瓢虫 *Propylaea japonica*; X_{11} 红点唇瓢虫 *Chilocorus kuwanae*

2.1 4种半翅目害虫与其天敌之间的数量关系

4 种害虫与其天敌之间的关联度列于表 2,两者之间关联度系数越大,表示害虫与其天敌数量上关系越密切,即在数量上天敌对害虫的跟随关系越明显。与 4 种害虫数量上跟随关系密切的主要天敌,假眼小绿叶蝉

的是三突花蟹蛛(0.8512)、斑管巢蛛(0.8083)、鞍型花蟹蛛(0.7803)、茶色新圆蛛(0.7700)、和八点球腹蛛(0.7422);通草粉虱的是锥腹肖蛸(0.8221)、日本球腹蛛(0.8143)、草间小黑蛛(0.8103)、龟纹瓢虫(0.8071)和八点球腹蛛(0.8018);黑刺粉虱的是草间小黑蛛(0.8812)、锥腹肖蛸(0.8533)、八点球腹蛛(0.8321)、异色瓢虫(0.8104)和鞍型花蟹蛛(0.7881);茶蚜的是异色瓢虫(0.8893)、日本球腹蛛(0.8636)、草间小黑蛛(0.8616)、鞍型花蟹蛛(0.8606)和八点球腹蛛(0.8497)。

表 2 4 种害虫与其天敌数量的关联度

Table 2 Correlation degree of the amount of four insect pests and their natural enemies

害虫 Pests	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
Y_1	0.6991	0.7422	0.6972	0.7803	0.6855	0.7700	0.8512	0.8083			
Y_2	0.8103	0.8018	0.8221	0.7680	0.8143	0.7563	0.7303	0.7579	0.7999	0.8071	0.7350
Y_3	0.8812	0.8321	0.8533	0.7881	0.7165	0.7459	0.1688	0.7466	0.8104	0.7058	0.6722
Y_4	0.8616	0.8348	0.8418	0.8606	0.8636	0.8453	0.8352	0.8497	0.8893	0.8379	0.8259

2.2 茶园 4 种害虫与其天敌在时间上的关系

2.2.1 4 种害虫与其天敌之间时间生态位重叠指数

将 4 种害虫与其天敌之间的时间生态位重叠指数列于表 3,两者之间时间生态位重叠指数越大,表明天敌与害虫之间在发生时间上的同步性越高,即天敌对害虫在时间上的跟随关系越密切。与 4 种害虫时间生态位重叠指数大的前 5 位的天敌,假眼小绿叶蝉的是三突花蟹蛛(0.7173)、斑管巢蛛(0.6652)、鞍型花蟹蛛(0.6228)、八点球腹蛛(0.5431)和茶色新圆蛛(0.5140);通草粉虱的是龟纹瓢虫(0.7729)、锥腹肖蛸(0.6926)、八点球腹蛛(0.6629)、草间小黑蛛(0.6450)和日本球腹蛛(0.4875);黑刺粉虱的是草间小黑蛛(0.9257)、八点球腹蛛(0.8681)、锥腹肖蛸(0.8539)、异色瓢虫(0.7212)和日本球腹蛛(0.6857);茶蚜的是异色瓢虫(0.8780)、日本球腹蛛(0.6982)、草间小黑蛛(0.5734)、鞍型花蟹蛛(0.5535)和茶色新圆珠(0.2203)。

表 3 4 种害虫与其天敌之间的时间生态位重叠指数

Table 3 Temporal niche overlap index of four insect pests and their natural enemies

害虫 Pests	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
Y_1	0.2847	0.5431	0.2248	0.6228	0.0862	0.5140	0.7173	0.6652			
Y_2	0.6450	0.6629	0.6926	0.3103	0.4875	0.4030	0.1194	0.3141	0.4034	0.7729	0.2260
Y_3	0.9257	0.8681	0.8539	0.6399	0.6857	0.6570	0.3887	0.6781	0.7212	0.6617	0.5147
Y_4	0.5734	0.1813	0.1729	0.5535	0.6982	0.2203	0.1199	0.2082	0.8780	0.1658	0.0934

2.2.2 4 种害虫与其天敌之间时间生态位相似性系数

将茶园 4 种害虫与其天敌之间的时间生态位相似性系数列于表 4,两者之间时间生态位相似性系数越大,表明天敌与害虫之间在发生时间上越一致,即天敌对害虫在时间上跟随关系越密切。与 4 种害虫时间生态位相似性系数大的前 5 位的天敌,假眼小绿叶蝉的是三突花蟹蛛(0.7194)、斑管巢蛛(0.6425)、鞍型花蟹蛛(0.6271)八点球腹蛛(0.5200)和茶色新圆蛛(0.5109);通草粉虱的是龟纹瓢虫(0.7594)、锥腹肖蛸(0.6563)、草间小黑蛛(0.5892)、八点球腹蛛(0.5852)和日本球腹蛛(0.4892);黑刺粉虱的是草间小黑蛛(0.9293)、八点球腹蛛(0.8717)、锥腹肖蛸(0.8500)、异色瓢虫(0.6905)和斑管巢蛛(0.6821);茶蚜的是异色瓢虫(0.8037)、日本球腹蛛(0.6655)、鞍型花蟹蛛(0.4800)、草间小黑蛛(0.4593)和茶色新圆珠(0.1834)。

综合分析天敌与害虫时间上的关系,对与害虫的时间生态位重叠指数和相似性系数大小的天敌按序号积加进行综合排序,序号之和最小的即表示与害虫时间上跟随关系密切的第一位天敌,结果是在时间上与害虫跟随关系密切的天敌,假眼小绿叶蝉的是三突花蟹蛛、斑管巢蛛、鞍型花蟹蛛、八点球腹蛛和茶色新圆蛛;通草

粉虱的是龟纹瓢虫、锥腹肖蛛、草间小黑蛛、八点球腹蛛和日本球腹蛛;黑刺粉虱的是草间小黑蛛、八点球腹蛛、锥腹锥腹肖蛸、异色瓢虫和斑管巢蛛;茶蚜的是异色瓢虫、日本球腹蛛、草间小黑蛛、鞍型花蟹蛛和茶色新圆珠。

表 4 4 种害虫与其天敌之间的时间生态位相似性比例

Table 4 Proportional similarity of temporal niche of four insect pests and their natural enemies

害虫 Pests	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
Y_1	0.2783	0.5200	0.2238	0.6271	0.0860	0.5109	0.7194	0.6425			
Y_2	0.5892	0.5852	0.6563	0.2992	0.4892	0.3785	0.1173	0.2809	0.3986	0.7594	0.2154
Y_3	0.9293	0.8717	0.8500	0.6382	0.6344	0.6599	0.3741	0.6821	0.6905	0.6476	0.5180
Y_4	0.4593	0.1385	0.1464	0.4800	0.6655	0.1834	0.1086	0.1618	0.8037	0.1490	0.0794

2.3 4 种害虫与其天敌在空间上的关系

高峰日天敌与害虫之间的空间关系可以较为准确地反映天敌在空间上对害虫跟随关系的密切程度,9月7日是小绿叶蝉高峰日,6月22日是通草粉虱和黑刺粉虱的高峰日,5月19日是茶蚜高峰日,与其天敌之间的空间关系用生态位分析法进行分析。

2.3.1 害虫与其天敌的空间生态位重叠指数

将4种害虫与其天敌之间的空间生态位重叠指数列于表5,两者之间空间生态位重叠指数越大,表明天敌与害虫之间在空间上的同域性越大,即天敌对害虫在空间上的跟随关系越密切。与4种害虫空间生态位重叠指数大的前5位天敌,假眼小绿叶蝉的是鞍型花蟹蛛(0.6565)、斑管巢蛛(0.5698)、草间小黑蛛(0.4731)、八点球腹蛛(0.4342)、茶色新圆蛛(0.4071);通草粉虱的是八点球腹蛛(0.5200)、草间小黑蛛(0.4881)、龟纹瓢虫(0.4123)、异色瓢虫(0.3993)和锥腹肖蛸(0.3234);黑刺粉虱的是八点球腹蛛(0.7194)、草间小黑蛛(0.6554)、锥腹肖蛸(0.6037)、异色瓢虫(0.5837)和龟纹瓢虫(0.5486);茶蚜的是异色瓢虫(0.6074)、草间小黑蛛(0.5067)、日本球腹蛛(0.4457)、茶色新圆蛛(0.3738)和八点球腹蛛(0.3698)。

表 5 4 种害虫与其天敌之间的空间生态位重叠指数

Table 5 Spatial niche overlap index of four insect pests and their natural enemies

害虫 Pests	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
Y_1	0.4731	0.4342	0.3171	0.2141	0	0.4071	0.6565	0.5698			
Y_2	0.4881	0.5200	0.3234	0.1252	0.1941	0.2798	0.2800	0.2346	0.3993	0.4123	0.1135
Y_3	0.6554	0.7194	0.6037	0.2605	0.2879	0.4309	0.4265	0.4612	0.5837	0.5486	0.2068
Y_4	0.5067	0.3698	0.2947	0.3697	0.4457	0.3738	0.0214	0.3237	0.6074	0.2916	0.0429

2.3.2 4 种害虫与其天敌的空间生态位相似性比例

将4种害虫与其天敌之间生态位相似性系数列于表6,两者之间空间生态位相似性系数越大,天敌与害虫之间空间上同域性越大,即天敌对害虫在空间上的跟随关系越密切。与4种害虫空间生态位相似性系数大的前5位天敌是,假眼小绿叶蝉的是斑管巢蛛(0.9444)、三突花蟹蛛(0.7639)、茶色新圆蛛(0.7061)、草间小黑蛛(0.6387)和八点球腹蛛(0.4391);通草粉虱的是三突花蟹蛛(0.8624)、龟纹瓢虫(0.6224)、草间小黑蛛(0.6114)、八点球腹蛛(0.6106)和异色瓢虫(0.6034);黑刺粉虱的是三突花蟹蛛(2.1850)、异色瓢虫(1.0302)、八点球腹蛛(0.9740)、茶色新圆蛛(0.9376)和龟纹瓢虫(0.9364);茶蚜的是龟纹瓢虫(1.7314)、茶色新圆蛛(1.0557)、锥腹肖蛸(0.8381)、八点球腹蛛(0.7874)和斑管巢蛛(0.7786)。

2.3.3 4 种害虫高峰日时天敌与害虫在 104 样方上空间关联度

将害虫高峰日天敌与害虫在104个样方上的空间关联度列于表7,两者关联度越大,表示天敌与害虫在空间上的关系越密切,亦即追随关系越密切。与4种害虫在104个样方上空间关联度大的前5位天敌,假眼

小绿叶蝉的是三突花蟹蛛(0.9491)、八点球腹蛛(0.9397)、斑管巢蛛(0.9308)、草间小黑蛛(0.9206)和茶色新圆蛛(0.9153);通草粉虱的是八点球腹蛛(0.9521)、草间小黑蛛(0.9462)、锥腹肖蛸(0.9430)、异色瓢虫(0.9430)和龟纹瓢虫(0.9339);黑刺粉虱的是八点球腹蛛(0.9662)、草间小黑蛛(0.9580)、锥腹肖蛸(0.9577)、异色瓢虫(0.9487)、和龟纹瓢虫(0.9435);茶蚜的是异色瓢虫(0.9894)、草间小黑蛛(0.9885)、日本球腹蛛(0.9855)、鞍型花蟹蛛(0.9841)和八点球腹蛛(0.9831)。

表 6 4 种害虫与其天敌之间的空间生态位相似性比例

Table 6 Proportional similarity of spatial niche of four insect pests and their natural enemies

害虫 Pests	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
Y_1	0.6387	0.4391	2.0316	0.1520	0	0.7061	0.7639	0.9444			
Y_2	0.6114	0.6106	0.4073	0.3030	0.3454	0.5308	0.8624	0.3802	0.6034	0.6224	0.2390
Y_3	0.8936	0.9740	0.8121	0.6247	0.4657	0.9376	2.1850	0.8155	1.0302	0.9364	0.3622
Y_4	0.6722	0.7874	0.8381	0.7783	0.6600	1.0557	0.3367	0.7786	0.7553	1.7314	0.6733

表 7 各样方高峰日害虫数量与其天敌空间关联度

Table 7 Spatial correlation degree of pests and their natural enemies in peak period of each plot

害虫 Pests	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
Y_1	0.9206	0.9397	0.9118	0.9125	0	0.9153	0.9491	0.9308			
Y_2	0.9462	0.9521	0.9430	0.9274	0.9313	0.9320	0.9321	0.9326	0.9430	0.9399	0.9305
Y_3	0.9580	0.9662	0.9577	0.9269	0.9264	0.9325	0.9290	0.9361	0.9487	0.9435	0.9289
Y_4	0.9885	0.9831	0.9808	0.9841	0.9855	0.9809	0.9829	0.9817	0.9894	0.9802	0.9830

综合分析天敌与害虫在空间上的关系对其与害虫空间生态位重叠指数、相似性系数和关联度的序号积加进行综合排序,序号之和最小的天敌即是与害虫在空间关系密切的天敌,在空间上跟随关系明显的天敌,假眼小绿叶蝉的是三突花蟹蛛、斑管巢蛛、草间小黑蛛、八点球腹蛛和茶色新圆蛛;通草粉虱的是八点球腹蛛、草间小黑蛛、龟纹瓢虫、异色瓢虫和三突花蟹蛛;黑刺粉虱的是八点球腹蛛、草间小黑蛛、异色瓢虫、锥腹肖蛸、和龟纹瓢虫;茶蚜的是异色瓢虫、草间小黑蛛、八点球腹蛛、茶色新圆蛛和鞍型花蟹蛛。

2.3.4 4 种害虫与其天敌在数、时、空上关系总的综合排序

将用灰色系统分析法和生态位分析法求得的害虫与其天敌在数量、空间和时间上关系参数大小的序号进行积加作总的综合排序,序号之和最小的即是与害虫在数、时、空方面跟随关系第一位的天敌,假眼小绿叶蝉主要天敌是三突花蟹蛛、斑管巢蛛、草间小黑蛛、茶色新圆蛛和鞍型花蟹蛛。通草粉虱主要天敌是龟纹瓢虫、草间小黑蛛、八点球腹蛛、锥腹肖蛸和异色瓢虫。黑刺粉虱主要天敌是八点球腹蛛、草间小黑蛛、锥腹肖蛸、异色瓢虫和斑管巢蛛。茶蚜主要天敌是异色瓢虫、日本球腹蛛、草间小黑蛛、鞍型花蟹蛛和茶色新圆蛛。

2.4 4 种害虫与其天敌的聚集程度及其差异和聚集原因

天敌与害虫在长期协同进化过程中获得了聚集分布的天敌能有效地攻击聚集分布的害虫的能力,为了分析 4 种害虫与其天敌之间空间格局聚集程度及其差异,将高峰日 4 种害虫及其各自的 5 种主要天敌的聚集程度及其差异分析结果列于表 8,假眼小绿叶蝉和 5 种天敌均为聚集格局。通草粉虱和黑刺粉虱均为聚集格局,其 5 种主要天敌 4 种天敌为聚集格局,只有异色瓢虫为随机格局,茶蚜为聚集格局,其 5 种天敌 4 种为聚集格局,只有茶色新圆蛛为随机格局。用 David 和 Moore 提出的 w 公式检验害虫与天敌空间格局聚集程度上的差异。由表 8 可看出,求得的 $|w|$ 的值均小于 25.3722 ($|w| = 2.5 \sqrt{n-1}, n=104$),表明 4 种害虫与其天敌之间的聚集程度差异不显著。Blakith^[15]曾提出种群聚集均数 λ 的大小可以判断聚集的原因,当 $\lambda < 2$ 时这种聚集是由于环境的影响而不是活动过程所造成的,当 $\lambda > 2$ 时,其聚集是由昆虫主动聚集或任何一种因素引起,由表 8 看出,4 种害虫的 λ 值均大于 2,说明其聚集是由害虫自身原因所致,天敌的 λ 值均小于 2,说明其聚集是环境中某一因子(包括害虫)引起的。

表 8 高峰日的 4 种害虫与其天敌的空间格局及其聚集程度差异

Table 8 Spatial pattern and aggregation intensity index of four insect pests and their natural enemies in peak period

时间 Time	物种 Species	I	I_w	C_A	C	K	$ w $	λ	分布类型 Distribution types
09-07	Y_1	5.3924	1.1554	0.1554	6.3924	6.4335		33.27	A
	X_2	2.4294	3.1595	2.1595	3.4294	0.4631	0.3113	0.5527	A
	X_4	1.8353	10.5441	9.5441	2.8353	0.1048	0.4065	0.4117	A
	X_6	0.1895	1.6567	0.6567	1.1895	1.5227	0.8408	0.2241	A
	X_7	1.0614	1.6381	0.6381	2.0614	1.5672	0.5658	1.2557	A
	X_8	0.0187	1.0329	0.0329	1.0187	30.3498	0.9183	0.4281	A
06-22	Y_2	1.6546	1.1569	0.1569	2.6546	6.3750		10.2089	A
	X_1	0.2817	1.2817	0.2817	1.2817	3.5505	0.3640	0.8942	A
	X_2	0.0015	1.0011	0.0011	1.0015	923.1153	0.4873	0.0441	A
	X_3	0.3716	1.3865	0.3865	1.3716	2.5872	0.3302	0.8083	A
	X_9	-0.0293	0.9456	-0.0544	0.9707	-18.3871	0.5030	-0.8786	B
	X_{10}	0.0464	1.0895	0.0895	1.0464	11.1780	0.4655	0.4956	A
06-22	Y_3	0.7910	1.0506	0.0506	1.7910	19.7665		19.7741	A
	X_1	0.2817	1.2817	0.2817	1.2817	3.5505	0.1673	0.8942	A
	X_2	0.0015	1.0011	0.0011	1.0015	923.1153	0.2906	0.0441	A
	X_3	0.3716	1.3865	0.3865	1.3716	2.5872	0.1333	0.8085	A
	X_9	-0.0293	0.9456	-0.0544	0.9707	-18.3871	0.3063	-0.8786	B
	X_{10}	0.0464	1.0895	0.0895	1.0464	11.1780	0.2687	0.4956	A
05-19	Y_4	5.4161	1.8320	0.8320	6.4161	1.2019		3.7534	A
	X_1	0.0132	1.0104	0.0104	1.0132	95.8850	0.9228	0.1985	A
	X_4	-0.1768	0.5403	-0.4597	0.8232	-2.1753	1.0267	-0.2968	B
	X_5	0.0913	1.1186	0.1186	1.0913	8.4283	0.8857	0.7456	A
	X_6	-0.0195	0.8732	-0.1268	0.9805	-7.8848	0.9392	-0.1496	B
	X_9	0.3398	1.2031	0.2031	1.3398	4.9239	0.7831	1.5868	A

A 聚集分布 Aggregated distribution; B 随机分布 Random distribution

3 小结与讨论

对茶树 4 种半翅目害虫与其天敌种群之间的关系用灰色系统分析法、生态位分析法和聚集强度分析法进行分析,分别从种群数量、发生时间、空间格局 3 个方面分别排序,然后进行积加综合排序,得出:假眼小绿叶蝉的主要天敌是三突花蟹蛛、斑管巢蛛、八点球腹蛛、草间小黑蛛和鞍型花蟹蛛;通草粉虱的主要天敌是龟纹瓢虫、草间小黑蛛、八点球腹蛛、异色瓢虫和锥腹肖蛸;黑刺粉虱的主要天敌是八点球腹蛛、草间小黑蛛、锥腹肖蛸、异色瓢虫和龟纹瓢虫;茶蚜的主要天敌是异色瓢虫、草间小黑蛛、茶色新圆蛛、日本球腹蛛和八点球腹蛛。

从本研究的结果可看出,4 种害虫主要天敌除了异色瓢虫外,其余都是蜘蛛类天敌,我国茶园蜘蛛有 27 科 290 种^[16],其发生数量巨大,是捕食性天敌的一个重要类群,约占茶园捕食性天敌的 65% 以上,在安徽茶园中占捕食性天敌的 83.2%—90%。对害虫的捕食量大,三突花蟹蛛日捕食蚜虫 24.5 头、捕食假眼小绿叶蝉成、若虫 17.3 头和 18.3 头,草间小黑蛛日捕食假眼小绿叶蝉成、若虫 14.3 头和 17 头,日捕食茶蚜 39.28—67.46 头,斑管巢蛛日捕食假眼小绿叶蝉成、若虫 15 头和 14.33 头^[17-19]。

害虫的天敌优势种的评价是一项比较复杂而又重要的工作,直接与合理保护和利用天敌有关^[20],有分别用灰色系统分析方法、空间格局分析方法和生态位分析方法评价天敌的报道^[21-24],茶园害虫与天敌的关系有分别从发生数量、发生时间、空间关系分析某一个方面天敌与害虫的关系研究^[1-3,5-6],但实际评估工作比较复杂,涉及到天敌的数量和虫态,即对害虫控制作用,特别是对目标害虫的日捕食量及在多种害虫共存时对目标害虫的嗜性大小,天敌的繁殖率等;其次是天敌与害虫发生时间的同步性;再者是天敌与害虫发生在作物上

及部位上的同域性,亦即天敌对害虫场所的搜索和跟随作用。本文从数量、发生时间、空间格局 3 个方面进行探索研究,用综合排序的方法确定 4 种害虫的主要天敌。

致谢:本文承蒙南京师范大学马飞教授的帮助,特此致谢。

References:

- [1] Wang Y J, Xie Z L, Pang X F. Studies on the ecological niche of *Empoasca vitis* (Gothe) and spiders in tea gardens. *Journal of Tea Science*, 2008, 28(6):401-406.
- [2] Deng X, Tan J C. The seasonal dynamics of species and quantities of insect pests and natural enemies in tea plantations under ecological control. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(7):1116-1172.
- [3] Leng F, Lin D S, Hou Y M. Study on life of natural population of *dialenrudes citri* under different nitrogen quantities. *Journal of Environmental Entomology*, 2008, 30(2): 103-107.
- [4] Han B Y, Cui L. Natural population life table of citrus spiny whitefly (*Aleurocanthus spiniferus*) in tea garden. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(9):1781-1790.
- [5] Han B Y, Cui L, Wang C S. Community Structure, dynamic and the niche breadth of dominant species of ladybug in tea garden. *Journal of Tea Science*, 1996, 16(1):77-78.
- [6] Dai X. Preliminary study on niche of *Taxopetara aurantii* and its natural enemies. *Journal of Tea Science*, 1995, 15(1):79-80.
- [7] Han B Y, Chen Z M. Searching behaviour of *Coccinella septempunctata* and four varieties of *Leis axyridis* adults on tea aphid honeydew and analysis of honeydew component. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(3): 495-501.
- [8] Han B Y, Chen Z M. The difference between probing behaviour of tea aphids on different parts of tea tree. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2001, 28(1):7-11.
- [9] Han B Y. Attractive activity to natural enemies and component analysis of the rinses from tea aphid body surface. *Acta Entomologica Sinica*, 2001, 44(4):541-547.
- [10] Deng J L. A Course in Grey System Theory. Wuhan: Huazhong Science and Engineering University Press, 1990:33-84.
- [11] Zou Y D, Wang H F. Insect Ecology of Agriculture and Forestry. Hefei: Anhui Science and Technology Press, 1989:311-327.
- [12] Zhang J T. Methods of Quantitative Vegetation Ecology. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1995.
- [13] David F N, Moore P G. Notes on contagious distributions in plant populations. *Annals of Botany*, 1954, 18:47-53.
- [14] Arbous A G, Kerrich J E. Accident statistics and the concept of accident-proneness. *Biometrics*, 1951, 7:340-432.
- [15] Blackith R E. Nearest-neighbour distance measurements for the estimation of animal populations. *Ecology*, 1958, 39, 147-150.
- [16] Chen Y F, Song C Q, Liu L M, Ye H X, Wu L T, Xu H Z. Studies on species of spiders in tea garden in China. *Journal of Tea Science*, 2000, 20(1):59-66.
- [17] Chen Y F, Chen Z H, Song C Q, Xu H Z. Review on the investigation and protection measurement of spiders in Chinese tea gardens. *Acta Arachnologica Sinica*, 2004, 13(2):125-128.
- [18] Xie Z L. Determination of meal size of three types of spiders on *Empoasca vitis* (Gothe) in tea gardens. *Guang Dong Tea*, 1996, (2):32-34.
- [19] Lin H Q, You M S, Chen L L. Predatory functional responses of *Erigonidium graminicolum* to *Toxoptera aurantii*. *Entomological Journal of East China*, 2007, 16(1):44-47.
- [20] Zou Y D. Theory and Application of Evaluating Natural Enemy in Management of Pests. Beijing: China Forestry Press, 1997:27-90.
- [21] Qin Y C, Cai N H, Huang K X. Studies on niches of *Tetranychus viennensis*, *Panonychus ulmi* and their predatory enemies I. spatial and temporal niches. *Acta Ecologica Sinica*, 1991, 11(4):331-337.
- [22] Bi S D, Zou Y D, Chen G C, Meng Q L. Grey system analysis on dominant natural enemies influencing *Aphis gossypii* population. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(3): 417-420.
- [23] Zou Y D, Li L, Bi S D, Lou Z, Ding C C, Gao C Q, Li C G. Relationships between *Aphis gossypii* and its natural enemies in megranate field. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(12): 2325-2329.
- [24] Zou Y D, Li C G, Zhou X Z, Wu H Z, Chen X Y. Spatial construction and relationship between *Haltica chalybea* and its predatory natural enemy, *Erigonidium graminicola*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2007, 34(3):241-246.

参考文献:

- [1] 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. *茶叶科学*, 2008, 28(6):401-406.
- [2] 邓欣,谭济才. 生态控制茶园害虫、天敌种类与数量的季节变化规律. *生态学报*, 2002, 22(7): 1166-1172.

- [3] 冷锋,林端森,侯有明. 不同施氮量条件下柑橘粉虱的自然种群生命表的研究. 环境昆虫学报,2008,30(2):103-107.
- [4] 韩宝瑜,崔林. 茶园黑刺粉虱自然种群生命表. 生态学报,2003,23(9):1781-1790.
- [5] 韩宝瑜,崔林,王成树. 茶园瓢虫群落结构、动态及优势种生态位. 茶叶科学,1996,16(1):77-78.
- [6] 戴轩. 茶蚜及其天敌生态位的初步研究. 茶叶科学,1995,15(1):79-80.
- [7] 韩宝瑜,陈宗懋. 七星瓢虫和异色瓢虫四变种成虫对茶蚜蜜露的搜索行为和蜜露的组分分析. 生态学报,2000,20(3):495-501.
- [8] 韩宝瑜,陈宗懋. 茶蚜在茶树不同部位上刺探行为的差异. 植物保护学报,2001,28(1):7-11.
- [9] 韩宝瑜. 茶蚜体表漂洗物对天敌的引诱活性及组分分析. 昆虫学报,2001,44(4):541-547.
- [10] 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.
- [11] 邹运鼎,王弘法. 农林昆虫生态学. 合肥:安徽科学技术出版社,1989:311-327.
- [12] 张金屯. 植被数量生态学方法. 北京:科学技术出版社,1995.
- [16] 陈银芳,宋昌琪,刘林敏,叶火香,吴林土,徐火忠. 中国茶园蜘蛛种类研究. 茶叶科学,2000,20(1):59-66.
- [17] 陈银芳,陈忠华,宋昌琪,徐火忠. 茶园蜘蛛调查和保护研究概述. 蛛形学报,2004,13(2):125-128.
- [18] 谢振伦. 茶园三种蜘蛛对假眼小绿叶蝉捕食量的观察. 广东茶叶,1996,(2):32-34.
- [19] 林海清,尤民生,陈李林. 草间小黑蛛对茶蚜的捕食功能反应. 华东昆虫学报,2007,16(1):44-47.
- [20] 邹运鼎. 害虫管理中的天敌评价理论与应用. 北京:中国林业出版社,1997:27-90.
- [21] 秦玉川,蔡宁华,黄可训. 山楂叶螨、苹果全爪螨及其捕食性天敌生态位的研究-时间与空间生态位. 生态学报,1991,11(4):331-337.
- [22] 毕守东,邹运鼎,陈高潮,孟庆雷. 影响棉蚜种群数量的优势种天敌的灰色系统分析. 应用生态学报,2000,11(3):417-422.
- [23] 邹运鼎,李磊,毕守东,姜志,丁程成,高彩球,李昌根. 石榴园棉蚜及其天敌之间的关系. 应用生态学报,2004,15(12):2325-2329.
- [24] 邹运鼎,李昌根,周夏芝,巫厚长,陈向阳. 葡萄园叶甲和捕食性天敌草间小黑蛛的空间格局及其联系. 植物保护学报,2007,34(3):241-246.

2008 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2009 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	8956	1	生态学报	1.669
2	应用生态学报	7979	2	植物生态学报	1.656
3	植物生态学报	3742	3	应用生态学报	1.632
4	西北植物学报	3584	4	生物多样性	1.474
5	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3460	5	生态学杂志	1.276
6	植物生理学通讯	3187	6	植物学通报	1.058
7	生态学杂志	3148	7	西北植物学报	1.046
8	遗传学报	2142	8	植物生理与分子生物学 学报	1.034
9	植物生理与分子生物学学报	1855	9	遗传学报	0.887
10	昆虫学报	1580	10	遗传	0.835

★《生态学报》2008 年在核心版的 1868 种科技期刊排序中总被引频次 8956 次,全国排名第 2;影响因子 1.669,全国排名第 14;第 1~8 届连续 8 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 30 卷 第 22 期 (2010 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 22 2010

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元