

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

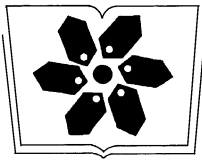
Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 22 期 Vol.32 No.22 **2012**

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 32 卷 第 22 期

2012 年 11 月 (半月刊)

目 次

CO ₂ 浓度和温度升高对噬藻体 PP 增殖的联合作用	牛晓莹,程 凯,荣茜茜,等 (6917)
1956—2009 年内蒙古苏尼特左旗荒漠草原的降水格局	陈 军,王玉辉 (6925)
两个污水处理系统的能值与经济综合分析	李 敏,张小洪,李远伟,等 (6936)
退化草地阿尔泰针茅种群个体空间格局及关联性	赵成章,任 珩 (6946)
地表覆盖栽培对雷竹林凋落物养分及其化学计量特征的影响	刘亚迪,范少辉,蔡春菊,等 (6955)
福州酸雨区次生林中台湾相思与银合欢叶片的 12 种元素含量	郝兴华,洪 伟,吴承祯,等 (6964)
“雨花露”水蜜桃主要害虫与其捕食性天敌的关系	柯 磊,施晓丽,邹运鼎,等 (6972)
大兴安岭林区 10 小时滞可燃物湿度的模拟	胡天宇,周广胜,贾丙瑞 (6984)
陕北风沙区不同植被覆盖下的土壤养分特征	李文斌,李新平 (6991)
南方型杨树人工林土壤呼吸及其组分分析	唐罗忠,葛晓敏,吴 麟,等 (7000)
黑河下游土壤水盐对生态输水的响应及其与植被生长的关系	鱼腾飞,冯 起,刘 蔚,等 (7009)
树木胸径大小对树干液流变化格局的偏度和时滞效应	梅婷婷,赵 平,倪广艳,等 (7018)
外来植物紫茎泽兰入侵对土壤理化性质及丛枝菌根真菌(AMF)群落的影响	于文清,刘万学,桂富荣,等 (7027)
基于 Landsat TM 的热带精细地物信息提取的模型与方法——以海南岛为例	王树东,张立福,陈小平,等 (7036)
雪被去除对川西高山冷杉林冬季土壤水解酶活性的影响	杨玉莲,吴福忠,杨万勤,等 (7045)
不同土壤水分处理对水稻光合特性及产量的影响	王唯逍,刘小军,田永超,等 (7053)
木蹄层孔菌不同居群间生长特性、木质素降解酶与 SRAP 标记遗传多样性	曹 宇,徐 晔,王秋玉 (7061)
加拿大一枝黄花入侵对土壤动物群落结构的影响	陈 雯,李 涛,郑荣泉,等 (7072)
间作对玉米品质、产量及土壤微生物数量和酶活性的影响	张向前,黄国勤,卞新民,等 (7082)
接种 AM 真菌对玉米和油菜种间竞争及土壤无机磷组分的影响	张宇亭,朱 敏,钱岩相注,等 (7091)
大亚湾冬季不同粒级浮游生物的氮稳定同位素特征及其与生物量的关系	柯志新,黄良民,徐 军,等 (7102)
太湖水华期间有毒和无毒微囊藻种群丰度的动态变化	李大命,叶琳琳,于 洋,等 (7109)
锌胁迫对小球藻抗氧化酶和类金属硫蛋白的影响	杨 洪,黄志勇 (7117)
基于国家生态足迹账户计算方法的福建省生态足迹研究	邱寿丰,朱 远 (7124)
能源活动 CO ₂ 排放不同核算方法比较和减排策略选择	杨喜爱,崔胜辉,林剑艺,等 (7135)
基于生境等价分析法的胶州湾围填海造地生态损害评估	李京梅,刘铁鹰 (7146)
县级生态资产价值评估——以河北丰宁县为例	王红岩,高志海,李增元,等 (7156)
专论与综述	
丛枝菌根提高宿主植物抗旱性分子机制研究进展	李 涛,杜 娟,郝志鹏,等 (7169)
城市土壤碳循环与碳固持研究综述	罗上华,毛齐正,马克明,等 (7177)
基于遥感的光合有效辐射吸收比率(FPAR)估算方法综述	董泰锋,蒙继华,吴炳方 (7190)
光衰减及其相关环境因子对沉水植物生长影响研究进展	吴明丽,李叙勇 (7202)
浮游动物化学计量学稳态性特征研究进展	苏 强 (7213)
研究简报	
2010 年两个航次獐子岛海域浮游纤毛虫丰度和生物量	于 莹,张武昌,张光涛,等 (7220)
基于熵值法的我国野生动物资源可持续发展研究	杨锡涛,周学红,张 伟 (7230)
残落物添加对农林复合系统土壤有机碳矿化和土壤微生物量的影响	王意锟,方升佐,田 野,等 (7239)
人工湿地不同季节与单元之间根际微生物多样性	陈永华,吴晓芙,张珍妮,等 (7247)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 338 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 36 * 2012-11



封面图说: 水杉农田防护林中的小麦熟了——水杉曾广泛分布于北半球,第四纪冰期以后,水杉属的其他种类全部灭绝,水杉却在中国川、鄂、湘边境地带得以幸存,成为旷世奇珍,野生的水杉是国家一级保护植物。由于水杉耐水,适应力强,生长极为迅速,其树干通直挺拔,高大秀颀,树冠呈圆锥形,姿态优美,自发现后被人们在中国南方广泛种植,不仅成为了湖边、道路两旁的绿化观赏植物,更成为了农田防护林的重要树种。此图中整齐划一的水杉防护林像忠实的哨兵一样,为苏北农村即将成熟的麦田站岗。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201108291262

柯磊,施晓丽,邹运鼎,毕守东,耿继光,林源,郭骅,杨林.“雨花露”水蜜桃主要害虫与其捕食性天敌的关系.生态学报,2012,32(22):6972-6983.
Ke L, Shi X L, Zou Y D, Bi S D, Geng J G, Lin Y, Guo H, Yang L. Relationships between main insect pests and their predatory natural enemies in “Yuhualu” juicy peach orchard. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(22): 6972-6983.

“雨花露”水蜜桃主要害虫与其捕食性天敌的关系

柯磊¹, 施晓丽¹, 邹运鼎¹, 毕守东^{1,*}, 耿继光², 林源¹, 郭骅¹, 杨林¹

(1. 安徽农业大学, 合肥 230036; 2. 安徽省农业委员会, 合肥 230001)

摘要:为了科学施药,合理保护和利用天敌进行水蜜桃园害虫的综合防治,用 t 检验法比较“雨花露”水蜜桃季节间和年度间害虫及其天敌的种群差异,结果表明两年春夏季之间小绿叶蝉、桃蚜、山楂叶螨、李肖叶甲和梨网蝽 5 种害虫的差异均不显著;异色瓢虫的 t 值为 2.39, $t > t_{0.05}(2.16)$, 差异显著,其余天敌差异均不显著。2010 年春夏与秋季之间,小绿叶蝉、梨网蝽、三突花蟹蛛和异色瓢虫的 t 值为 5.63、76.38、3.28 和 4.82, $t > t_{0.01}(3.01)$, 差异极显著,其余差异不显著。采用灰色关联分析方法、生态位分析方法,对 2010 年及 2011 年春夏季水蜜桃园桃蚜、小绿叶蝉、山楂叶螨、梨网蝽和李肖叶甲与其捕食性天敌在数量、时间和空间格局等方面关系进行分析,对每一天敌对应的关联度、生态位重叠指数和相似性比例等参数标准化后相加,按照参数标准化值之和大小排序得出,2010 年春夏季小绿叶蝉前三位的主要天敌是三突花蟹蛛、中华草蛉和八斑球腹蛛;山楂叶螨的主要天敌是棕管巢蛛、八斑球腹蛛和草间小黑蛛。2011 年春夏季桃蚜的主要天敌是黑带食蚜蝇、异色瓢虫和三突花蟹蛛;小绿叶蝉的主要天敌是草间小黑蛛、龟纹瓢虫和三突花蟹蛛;梨网蝽的主要天敌是三突花蟹蛛、龟纹瓢虫和草间小黑蛛;山楂叶螨的主要天敌是棕管巢蛛、八斑球腹蛛和草间小黑蛛;李肖叶甲的主要天敌是草间小黑蛛、三突花蟹蛛和八斑球腹蛛。2010 年秋冬季小绿叶蝉的主要天敌是中华草蛉、草间小黑蛛和三突花蟹蛛;梨网蝽的主要天敌是八斑球腹蛛、草间小黑蛛和三突花蟹蛛。林间,2010 年小绿叶蝉、梨网蝽和山楂叶螨及 2011 年春夏季桃蚜、李肖叶甲、梨网蝽和山楂叶螨种群聚集均数 λ 均大于 2,其聚集是害虫本身原因造成的。在桃树树冠四个方位间,2010 年春夏季山楂叶螨,秋冬季小绿叶蝉和梨网蝽及 2011 年春夏季的李肖叶甲的 λ 值均大于 2,其聚集是害虫本身原因造成的,其余害虫和天敌 λ 值均小于 2,表明其聚集时由环境中某一因子影响所致。
关键词:“雨花露”;害虫;捕食性天敌;种群动态;数学分析

Relationships between main insect pests and their predatory natural enemies in “Yuhualu” juicy peach orchard

KE Lei¹, SHI Xiaoli¹, ZOU Yunding¹, BI Shoudong^{1,*}, GENG Jiguang², LIN Yuan¹, GUO Hua¹, YANG Lin¹

¹ Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China

² Anhui Agricultural Committee, Hefei 230001, China

Abstract: To conserve and utilize natural enemies for comprehensive control of insect pests in peach orchards, the seasonal and annual variations of population quantities of the five kinds of insect pests with their natural enemies were systematical investigated in the “Yuhualu” juicy peach orchard. The findings of a paired t -testing demonstrated that the t values of five kinds of main pest numbers, i. e. *Empoasca flavescens*, *Myzus persicae*, *Tetranychus viennensis*, *Cleoporus variabilis* and *Stephanitis nashi*, indicating that no significant differences existed in the numbers of five kinds of insect pests in “Yuhualu” juicy peach orchard between the two spring-summer seasons of 2010 and 2011. Whilst the t values of the seven kinds of natural enemy numbers, i. e. *Erigonidium graminicola*, *Misumenops tricuspidatus*, *Theridion octomaculatum*, *Clubiona*

基金项目:国家自然科学基金(30871444);国家重点基础研究发展计划(2010CB126206);安徽省自然科学基金项目(11040606M71);安徽省教育厅重点项目(KJ2008A139)

收稿日期:2011-08-29; **修订日期:**2012-02-01

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

japonicola, *Propylaea japonica*, *Chrysopa sinica* and *Epistrophe balteata*, all were significantly lower than 2.16 ($t_{0.05}$ value), revealing that there were also no significant differences in the numbers of the seven kinds of natural enemies between the two spring-summer seasons of 2010 and 2011. Surprisingly, the t value of *Harmonia axyridis* was 2.39 > 2.16 ($t_{0.05}$ value), showing that the difference in numbers was significant between the two spring-summer seasons of 2010 and 2011. The further analysis indicated that the t values of *Empoasca flavescens*, *Stephanitis nashi*, *Misumenops tricuspidatus*, *Harmonia axyridis*, were, respectively, 5.63, 76.38, 3.28 and 4.82 > 3.01 ($t_{0.01}$), indicating that there were significant differences in their numbers in “Yuhualu” juicy peach orchard between the spring-summer season and the autumn season of 2010, whereas no significant differences existed in the others. Moreover, the quantity, time and space framework of *Myzus persicae*, *Empoasca flavescens*, *Tetranychus viennensis*, *Cleoporus variabilis*, *Stephanitis nash* and their predatory natural enemies in 2010 spring-summer season and autumn season, as well as 2011 spring-summer season were systematically studied using grey system analysis, ecological niche analysis and aggregated-intensity index analysis of spatial patterns. The synthetic ranking results indicated that, in 2010 spring-summer season, the orders of main natural enemies of *Empoasca flavescens* were *Misumenops tricuspidatus*, *Chrysopa Sinica* and *Theridion octomaculatum*, whereas the ranks of main natural enemies of *Tetranychus viennensis* were *Clubiona japonicola*, *Theridion octomaculatum* and *Erigonidium graminicola*. In 2011 spring-summer season, the orders of main natural enemies of *Myzus persicae*, *Empoasca flavescens*, *Cleoporus variabilis*, *Stephanitis nashi* and *Tetranychus viennensis*, were, respectively, *Epistrophe balteata*, *Harmonia axyridis* and *Misumenops tricuspidatus*; *Erigonidium graminicola*, *Propylaea japonica* and *Misumenops tricuspidatus*; *Erigonidium graminicola*, *Misumenops tricuspidatus* and *Theridion octomaculatum*; *Misumenops tricuspidatus*, *Propylaea japonica* and *Erigonidium graminicola*; *Clubiona japonicola*, *Theridion octomaculatum* and *Erigonidium graminicola*. In 2010 autumn-winter season, the ranks of main natural enemies of the *Empoasca flavescens* and *Stephanitis nashi*, were, respectively, *Chrysopa Sinica*, *Erigonidium graminicola* and *Misumenops tricuspidatus*; *Theridion octomaculatum*, *Erigonidium graminicola* and *Misumenops tricuspidatus*. The further analyses showed that the average λ values of *Empoasca flavescens*, *Stephanitis nashi* and *Tetranychus viennensis* in 2010, and *Myzus persicae*, *Cleoporus variabilis*, *Stephanitis nashi* and *Tetranychus viennensis* in the spring-summer season of 2011 all are more than 2, and in the four different directions of peach tree crown, the λ value of *Tetranychus viennensis* in the 2010 spring-summer season, and *Empoasca flavescens* in the 2010 autumn-winter season, as well as *Cleoporus variabilis* in the 2011 spring-summer season all are also more than 2, suggesting that the gathering cause of the insect pests resulted from themselves. However, the λ values of the other insect pests and natural enemies all were less than 2, indicating that their gathering was caused by certain environment factors.

Key Words: “Yuhualu”; insect pests; predatory natural enemy; population dynamics; mathematic analysis

在害虫综合管理研究过程中,害虫爆发的生态学机理研究始终是一个较为活跃的领域。天敌和寄主植物是影响害虫大发生的主要因子,科技工作者一直探索天敌和抗虫作物有效控制害虫爆发成灾的机理和方法^[1-5]。桃园有多种害虫,一种害虫又有多种天敌,害虫与天敌之间形成了复杂的网络关系。树冠上叶面害虫桃蚜 *Myzus persicae*、小绿叶蝉 *Empoasca flavescens*、李肖叶甲 *Cleoporus variabilis*、梨网蝽 *Stephanitis nashi* 和山楂叶螨 *Tetranychus viennensis* 是蔷薇科多种果树上的主要害虫,刺吸植物汁液或取食叶肉,影响水果产量和品质^[6]。当前的主栽优质水蜜桃品种之一“雨花露”的上述 5 种害虫与其捕食性天敌关系的研究未见报道。为了在防治这 5 种害虫时科学施药,合理利用和保护主要天敌,做到持续控制 5 种害虫,同时降低农药对果品的污染,特开展“雨花露”桃园树冠 5 种害虫及其天敌种群差异及两年不同季节之间 6 种害虫与其天敌在数量、时间和空间关系的研究,找出优势种天敌,为有效保护和利用优势种天敌提供科学依据,其结果并可丰富昆虫生态学内容。

1 材料与方法

1.1 试验地及调查方法和调查时间

试验在合肥市安徽农业大学农业科技示范园水蜜桃园进行,水蜜桃园面积 0.6 hm²,品种为“雨花露”水蜜桃,系江苏省农业科学院园艺研究所利用白花桃与上海早水蜜桃杂交选育而成,具有早熟、丰产、风味甜浓等特点,树龄为 9 年生,株距 3 m,行距 3.1 m。试验期间水蜜桃园按常规措施管理,但一直不施用化学农药。

调查采用平行跳跃法,随机取 3 行,每行 10 株,共 30 株,每株定枝系统调查记载树冠东、西、南、北 4 个方位每个方位各 1 m 长枝条叶片上的害虫及其天敌物种数和个体数。先是目测活动性强的昆虫,后进行逐叶调查。调查时间为 2010 年 4 月 4 日至 11 月 15 日,共调查 15 次,2011 年 4 月 1 日至 7 月 2 日共调查 7 次。

1.2 数学分析方法

1.2.1 害虫与其天敌在数量关系上的灰色关联分析^[7]

将 5 种害虫(Y_i)及其天敌(X_j)分别看作一个本征性系统,5 种害虫数量(Y_i)作为该系统的参照序列。不同时间上的几种害虫(Y_i)与天敌(X_j)在第 k 点上的效果白化值,进行双序列关系分析:

$$Y_i = \{Y_i(1), Y_i(2), \dots, Y_i(n)\}, i=1, 2, \dots, 6; X_j = \{X_j(1), X_j(2), \dots, X_j(n)\}, j=1, 2, \dots, M$$

经数据均值化后得:

$$Y_i = \{Y_i(1), Y_i(2), \dots, Y_i(n)\}, i=1, 2, \dots, 6; X_j = \{X_j(1), X_j(2), \dots, X_j(n)\}, j=1, 2, \dots, M$$

Y_i 与 X_j 在第 k 点上的关联系数:

$$r_{ij} = [\min_{i,j} |Y_i(k) - X_j(k)| + \rho \max_{i,j} |Y_i(k) - X_j(k)|] / [|Y_i(k) - X_j(k)| + \rho \max_{i,j} |Y_i(k) - X_j(k)|], k=1, 2, \dots, n$$

式中, ρ 为分辨系数,取值区间[0-1],一般取 $\rho=0.5$,为了扩大几种天敌与 5 种害虫之间关联系数的差距,便于进行分析,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 $\min_{i,j} |Y_i(k) - X_j(k)|$ 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 $\max_{i,j} |Y_i(k) - X_j(k)|$ 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 5 种害虫数量的关联度,其大小反映 X_j 对 Y_i 的联系或影响程度。

1.2.2 时间及空间生态位分析

用 Levins^[8] 的生态位宽度指数公式
$$B = \frac{1}{S \sum P_i^2}$$

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。

生态位重叠采用 Levins^[8] 的生态位重叠指数公式
$$L_{ij} = B_i \sum_{h=1}^n P_{ih} \cdot P_{jh}$$

式中, L_{ij} 为物种 i 对物种 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 为物种 i 的生态位宽度。

生态位相似性比例采用 Morisita 相似性系数公式^[9]

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

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 资源序列等级上的数量, n_{ij} 是 j 物种在 i 资源序列等级上的数量。 N_j, N_k 分别表示 j 物种和 k 物种的个体数量之和。

1.2.3 空间聚集程度差异及原因分析^[1]

采用聚集强度指标测定害虫及其天敌的空间分布格局,分别采用扩散系数 C 、聚块性指数 I_w 和久野指数

Ca 3 种聚集强度指数综合分析测定几种害虫与其天敌的空间格局。

为了判断几种害虫与其天敌空间聚集程度的差异,用 David 和 Moore^[10] 提出的公式, $w = -\frac{1}{2} \ln \left(\frac{S_1^2/\bar{x}_1}{S_2^2/\bar{x}_2} \right)$,

$S_1^2, S_2^2, \bar{x}_1, \bar{x}_2$ 分别为两种群的方差和均数,用 $|w|$ 的大小判断害虫与其天敌空间聚集程度差异,若 $|w| > 2.5 \sqrt{n-1}$,则按 5% 水平认为两者显著不同, n 为样本数。用 Arbous 和 Kerrich^[11] 提出的种群聚集均数公式 $\lambda = \frac{\bar{x}}{x_{0.50}^2} \cdot \nu$,分析 6 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, ν 为自由度等于 $2k$ 时的 $x_{0.50}^2$ 值。

1.2.4 天敌与其目标害虫关系的综合分析

将天敌与目标害虫之间在数量的关联度和时空生态位重叠指数、生态位相似性比例参数,分别除以本参数值的最大值,进行标准化处理,此值称密切指数,参数最大值标准化后的密切指数为 1,将数、时、空方面的密切指数相加,其密切指数之和最大的天敌为目标害虫的第一位天敌,依次类推。

2 结果与分析

2.1 水蜜桃几种害虫及其天敌种群数量的季节动态及其差异

“雨花露”水蜜桃 2010 年和 2011 年春季害虫及其天敌种群数量调查结果列于表 1, 2010 年“雨花露”水蜜桃园桃蚜春夏季高峰期是 5 月 10 日,2011 年为 4 月 17 日,2010 年小绿叶蝉 8 月 13 日为高峰日,梨网蝽高峰日为 9 月 28 日,山楂叶螨 2010 年高峰日为 6 月 22 日,李肖叶甲主要发生在 5 月下旬至 7 月上旬。

表 1 主要害虫及其天敌数量上的季节动态/(头/30 株)

Table 1 Seasonal variation of numbers of main pests and their natural enemies/(unit/30 plants)

季节 Season	日期 Date	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
2010 年春夏 Spring-summer	04-04	0	88	1	0	0	0	12	0	0	3	0	1	6
	04-24	0	157	2	0	1	1	13	0	0	7	5	1	0
	05-10	388	137	2	0	39	6	2	0	1	9	1	5	2
	05-25	73	67	15	0	178	25	6	3	5	11	0	0	5
	06-08	132	234	84	0	1808	81	9	15	3	14	31	52	42
	06-22	21	98	55	0	11018	35	24	15	7	10	11	10	5
	07-10	257	718	109	1	13	66	39	7	1	7	6	21	1
2010 年秋冬 Autumn-winter	07-26	0	993	6	7	0	21	18	11	0	1	1	15	0
	08-13	0	9528	15	5	1	6	1	2	0	0	0	3	0
	08-31	0	7757	13	1315	0	8	1	0	1	0	0	0	0
	09-15	12	1734	4	4431	2	15	3	5	1	0	0	0	5
	09-28	0	1261	0	4486	0	5	0	2	0	0	0	0	0
	10-16	0	154	0	1479	0	11	0	2	4	0	0	0	2
	10-31	65	4	0	100	0	0	0	3	1	0	0	0	0
2011 年春夏 Spring-summer	11-15	0	5	0	14	0	3	0	0	0	0	0	0	0
	04-01	22	140	0	0	0	10	24	0	0	5	0	1	0
	04-17	538	84	0	198	0	4	14	0	0	282	0	10	27
	04-29	82	64	5	540	0	6	5	2	0	97	3	3	11
	05-13	131	31	39	45	249	33	7	3	2	48	37	145	6
	05-31	29	69	158	26	1825	55	15	14	4	31	48	29	3
	06-20	174	155	286	19	300	49	9	6	6	52	82	8	0
	07-02	14	282	222	190	175	68	16	2	0	81	46	13	0

Y_1 桃蚜, Y_2 小绿叶蝉, Y_3 李肖叶甲, Y_4 梨网蝽, Y_5 山楂叶螨, X_1 草间小黑蛛, X_2 三突花蟹蛛, X_3 八斑球腹蛛, X_4 棕管巢蛛, X_5 异色瓢虫, X_6 龟纹瓢虫, X_7 中华草蛉, X_8 黑带食蚜蝇

为了分析不同年份不同季节间害虫及其天敌种群差异,将 2010 年春夏季与秋冬季之间以及 2011 年春夏季害虫及其天敌种群数量的 t 检验值列于表 2,2010 年春夏季与秋冬季之间小绿叶蝉 t 值为 5.63,梨网蝽的 t 值为 76.38,三突花蟹蛛的 t 值为 3.28,异色瓢虫的 t 值为 4.82。 t 值均大于 $t_{0.01}(3.01)$,差异极显著,小绿叶蝉和梨网蝽秋冬季多于春夏季,三突花蟹蛛和异色瓢虫秋冬季少于春夏季,其余差异不显著。

表 2 主要害虫及其天敌不同季节 t 值表

Table 2 T value of main pests and their natural enemies between different seasons

时间 Time	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
2010 年春夏与秋冬 Spring-summer & Autumn-winter In 2010	1.77 ^(*)	5.63 ^{**}	1.09	76.38 ^{**}	1.12	1.95 ^(*)	3.28 ^{**}	1.70	1.00	4.82 ^{**}	1.73	1.92 ^(*)	1.20
2010 年春夏与 2011 年春夏 Spring-summer In 2010 & Spring-summer In 2011	0.38	1.43	1.30	2.14 ^(*)	0.86	0.19	0.50	0.83	0.31	2.39 [*]	2.05 ^(*)	0.87	0.14

df=13 时, $t_{0.10}=1.77$, $t_{0.05}=2.16$, $t_{0.01}=3.01$; ** 差异极显著; * 差异显著 () 差异较显著

两年春季之间,异色瓢虫的 t 值为 2.39, t 值大于 $t_{0.05}(2.16)$ 差异显著,2011 年多于 2010 年。梨网蝽的 t 值为 2.14,龟纹瓢虫的 t 值为 2.05, t 值均大于 $t_{0.10}(1.77)$,差异较显著,其余差异不显著。

2010 年春夏季主要害虫为小绿叶蝉和山楂叶螨,秋冬季为小绿叶蝉和梨网蝽,2011 年春夏季 5 种害虫数量均较多。

2.2 主要害虫与其天敌在数量上的关系

为了综合分析害虫与天敌之间在数、时、空上的关系,首先分析在数量上关系的密切程度,用 DPS 软件计算出 5 种主要害虫与天敌在数量上的关联度 $R(Y_j, X_j)$,关联度越大,表明某种天敌在数量上对害虫跟随关系越密切,结果列于表 3。2010 年春夏季,与小绿叶蝉关联度大的第一位天敌是三突花蟹蛛;秋冬季,是中华草蛉;2010 年和 2011 年春夏季与山楂叶螨关联度大的第一位天敌都是棕管巢蛛。

2010 年秋冬季与梨网蝽关联度大的第一位天敌是草间小黑蛛。2011 年春夏季,与桃蚜关联度大的第一位天敌是黑带食蚜蝇;小绿叶蝉的是三突花蟹蛛;李肖叶甲的是草间小黑蛛;梨网蝽的是三突花蟹蛛。

表 3 主要害虫与其天敌之间的关联度

Table 3 Correlation degree of main pests and their natural enemies

时间 Time	物种 Species	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
2010 年春夏季 Spring-summer	Y_2	0.8348	0.8738	0.8105	0.7598	—	0.7854	0.8388	0.7701
2010 年秋冬季 Autumn-winter	Y_5	0.8247	0.8114	0.8505	0.8801	—	0.8400	0.8153	0.8324
2011 年春夏 Spring-summer	Y_2	0.7849	0.8230	0.7398	0.7482	—	0	0.8267	0.7240
	Y_4	0.8965	0.8588	0.8928	0.8445	—	0	—	—
	Y_1	0.7816	0.7676	0.8012	0.7607	0.8792	0.7533	0.7462	0.8918
	Y_2	0.8643	0.8745	0.8016	0.7397	—	0.8012	0.7629	0.7445
	Y_3	0.9100	0.8021	0.8341	0.8699	—	—	—	—
	Y_4	0.7507	0.8125	0.7428	0.7021	—	0.7571	—	—
	Y_5	0.8320	0.7996	0.9153	0.8476	—	0.8324	0.8129	0.7535

2.3 几种害虫与其天敌在时间上的关系

天敌与害虫发生时间的同步性大小,影响天敌对害虫的控制作用,将几种害虫与其天敌之间的时间生态位重叠指数和相似性比例大小作为两者在时间上关系密切程度的依据,两参数值越大,表明该天敌对害虫在时间上跟随关系越密切,即时间上同步性高,结果列于表 4。时间资源总单位,2010 年春夏季为 8 个单位,秋冬季为 7 个单位,2011 年春夏季为 7 个单位。

2010 年和 2011 年春夏季与小绿叶蝉在时间生态位重叠指数和相似比例大的第一位天敌都是三突花蟹

蛛;与山楂叶螨在时间生态位重叠指数和相似比例大的第一位天敌是棕管巢蛛。

2010 年秋冬季,与小绿叶蝉时间生态位重叠指数和相似比例大的第一位天敌是中华草蛉;梨网蝽是草间小黑蛛,相似比例大的第一位天敌是八斑球腹蛛。

2011 年春夏季,桃蚜的是异色瓢虫;李肖叶甲的是草间小黑蛛;梨网蝽的是三突花蟹蛛;山楂叶螨的是八斑球腹蛛。

表 4 主要害虫与其天敌之间时间上的生态位重叠指数(a)和相似性比例(b)

Table 4 Time niche overlaps index (a) and niche proportional similarity (b) of main pests and their natural enemies

时间 Times	物种 Species		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
2010 年春夏季	Y2	a	0.6365	0.7952	0.6616	0.2196	—	0.3378	0.5850	0.2220
		b	0.6404	0.7971	0.6821	0.2383	—	0.3383	0.5892	0.2133
	Y5	a	0.4183	0.4732	0.6892	0.8110	—	0.4694	0.3099	0.2745
		b	0.3620	0.3849	0.6051	0.7665	—	0.4497	0.2865	0.2714
2010 年秋冬季	Y2	a	0.5608	0.5436	0.3613	0.1860	—	0	0.7639	0.1337
		b	0.5541	0.6545	0.3898	0.2148	—	0	0.6793	0.1400
	Y4	a	0.7994	0.6666	0.7673	0.4083	—	0	—	—
		b	0.8096	0.8072	0.8513	0.4752	—	0	—	—
2011 年春夏季	Y1	a	0.2925	0.5268	0.2195	0.3235	0.9465	0.3255	0.3091	0.9275
		b	0.2871	0.5051	0.2280	0.3496	0.9441	0.3246	0.3050	0.9421
	Y2	a	0.8478	0.8557	0.4540	0.4528	—	0.7244	0.2255	0.3006
		b	0.8559	0.8763	0.4620	0.4761	—	0.7247	0.2052	0.2907
	Y3	a	0.9273	0.5904	0.7182	0.8166	—	—	—	—
		b	0.9219	0.5780	0.7476	0.8829	—	—	—	—
	Y4	a	0.3218	0.4113	0.2160	0.0677	—	0.2179	—	—
		b	0.3153	0.3934	0.2243	0.0731	—	0.2171	—	—
	Y5	a	0.6788	0.4922	0.9618	0.6843	—	0.6172	0.3355	0.1243
		b	0.6202	0.4280	0.9649	0.7181	—	0.5838	0.3361	0.1247

2.4 害虫与其天敌在桃园中的空间关系

天敌在空间上对害虫的跟随关系密切与否,直接与天敌对害虫的控制作用有关,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,为分析几种害虫与其天敌在桃园中的空间关系,选择了几种害虫数量特别多,天敌种类丰富且个体数量多的高峰日数据进行分析。2010 年春夏季小绿叶蝉为 7 月 10 日,山楂叶螨为 6 月 22 日。秋冬季小绿叶蝉为 8 月 13 日,梨网蝽为 9 月 15 日。2011 年春夏季,桃蚜为 4 月 17 日,小绿叶蝉为 7 月 2 日,李肖叶甲为 6 月 20 日,梨网蝽为 4 月 29 日,山楂叶螨为 5 月 31 日。天敌与害虫空间生态位重叠指数和相似性比例大小,可较为准确地反映天敌对害虫空间上的跟随关系密切程度,将几种害虫与其天敌在桃园空间生态位重叠指数和相似性比例列于表 5,空间资源总单位为 30 个(30 株)。

2010 年春夏季与害虫在桃园中空间生态位重叠指数和相似性比例最大的天敌,小绿叶蝉的分别是中华草蛉和龟纹瓢虫;山楂叶螨的分别是草间小黑蛛和黑带食蚜蝇。

2010 年秋冬季与害虫空间生态位重叠指数和相似性比例最大的天敌,小绿叶蝉的分别是草间小黑蛛和三突花蟹蛛;梨网蝽的分别是草间小黑蛛和八斑球腹蛛。

2011 年春夏季与害虫空间生态位重叠指数和相似性比例最大的天敌,桃蚜的是黑带食蚜蝇;小绿叶蝉的是龟纹瓢虫;李肖叶甲的是草间小黑蛛和三突花蟹蛛;梨网蝽的分别是草间小黑蛛和龟纹瓢虫;山楂叶螨的分别是草间小黑蛛和棕管巢蛛。

表 5 主要害虫与其天敌之间桃园中的空间生态位重叠指数(a)和相似性比例(b)

Table 5 Space niche overlaps index (a) and niche proportional similarity (b) of main pests and their natural enemies in the glade											
时间 Time	日期 Dates	物种 Species		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
2010 年春-夏	7. 10	Y ₂	a	0. 4211	0. 4656	0. 3906	0. 1062	—	0. 4537	0. 5023	0
			b	0. 4020	1. 5506	0. 5492	1. 1182	—	1. 9507	0. 6059	0
	6. 22	Y ₅	a	0. 4138	0. 2879	0. 2879	0. 3509	—	0. 1435	0. 1435	0. 3366
			b	0. 4930	0. 4287	0. 4287	0. 6530	—	0. 1984	0. 2385	0. 9894
2010 年秋	8. 13	Y ₂	a	0. 2993	0. 1596	0. 1163	0	—	0	0. 1895	0
			b	0. 9472	1. 2375	0. 6376	0	—	0	0. 8481	0
	9. 15	Y ₄	a	0. 5177	0. 0711	0. 4462	0	—	0	—	—
			b	0. 9048	0. 3721	1. 8084	0	—	0	—	—
2011 年春-夏	4. 17	Y ₁	a	0. 0650	0. 1337	0	0	0. 1644	0	0. 2231	0. 5195
			b	0. 1527	0. 17	0	0	0. 1574	0	0. 3072	0. 5164
	7. 2	Y ₂	a	0. 7624	0. 6164	0. 1312	0	—	0. 8382	0. 5547	0
			b	0. 9553	0. 9365	0. 0481	0	—	1. 1645	0. 9938	0
	6. 20	Y ₃	a	0. 6743	0. 5311	0. 4015	0. 2728	—	—	—	—
			b	0. 8396	1. 1444	0. 7511	0. 5103	—	—	—	—
	4. 29	Y ₄	a	0. 3915	0. 2537	0	0	—	0. 3795	—	—
			b	0. 7083	1. 1515	0	0	—	2. 2237	—	—
	5. 31	Y ₅	a	0. 7113	0. 5208	0. 3906	0. 3890	—	0. 6667	0. 4597	0. 0801
			b	0. 8328	0. 8547	0. 6277	1. 8374	—	0. 7947	0. 5829	0. 0675

2.6 几种主要害虫与其天敌在数量、时间和空间关系上的综合分析

将 2010 年几种主要害虫与其天敌在数、时、空关系的参数值进行标准化,结果列于表 6,依据各参数密切指数之和比较,和越大,表明该天敌在数时空关系上与害虫关系越密切。春夏季小绿叶蝉前三位的天敌依次是三突花蟹蛛、中华草蛉和八斑球腹蛛;山楂叶螨的是棕管巢蛛、八斑球腹蛛和草间小黑蛛;秋冬季小绿叶蝉的是中华草蛉、草间小黑蛛和三突花蟹蛛。梨网蝽的是八斑球腹蛛、草间小黑蛛、三突花蟹蛛。

表 6 2010 年主要害虫与其天敌关系参数的标准化值

Table 6 Standardized parameter values of main pests and their natural enemies in 2010										
季节 Season	物种 Species	项目 Items	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
春夏季	Y ₂	A	0. 9554	1. 0000	0. 9276	0. 8695	—	0. 8988	0. 9599	0. 8813
		B	0. 8004	1. 0000	0. 8320	0. 2762	—	0. 4248	0. 7357	0. 2792
		C	0. 8034	1. 0000	0. 8557	0. 2990	—	0. 4244	0. 7392	0. 2676
		D	0. 8383	0. 9269	0. 7776	0. 2114	—	0. 9032	1. 0000	0. 3366
		E	0. 2061	0. 7949	0. 2815	0. 5732	—	1. 0000	0. 3106	0. 9894
		Σ	3. 6036	4. 7218	3. 6744	2. 2293	—	3. 6512	3. 7454	2. 7541
		序号	5	1	3	7		4	2	6
	Y ₅	A	0. 9371	0. 9219	0. 9664	1. 0000	—	0. 9544	0. 9264	0. 9458
		B	0. 5158	0. 5835	0. 8498	1. 0000	—	0. 5788	0. 3821	0. 3385
		C	0. 4723	0. 5022	0. 7894	1. 0000	—	0. 5867	0. 3738	0. 3541
		D	1. 0000	0. 6957	0. 6957	0. 8480	—	0. 3468	0. 3468	0
		E	0. 7550	0. 6565	0. 6565	1. 0000	—	0. 3038	0. 3652	0
		Σ	3. 6802	3. 3598	3. 9578	4. 8480	—	2. 7705	2. 3943	1. 6386
		序号	3	4	2	1		5	6	7

续表

季节 Season	物种 Species	项目 Items	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
秋冬季	Y_2	A	0.9494	0.9955	0.8949	0.9050	—	0	1.0000	0.8758
		B	0.7341	0.7116	0.4730	0.2435	—	0	1.0000	0.1750
		C	0.8157	0.9635	0.5738	0.3162	—	0	1.0000	0.2061
		D	1.0000	0.5332	0.3886	0	—	0	0.6331	0
		E	0.7654	1.0000	0.5152	0	—	0	0.6853	0
		Σ	4.2646	4.2038	2.8455	1.4647	—	0	4.3184	1.2569
		序号	2	3	4	5		7	1	6
	Y_4	A	1.0000	0.9579	0.9959	0.9420	—	0	—	—
		B	1.0000	0.8339	0.9598	0.5108	—	0	—	—
		C	0.9510	0.9482	1.0000	0.5582	—	0	—	—
		D	1.0000	0.1373	0.8619	0	—	0	—	—
		E	0.5003	0.2058	1.0000	0	—	0	—	—
		Σ	4.4513	3.0831	4.8176	2.0110	—	0	—	—
		序号	2	3	1	4		5		

A:数量关联度 B:时间生态位重叠指数 C:时间生态位相似性指数 D:林间空间生态位重叠指数 E:林间空间生态位相似性指数

按照同样方法,将 2011 年春夏季 5 种主要害虫与其天敌在数、时、空关系的参数值进行标准化,结果列于表 7。害虫前三位的天敌,桃蚜的是黑带食蚜蝇、异色瓢虫和三突花蟹蛛;小绿叶蝉的是草间小黑蛛、龟纹瓢虫和三突花蟹蛛;李肖叶甲的是草间小黑蛛、三突花蟹蛛和八斑球腹蛛。梨网蝽的是三突花蟹蛛、龟纹瓢虫和草间小黑蛛;山楂叶螨的是棕管巢蛛、八斑球腹蛛和草间小黑蛛。

表 7 2011 年春夏季主要害虫与其天敌关系参数的标准化值

Table 7 Standardized parameter values of pests and their natural enemies in the spring-summer seasons of 2011

物种 Species	项目 Items	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
Y_1	A	0.8764	0.8607	0.8984	0.8530	0.9859	0.8447	0.8367	1.0000
	B	0.3090	0.5566	0.2319	0.3418	1.0000	0.3439	0.3266	0.9799
	C	0.3041	0.5350	0.2415	0.3703	1.0000	0.3438	0.3231	0.9979
	D	0.1251	0.2574	0	0	0.3165	0	0.4295	1.0000
	E	0.2957	0.3292	0	0	0.3048	0	0.5949	1.0000
	Σ	1.9103	2.5389	1.3718	1.5651	3.6072	1.5324	2.5108	4.9778
	序号	5	3	8	6	2	7	4	1
Y_2	A	0.9883	1.0000	0.9166	0.8459	—	0.9162	0.8724	0.8513
	B	0.9908	1.0000	0.5306	0.5292	—	0.8466	0.2635	0.3513
	C	0.9767	1.0000	0.5272	0.5433	—	0.8270	0.2342	0.3317
	D	0.9096	0.7354	0.1565	0	—	1.0000	0.6618	0
	E	0.8204	0.8042	0.0413	0	—	1.0000	0.8534	0
	Σ	4.6858	4.5396	2.1722	1.9185	—	4.5898	2.8852	1.5343
	序号	1	3	5	6		2	4	7
Y_3	A	1.0000	0.8814	0.9166	0.9559	—	—	—	—
	B	1.0000	0.6367	0.7745	0.8806	—	—	—	—
	C	1.0000	0.5985	0.7741	0.9142	—	—	—	—
	D	1.0000	0.7876	0.5954	0.4046	—	—	—	—
	E	0.7337	1.0000	0.6563	0.4459	—	—	—	—
	Σ	4.7337	3.9042	3.7169	3.6012	—	—	—	—
	序号	1	2	3	4				—

续表

物种 Species	项目 Items	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
Y_4	A	0.9239	1.0000	0.9142	0.8641	—	0.9318	—	—
	B	0.7824	1.0000	0.5252	0.1646	—	0.5298	—	—
	C	0.8015	1.0000	0.5702	0.1858	—	0.5519	—	—
	D	1.0000	0.6480	0	0	—	0.9693	—	—
	E	0.3185	0.5178	0	0	—	1.0000	—	—
	Σ	3.8263	4.1658	2.0096	1.2145	—	3.9828	—	—
	序号	3	1	4	5		2		
Y_5	A	0.9090	0.8736	1.0000	0.9260	—	0.9094	0.8881	0.8232
	B	0.7058	0.5117	1.0000	0.7115	—	0.6417	0.3488	0.1292
	C	0.6428	0.4436	1.0000	0.7442	—	0.6050	0.3483	0.1292
	D	1.0000	0.7322	0.5491	0.5469	—	0.9373	0.6463	0.0801
	E	0.4532	0.4652	0.3416	1.0000	—	0.4325	0.3172	0.0675
	Σ	3.7108	3.0263	3.8907	3.9286	—	3.5260	2.5488	1.2292
	序号	3	5	2	1		4	6	7

2.7 害虫与其天敌在桃园林间和树冠上聚集格局的聚集程度差异及其原因

为了分析桃树林间和树冠上水平方位间主要害虫与其前三位天敌空间格局上的关系,将前述高峰日主要害虫及其天敌的聚集强度指数列于表 8,2010 年春夏季林间小绿叶蝉、山楂叶螨和天敌八斑球腹蛛均为聚集格局,其余天敌均为随机格局,且 $|\omega|$ 值都小于 13.46($n=30$),表明聚集程度差异不显著;秋冬季小绿叶蝉和梨网蝽均为聚集格局,天敌均为随机格局, $|\omega|$ 值都小于 13.46。

2011 年春夏季桃蚜、李肖叶甲、梨网蝽和山楂叶螨为聚集格局,而天敌和小绿叶蝉均为随机格局, $|\omega|$ 值都小于 13.46,表明害虫与其天敌间聚集程度差异不显著。根据 Blackith^[12]曾提出用种群聚集均数 λ 值大小判断分析引起聚集的原因, λ 小于 2,聚集是由于某种环境因子的作用,而不是昆虫活动过程所造成的, λ 值大于 2 或更多,聚集是由于昆虫主动聚集或任何一种因素引起的。2010 年的小绿叶蝉、山楂叶螨和梨网蝽种群聚集均数的 λ 值依次为 23.34、220.10、149.20 和 115.85, λ 值均大于 2,其聚集是由于害虫本身行为所致,其余的 λ 值均小于 2,聚集是由环境中某一因子所致。2011 年春夏季桃蚜、李肖叶甲、梨网蝽和山楂叶螨的 λ 值依次为 18.23、16.03、7.06、47.53 和 47.53, λ 值均大于 2,聚集是由害虫本身原因所致,天敌和小绿叶蝉的 λ 值都小于 2,其聚集是由环境中某一因子所致。

表 8 列出了主要害虫与其前三位天敌在树冠四个方位上分布的空间格局,树冠上 2010 年春夏季小绿叶蝉及其天敌均近似为均匀格局,且 $|\omega|$ 值均小于 4.33($n=4$),聚集程度差异不显著;山楂叶螨为聚集格局,其 3 种天敌均近似为均匀格局, $|\omega|$ 值均小于 4.33。秋冬季小绿叶蝉和梨网蝽均为聚集格局,天敌均近似为均匀格局, $|\omega|$ 值均小于 4.33。2011 年春夏季桃蚜、李肖叶甲为聚集格局,小绿叶蝉均为均匀格局,山楂叶螨为随机格局,天敌均近似为均匀格局。总体上可看出天敌在桃树树冠上四个方位上都近似均匀分布。2010 年春夏季山楂叶螨、秋冬季的小绿叶蝉和梨网蝽以及 2011 年春夏季的桃蚜、李肖叶甲的种群聚集均数 λ 值依次为 83.10、74.34、33.33、3.06 和 2.26,均大于 2,表明其聚集是害虫本身行为所致,其余害虫及天敌的 λ 值均小于 2,其聚集是环境中某些因子所致。

3 结论

对 2010 年全年和 2011 年春夏季“雨花露”水蜜桃园进行系统调查的数据,运用 t 检验法、灰色关联分析法、生态位分析法和种群聚集强度指数分析法,得出:

(1) 两年的春夏季桃园之间主要害虫和天敌差异均不显著,2010 年春夏季和秋冬季之间,小绿叶蝉、梨网蝽、三突花蟹蛛、异色瓢虫差异均极显著,跳甲差异显著,其余害虫和天敌差异均不显著。

(2) 从害虫与天敌在数、时、空关系的综合分析得出,2010 年春夏季山楂叶螨的前 3 位天敌是棕管巢蛛、

八斑球腹蛛和草间小黑蛛;秋冬季梨网蝽的是八斑球腹蛛、草间小黑蛛和三突花蟹蛛;春夏季和秋冬季小绿叶蝉的前 3 位天敌是秋冬季小绿叶蝉的是中华草蛉、草间小黑蛛和三突花蟹蛛。

表 8 主要害虫与天敌在树冠上的分布格局

Table 8 Space distribution of main pests and their natural enemies

年份 Year	日期 Date	物种 Species	C		Ca		I_w		$ \omega $		λ		分布 Distribution	
			a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
2010 春夏季	07-01	Y_2	3.86	0.03	0.12	-0.16	1.12	0.84			23.34	-5.50	A	V
		X_2	0.67	0.04	-1.01	-3.01	-0.01	-2.01	0.88	0.14	0.23	-0.22	B	V
		X_3	1.35	0.02	1.51	-17.04	2.51	-16.04	0.53	0.21	0.08	-0.22	A	V
		X_7	1.82	0.04	1.13	-5.28	2.13	-4.28	0.38	0.14	0.57	-0.22	A	V
	06-22	Y_5	654.30	39.20	1.78	0.42	2.78	1.42			149.20	83.10	A	A
		X_1	0.74	0.09	-0.22	-3.43	0.78	2.43	3.39	3.04	1.07	-0.22	B	V
		X_3	1.04	0.10	0.08	-7.03	1.08	-6.03	3.22	4.12	0.47	-0.21	A	V
		X_4	1.09	0.01	0.38	-16.56	1.37	-15.56	3.20	4.34	0.19	-0.48	A	V
2010 秋冬季	08-13	Y_2	318.51	9.72	1.00	0.12	2.00	1.12			220.10	74.34	A	A
		X_1	0.80	0.05	-1.00	-3.53	0.00	-2.53	2.99	2.66	-0.05	-0.15	B	V
		X_2	1.00	0.33	0.00	-8.12	1.00	-7.12	2.88	1.69	0.00	-0.21	B	V
		X_7	0.90	0.08	-1.00	-27.78	0.00	-26.78	2.93	2.43	-0.02	-0.22	B	V
	09-15	Y_4	70.01	2.33	0.47	0.04	1.47	1.04			115.85	33.33	A	A
		X_1	0.90	0.05	-0.20	-7.63	0.80	-6.63	2.18	1.96	-0.47	-0.22	B	V
		X_2	0.90	0.04	-1.00	-38.24	0.00	-37.24	2.18	1.99	-0.02	-0.22	B	V
		X_3	0.82	0.03	-1.04	-22.87	-0.04	-21.87	2.22	2.22	-0.12	-0.22	B	V
2011 春夏季	04-17	Y_1	81.15	2.41	4.47	0.34	5.47	1.34			18.23	3.06	A	A
		X_2	0.96	0.11	-0.09	-7.55	0.91	-6.55	2.22	1.53	-0.45	-0.20	B	V
		X_5	16.30	0.43	1.63	-0.24	2.63	0.76	0.80	0.86	3.51	-2.09	A	V
		X_8	0.54	0.09	-0.50	-3.64	0.50	-2.64	2.51	1.64	-0.59	-0.21	B	V
	07-02	Y_2	0.69	0.03	-0.03	-0.43	0.97	0.57			-9.07	-2.12	B	V
		X_1	1.00	0.10	-1.94	-1.57	-0.94	-0.57	0.18	0.66	-1.20	-0.21	B	V
		X_2	1.23	0.07	0.43	-6.92	1.43	-5.92	0.29	0.47	0.38	-0.21	A	V
		X_6	0.73	0.05	-0.18	-2.49	0.82	-1.49	0.03	0.32	-1.39	-0.21	B	V
	06-02	Y_3	6.97	1.31	0.63	0.13	1.63	1.13			7.06	2.26	A	A
		X_1	1.25	0.12	0.15	-2.17	1.15	-1.17	0.86	1.22	1.51	-0.20	A	V
		X_2	0.93	0.01	-0.22	13.13	0.78	-12.13	1.00	2.25	-0.28	-0.22	B	V
		X_3	1.15	0.08	0.75	-18.44	1.75	-17.44	0.90	1.41	0.10	-0.21	A	V
	04-29	Y_4	4.84	0.12	0.21	-0.20	1.21	0.80			16.03	-4.12	A	V
		X_1	1.15	0.02	0.75	-19.55	1.75	-18.55	0.72	0.90	0.20	-0.22	A	V
		X_2	0.82	0.05	-1.04	-23.88	-0.04	-22.88	0.89	0.48	-0.12	-0.19	B	V
		X_5	1.15	0.07	0.05	-1.16	1.05	-0.16	0.72	0.29	2.98	-0.21	A	V
	05-31	Y_5	22.85	0.67	0.36	-0.02	1.36	0.98			47.53	-14.71	A	B
		X_1	1.79	0.12	0.43	-1.91	1.43	-0.91	1.27	0.84	1.71	-0.20	A	V
		X_3	1.11	0.03	0.23	-8.78	1.23	-7.78	1.51	2.63	0.39	-0.22	A	V
		X_4	0.92	0.00	-0.59	-33.33	0.41	-32.33	1.60	0.00	-0.09	-0.23	B	V

a: 林间; b: 树冠; C: 扩散系数; I_w : 聚块性指数; Ca 指标; 久野指数; A: 聚集格局; B: 随机格局; V: 均匀格局

2011 年春夏季害虫的前三位天敌, 桃蚜的是黑带食蚜蝇、异色瓢虫和三突花蟹蛛; 小绿叶蝉的是草间小黑蛛、龟纹瓢虫和三突花蟹蛛; 李肖叶甲的是草间小黑蛛、三突花蟹蛛和八斑球腹蛛; 梨网蝽的是棕管巢蛛、八斑球腹蛛和草间小黑蛛; 山楂叶螨的是棕管巢蛛、八斑球腹蛛和草间小黑蛛。

(3) 2011 年春夏季 5 种害虫在桃园中的高峰日均为聚集分布, 种群聚集均数 λ 值均大于 2, 2010 年小绿

叶蝉、梨网蝽和山楂叶螨高峰日均为聚集分布, λ 值也均大于 2, 草间小黑蛛、三突花蟹蛛、八斑球腹蛛、棕管巢蛛和中华草蛉为聚集分布, λ 值均小于 2。聚集是由害虫及天敌本身行为所致。

(4) 2011 年春夏季 5 种害虫高峰日在桃树树冠上的分布, 桃蚜和李肖叶甲为聚集分布, λ 值均大于 2, 其余害虫均为均匀分布, λ 值小于 2; 2010 年春夏季, 小绿叶蝉为均匀分布, $\lambda < 2$, 山楂叶螨为聚集分布, $\lambda > 2$, 秋冬季小绿叶蝉和梨网蝽均为聚集分布, λ 均大于 2, 天敌都是均匀分布, 聚集是由害虫及天敌本身行为所致。2010 年和 2011 年春夏季主要害虫与其天敌之间的聚集程度差异均不显著。

评价害虫天敌优势种是利用和保护天敌的基础性工作, 涉及到天敌对目标害虫在数量、时间、空间方面跟随作用的密切程度^[2], 先后用灰色关联分析方法、空间格局分析方法和生态位等方法评价天敌作用的报道^[13-19], 实际上评价工作比较复杂, 涉及的内容较多。为了同时考虑天敌与害虫在数量、时间和空间关系的密切程度, 采用按天敌与害虫之间在数、时、空关系方面的关联度, 时、空生态位重叠指数和相似性系数的大小分别排序, 然后进行序号相加, 根据序号之和大小综合分析确定害虫的主要天敌^[20-24]; 本文采用先将有关参数标准化为密切指数相加, 按密切指数之和的大小判断目标害虫的主要天敌种类。若某一相邻指数值差异很大, 按照天敌位次序号相加, 势必影响天敌的总体位次。密切指数评价法避免了同类参数中数值差别过大的极端情况出现的误差, 似乎比排序方法要精确一些。

致谢: 南京师范大学马飞教授给予帮助, 特此致谢。

References:

- [1] Zou Y D, Wang H F. Insect Ecology of Agriculture and Forestry. Hefei: Anhui Science and Technology Press, 1989: 311-327.
- [2] Zou Y D. Theory and Application of Evaluating Natural Enemy in Management of Pests. Beijing: China Forestry Press, 1997: 27-90.
- [3] Pu Z L. Theory and Method of Biological Control in Pests. 2nd ed. Beijing: Beijing Science and Technology Press, 1984: 166-170.
- [4] Ma S J. On the integrated control of agricultural insect pests. Acta Entomologica Sinica, 1976, 19(2): 129-141.
- [5] Yan R H. Broadening the scope of biological control by alternatives towards the sustainable pest management. Acta Entomologica Sinica, 1998, 41(S1): 1-3.
- [6] Lu P K, Pang Z, Liu W Z, Gao Z J, Zhao Q H, Zhang B D, Zhang C C, Pang H Y, Li Z L. Atlas of Insect Pests and Diseases of Fruit Plants in China. Beijing: Huaxia Press, 2001: 293-293.
- [7] Deng J L. A Course in Grey System Theory. Wuhan: Huazhong University of Technology Press, 1990: 33-84.
- [8] Levins R. Evolution in Changing Environments. Princeton New Jersey: Princeton University Press, 1968: 120-121.
- [9] Zhang J T. Methods of Quantitative Vegetation Ecology. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1995: 58-78.
- [10] David F N, Moore P G. Notes on contagious distributions in plant populations. Annals of Botany, 1954, 18(1): 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] Wang K H, Zhou X Y, Li L S. Studies on niche of the leaf mites and their predatory enemies. Southwest Agricultural College, 1985, (3): 70-84.
- [14] 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.
- [15] Bi S D, Zou Y D, Chen G C, Meng Q L, Wang G M. Grey system analysis on dominant natural enemies influencing *Aphis gossypii* population. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(3): 417-420.
- [16] Zou Y D, Li L, Bi S D, Lou Z, Ding C C, Gao C Q, Li C C. Relationships between *Aphis Gossypii* and its natural enemies in megranate field. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(12): 2325-2329.
- [17] Park Y L, Obrycki J J. Spatio-temporal distribution of corn leaf Aphids (Homoptera: Aphididae) and lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) in Iowa cornfields. Biological Control, 2004, 31(2): 210-217.
- [18] Green R H. Multivariate niche analysis with temporally varying environmental factors. Ecology, 1974, 55(1): 73-83.
- [19] Smith E P, Zart T M. Bias in estimating niche overlap. Ecology, 1982, 63(5): 1248-1253.
- [20] Zhao P, Fu W F, Zhao Y H, Xu Z E, Zou Y D, Geng J G, Bi S D, Wu H Z. Relationships among *Bemisia tabaci* adults and its predatory natural enemies between pepper and tomato in different seasons. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(10): 5455-5462.
- [21] Fu W F, Zhao P, Tao J C, Zou Y D, Bi S D, Geng J G, Xu Z E. Temporal and spatial relationships among *Bemisia tabaci* and its natural enemies in tomato fields. Acta Ecologica Sinica, 2009, 14(4): 77-83.

- [22] Wang X C, Xu Y R, Li X Y, Lin X F, Tao J C, Zhao P, Zou Y D, Bi S D. Comparative analysis of population dynamics of *Empoasca flavescens* (Fab.) and its natural enemies in three Rosaceae fruit plants. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(5): 1272-1279.
- [23] Xu Y R, Wang X C, Lin X F, Zou Y D, Bi S D, Fu W F, Tao J C, Zhao P. Dynamic analysis of relationships between *Stephanitis nashi* of Dangshan crisp pear and its natural enemies. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2010, 33(3): 71-76.
- [24] Zhao X J, Xu Y R, Zou Y D, Bi S D, Yu K, Dang F H, Yu X B. Relationships between three main pests in peach orchards and their natural enemies in different years. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(20): 5527-5536.

参考文献:

- [1] 邹运鼎, 王弘法. 农林昆虫生态学. 合肥: 安徽省科学技术出版社, 1989: 311-327.
- [2] 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.
- [3] 蒲蛰龙. 害虫生物防治的原理和方法 (第二版). 北京: 科学出版社, 1984: 166-170.
- [4] 马世骏. 谈农业害虫的综合防治. *昆虫学报*, 1976, 19(2): 129-141.
- [5] 严毓华. 试论拓宽生物防治范围, 发展虫害可持续治理. *昆虫学报*, 1998, 41(S1): 1-3.
- [6] 吕佩珂, 庞震, 刘文珍, 高振江, 赵庆贺, 张宝埭, 张超冲, 庞宏宇, 李振良. 中国果树病虫原色图谱. 北京华夏出版社, 2001: 293-293.
- [7] 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] 张金屯. 植被数量生态学方法. 北京: 科学技术出版社, 1995: 58-78.
- [13] 王开洪, 周新远, 李隆术. 柑桔叶螨及其天敌的生态位研究. *西南农业大学学报*, 1985, (3): 70-84.
- [14] 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 I -时间与空间生态位. *生态学报*, 1991, 11(4): 331-337.
- [15] 毕守东, 邹运鼎, 陈高潮, 孟庆雷, 王公明. 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.
- [16] 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.
- [20] 赵鹏, 付文锋, 赵燕红, 徐增恩, 邹运鼎, 耿继光, 毕守东, 巫厚长. 不同播期辣椒和番茄上烟粉虱成虫与捕食性天敌之间的关系. *生态学报*, 2009, 29(10): 5455-5462.
- [21] 付文锋, 赵鹏, 陶金昌, 邹运鼎, 毕守东, 耿继光, 徐增恩. 番茄田烟粉虱与其天敌的时空关系. *中国农业大学学报*, 2009, 14(4): 77-83.
- [22] 王晓翠, 徐玉蕊, 李先秀, 林雪飞, 陶金昌, 赵鹏, 邹运鼎, 毕守东. 三种蔷薇科果树小绿叶蝉及捕食性天敌种群动态的比较. *生态学报*, 2010, 30(5): 1272-1279.
- [23] 徐玉蕊, 王晓翠, 林雪飞, 邹运鼎, 毕守东, 付文锋, 陶金昌, 赵鹏. 砀山酥梨梨网蝽与其天敌关系动态分析. *南京农业大学学报*, 2010, 33(3): 71-76.
- [24] 赵学娟, 徐玉蕊, 邹运鼎, 毕守东, 禹坤, 党凤花, 郁晓蓓. 不同年份油桃园三种主要害虫与其天敌的关系. *生态学报*, 2010, 30(20): 5527-5536.

CONTENTS

The combined effects of elevated CO ₂ and elevated temperature on proliferation of cyanophage PP	NIU Xiaoying, CHENG Kai, RONG Qianqian, et al (6917)
Precipitation pattern of desert steppe in Inner Mongolia, Sunite Left Banner: 1956—2009	CHEN Jun, WANG Yuhui (6925)
Emergy and economic evaluations of two sewage treatment systems	LI Min, ZHANG Xiaohong, LI Yuanwei, et al (6936)
Individual spatial pattern and spatial association of <i>Stipa krylovii</i> population in Alpine Degraded Grassland	ZHAO Chengzhang, REN Heng (6946)
Litter characteristics of nutrient and stoichiometry for <i>Phyllostachys praecox</i> over soil-surface mulching	LIU Yadi, FAN Shaohui, CAI Chunju, et al (6955)
Characteristics of leaf element concentrations of twelve nutrients in <i>Acacia confusa</i> and <i>Leucaena glauca</i> in secondary forests of acid rain region in Fuzhou	HAO Xinghua, HONG Wei, WU Chengzhen, et al (6964)
Relationships between main insect pests and their predatory natural enemies in “Yuhualu” juicy peach orchard	KE Lei, SHI Xiaoli, ZOU Yunding, et al (6972)
Simulating 10-hour time-lag fuel moisture in Daxinganling	HU Tianyu, ZHOU Guangsheng, JIA Bingrui (6984)
Soil nutrient characteristics under different vegetations in the windy and sandy region of northern Shaanxi	LI Wenbin, LI Xinpeng (6991)
Partitioning of autotrophic and heterotrophic soil respiration in southern type poplar plantations	TANG Luozhong, GE Xiaomin, WU Lin, et al (7000)
Soil water and salinity in response to water deliveries and the relationship with plant growth at the lower reaches of Heihe River, Northwestern China	YU Tengfei, FENG Qi, LIU Wei, et al (7009)
Effect of stem diameter at breast height on skewness of sap flow pattern and time lag	MEI Tingting, ZHAO Ping, NI Guangyan, et al (7018)
Invasion of exotic <i>Ageratina adenophora</i> Sprengel. alters soil physical and chemical characteristics and arbuscular mycorrhizal fungus community	YU Wenqing, LIU Wanxue, GUI Furong, et al (7027)
Models and methods for information extraction of complex ground objects based on LandSat TM images of Hainan Island, China	WANG Shudong, ZHANG Lifu, CHEN Xiaoping, et al (7036)
Effects of snow pack removal on soil hydrolase enzyme activities in an alpine <i>Abies faxoniana</i> forest of western Sichuan	YANG Yulian, WU Fuzhong, YANG Wanqin, et al (7045)
Effects of different soil water treatments on photosynthetic characteristics and grain yield in rice	WANG Weixiao, LIU Xiaojun, TIAN Yongchao, et al (7053)
Growth characteristics, lignin degradation enzyme and genetic diversity of <i>Fomes fomentarius</i> by SRAP marker among populations	CAO Yu, XU Ye, WANG Qiuyu (7061)
Effects of the invasion by <i>Solidago canadensis</i> L. on the community structure of soil animals	CHEN Wen, LI Tao, ZHENG Rongquan, et al (7072)
Effects of intercropping on quality and yield of maize grain, microorganism quantity, and enzyme activities in soils	ZHANG Xiangqian, HUANG Guoqin, BIAN Xinmin, et al (7082)
Influence of mycorrhizal inoculation on competition between plant species and inorganic phosphate forms	ZHANG Yuting, ZHU Min, XIAN Yanxiangwa, et al (7091)
The stable nitrogen isotope of size-fractionated plankton and its relationship with biomass during winter in Daya Bay	KE Zhixin, HUNG Liangmin, XU Jun, et al (7102)
Dynamics of toxic and non-toxic <i>Microcystis</i> spp. during bloom in the large shallow hypereutrophic Lake Taihu	LI Daming, YE Linlin, YU Yang, et al (7109)
Activities of antioxidant enzymes and Zn-MT-like proteins induced in <i>Chlorella vulgaris</i> exposed to Zn ²⁺	YANG Hong, HUANG Zhiyong (7117)
Ecological footprint in fujian based on calculation methodology for the national footprint accounts	QIU Shoufeng, ZHU Yuan (7124)
The comparison of CO ₂ emission accounting methods for energy use and mitigation strategy: a case study of China	YANG Xiai, CUI Shenghui, LIN Jianyi, et al (7135)
Ecological damage assessment of jiaozhou bay reclamation based on habitat equivalency analysis	LI Jingmei, LIU Tieying (7146)
The value assessment of county-level ecological assets: a case in Fengning County, Hebei Province	WANG Hongyan, GAO Zhihai, LI Zengyuan, et al (7156)
Review and Monograph	
Molecular basis for enhancement of plant drought tolerance by arbuscular mycorrhizal symbiosis: a mini-review	LI Tao, DU Juan, HAO Zhipeng, et al (7169)
A review of carbon cycling and sequestration in urban soils	LUO Shanghua, MAO Qizheng, MA Keming, et al (7177)
overview on methods of deriving fraction of absorbed photosynthetically active radiation (FPAR) using remote sensing	DONG Taifeng, MENG Jihua, WU Bingfang (7190)
Research progress on influencing of light attenuation and the associated environmental factors on the growth of submersed aquatic vegetation	WU Mingli, LI Xuyong (7202)
The framework of stoichiometry homeostasis in zooplankton elemental composition	SU Qiang (7213)
Scientific Note	
Abundance and biomass of planktonic ciliates in the sea area around Zhangzi Island, Northern Yellow Sea in July and August 2010	YU Ying, ZHANG Wuchang, ZHANG Guangtao, et al (7220)
Research of wildlife resources sustainable development based on entropy method in China	YANG Xitao, ZHOU Xuehong, ZHANG Wei (7230)
Influence of residue composition and addition frequencies on carbon mineralization and microbial biomass in the soils of agroforestry systems	WANG Yikun, FANG Shengzuo, TIAN Ye, et al (7239)
Seasonal changes in microbial diversity in different cells of a wetland system constructed for municipal sewage treatment	CHEN Yonghua, WU Xiaofu, ZHANG Zhenni, et al (7247)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

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 32 卷 第 22 期 (2012 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 22 (November, 2012)

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:1000717	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