

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 15 期 Vol.31 No.15 **2011**

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 31 卷 第 15 期

2011 年 8 月 (半月刊)

目 次

地面节肢动物营养类群对土地覆被变化和管理扰动的响应·····	李锋瑞,刘继亮,化伟,等 (4169)
两种书虱微卫星富集文库的构建及比较·····	魏丹丹,袁明龙,王保军,等 (4182)
菲律宾蛤仔 EST-SSRs 标记开发及不同地理群体遗传多样性·····	闫喜武,虞志飞,秦艳杰,等 (4190)
菲律宾蛤仔大连群体不同世代的遗传多样性·····	虞志飞,闫喜武,杨霏,等 (4199)
玻璃温室与田间栽培小麦幼穗分化的比较·····	姜丽娜,赵艳岭,邵云,等 (4207)
施用有机肥环境下盐胁迫小麦幼苗长势和内源激素的变化·····	刘海英,崔长海,赵倩,等 (4215)
黄土高原半干旱区气候变化对春小麦生长发育的影响——以甘肃定西为例·····	姚玉璧,王润元,杨金虎,等 (4225)
不同耕作模式下稻田水中氮磷动态特征及减排潜力·····	冯国禄,杨仁斌 (4235)
大田环境下转 Bt 基因玉米对土壤酶活性的影响·····	颜世磊,赵蕾,孙红炜,等 (4244)
短期淹水培养对水稻土中地杆菌和厌氧粘细菌丰度的影响·····	朱超,Stefan Ratering,曲东,等 (4251)
气候变化背景下广东晚稻播期的适应性调整·····	王华,陈新光,胡飞,等 (4261)
长期封育对不同类型草地碳贮量及其固持速率的影响·····	何念鹏,韩兴国,于贵瑞 (4270)
黄土丘陵区两种主要退耕还林树种生态系统碳储量和固碳潜力·····	刘迎春,王秋凤,于贵瑞,等 (4277)
植物叶表面的润湿性及其生态学意义·····	石辉,王会霞,李秧秧 (4287)
长白山北坡主要森林群落凋落物现存量月动态·····	郑金萍,郭忠玲,徐程扬,等 (4299)
古尔班通古特沙漠及周缘 52 种植物种子的萌发特性与生态意义·····	刘会良,宋明方,段士民,等 (4308)
吉首蒲儿根的繁殖生态学特性及其濒危成因·····	邓涛,陈功锡,张代贵,等 (4318)
栖息地永久性破坏的比例对物种多度稳定值影响的迭代算法·····	时培建,戈峰,杨清培 (4327)
喷施多效唑提高麻疯树幼苗耐盐性的生理机制·····	毛轶清,郑青松,陈健妙,等 (4334)
阿尔山落叶松主要蛀干害虫的种群空间生态位·····	袁菲,骆有庆,石娟,等 (4342)
2009 年云南省白背飞虱早期迁入种群的虫源地范围与降落机制·····	沈慧梅,吕建平,周金玉,等 (4350)
中华稻蝗长沙种群的生活史及其卵滞育的进化意义·····	朱道弘,张超,谭荣鹤 (4365)
“518”油桃主要害虫与其捕食性天敌的关系·····	施晓丽,毕守东,耿继光,等 (4372)
青藏东缘若尔盖高寒草甸中小型土壤动物群落特征及季节变化·····	张洪芝,吴鹏飞,杨大星,等 (4385)
青海可鲁克湖水鸟季节动态及渔鸥活动区分析·····	张国钢,刘冬平,侯韵秋,等 (4398)
排放与森林碳汇作用下云南省碳净排放量估计·····	刘慧雅,王铮,马晓哲 (4405)
北京城市生态占水研究·····	柏樱岚,王如松,姚亮 (4415)
专论与综述	
植物水分传输过程中的调控机制研究进展·····	杨启良,张富仓,刘小刚,等 (4427)
环境介质中的抗生素及其微生物生态效应·····	俞慎,王敏,洪有为 (4437)
自然生态系统中的厌氧氨氧化·····	沈李东,郑平,胡宝兰 (4447)
研究简报	
山东半岛南部海湾底栖动物群落生态特征及其与水环境的关系·····	张莹,吕振波,徐宗法,等 (4455)
新疆乌伦古湖浮游甲壳动物的季节演替及与环境因子的关系·····	杨丽丽,周小玉,刘其根,等 (4468)
不同施肥与灌水量对槟榔土壤氮挥发的影响·····	卢丽兰,甘炳春,许明会,等 (4477)
学术信息与动态	
水土资源保持的科学政策:全球视野及其应用——第 66 届美国水土保持学会国际学术年会述评·····	卫伟 (4485)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 320 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 34 * 2011-08



封面图说: 塞罕坝地处内蒙古高原南缘向华北平原的过渡带,地势分为坝上、坝下两部分。解放初期,这里是“飞鸟无栖树,黄沙遮天日”的荒原沙丘,自 1962 年建立了机械化林场之后,塞罕坝人建起了 110 多万亩人工林,造就了中国最大的人工林林场。这是让人叹为观止的落叶松人工林海。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

施晓丽,毕守东,耿继光,赵学娟,邹运鼎,禹坤,柯胜兵,柯磊.“518”油桃主要害虫与其捕食性天敌的关系.生态学报,2011,31(15): 4372-4384.

Shi X L, Bi S D, Geng J G, Zhao X J, Zou Y D, Yu K, Ke S B, Ke L. Relationships between main insect pests and their predatory natural enemies in “518” nectarine orchard. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(15): 4372-4384.

“518”油桃主要害虫与其捕食性天敌的关系

施晓丽¹, 毕守东^{1,*}, 耿继光^{2,*}, 赵学娟¹, 邹运鼎¹, 禹坤¹, 柯胜兵¹, 柯磊¹

(1. 安徽农业大学, 合肥 230036; 2. 安徽省植物保护总站, 合肥 230001)

摘要:为了科学施药,合理保护和利用天敌进行油桃园害虫的综合防治,用 t 检验法比较“518”油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、山楂叶螨和李肖叶甲 4 种害虫的 t 值分别为 0.8049、1.1449、0.0700 和 0.9895, t 值均小于 $t_{0.05}(2.26)$, 差异均不显著;异色瓢虫、龟纹瓢虫、棕管巢蛛、八斑球腹蛛、三突花蟹蛛、草间小黑蛛、中华草蛉和黑带食蚜蝇 8 种天敌的 t 值分别为 1.7014、0.9098、1.4304、0.6239、0.1545、0.0544、1.5579 和 0.8249, t 值均小于 $t_{0.05}(2.26)$, 差异均不显著。2009 年春-夏与 2009 年秋季之间,桃蚜的 t 值为 38.8150,棕管巢蛛的 t 值为 9.1706, $t > t_{0.01}(3.355)$, 差异均极显著,异色瓢虫、三突花蟹蛛、黑带食蚜蝇的 t 值分别为 2.3332、3.1497 和 2.4712, $t > t_{0.05}(2.306)$, 差异显著;2010 年春-夏与 2009 年秋季之间,棕管巢蛛 t 值为 7.0763, $t > t_{0.01}(3.355)$, 差异极显著,其余差异均不显著。采用灰色系统分析方法、生态位分析方法,对 2009 年及 2010 年春-夏季油桃园桃蚜、小绿叶蝉、山楂叶螨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,对每一种天敌对应的关联度、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,2009 年春-夏季小绿叶蝉前 3 位的主要天敌是异色瓢虫、八斑球腹蛛和龟纹瓢虫;桃蚜的主要天敌是中华草蛉、棕管巢蛛和异色瓢虫;山楂叶螨的主要天敌是草间小黑蛛、三突花蟹蛛和龟纹瓢虫;李肖叶甲的主要天敌是草间小黑蛛、八斑球腹蛛和龟纹瓢虫。2010 年春-夏季小绿叶蝉的主要天敌是龟纹瓢虫、八斑球腹蛛和草间小黑蛛;桃蚜的主要天敌是中华草蛉、黑带食蚜蝇和棕管巢蛛;山楂叶螨的主要天敌是八斑球腹蛛、草间小黑蛛和龟纹瓢虫;李肖叶甲的主要天敌是草间小黑蛛、八斑球腹蛛和异色瓢虫。2009 年秋季小绿叶蝉的主要天敌是龟纹瓢虫、草间小黑蛛和异色瓢虫;桃蚜的主要天敌是八斑球腹蛛、异色瓢虫和棕管巢蛛;山楂叶螨的主要天敌是三突花蟹蛛、龟纹瓢虫和八斑球腹蛛;李肖叶甲的主要天敌是草间小黑蛛、八斑球腹蛛和三突花蟹蛛。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,2009 年 5 月 5 日的天敌异色瓢虫、中华草蛉和 6 月 18 日的天敌草间小黑蛛 λ 值均大于 2,聚集是由于天敌本身原因所致。3 个时间段其余天敌的 λ 值均小于 2,表明其聚集是由环境中某一因子影响所致。

关键词:油桃;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 “518” nectarine orchard

SHI Xiaoli¹, BI Shoudong^{1,*}, GENG Jiguang^{2,*}, ZHAO Xuejuan¹, ZOU Yunding¹, YU Kun¹, KE Shengbing¹, KE Lei¹

¹ Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China

² General Station of Plant Protection, 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 four insect pests with their natural enemies in “518” nectarine orchard were systematical investigated. The results of a paired t -testing showed that the t values of four main pest numbers, i. e.

基金项目:安徽省省长专项基金项目(y47);国家重点基础研究发展计划项目(2010CB126206)

收稿日期:2010-07-11; **修订日期:**2011-01-24

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: bishoudong@163.com, ahnwzjcgjg@126.com

Empoasca flavescens, *Myzus persicae*, *Tetranychus viennensis* and *Cleoporus Variabilis*, were, respectively, 0.8049、1.1449、0.0700、0.9895, whilst the t values of eight natural enemy numbers, i. e. *Harmonia axyridis*, *Propylaea japonica*, *Clubiona japonicola*, *Theridion octomaculatum*, *Misumenops tricuspidatus*, *Erigonidium graminicola*, *Chrysopa Sinica*, *Epistrophe balteata*, were, respectively, 1.7014、0.9098、1.4304、0.0639、0.1545、0.0544、1.5579、0.8249 between the two spring-summer seasons of 2009 and 2010, which all are significantly lower than 2.26 ($t_{0.05}$ value), indicating that no significant differences existed in the numbers of four insect pests and their natural enemies between the two spring-summer seasons in “518” nectarine orchard. The further analysis indicated that the t values of *Myzus persicae* and *Clubiona japonicola* were, respectively, 38.8150 and 9.1706 with $t > t_{0.01}$ (3.355), and the t values of *Harmonia axyridis*, *Misumenops tricuspidatus*, *Epistrophe balteata* were, respectively, 2.3332, 3.1497 and 2.4712 with $t > t_{0.05}$ (2.306), indicating that there were significant differences in their numbers between the spring-summer season and the autumn season of 2009 in “518” nectarine orchard. Moreover, there was also highly significant difference in the numbers of *Clubiona japonicola* ($t = 7.0763$, $P < 0.01$) between 2010 spring-summer season and 2009 autumn season in “518” nectarine orchard, whereas no significant differences existed in the others. The quantity, time and space framework of *Myzus persicae*, *Empoasca flavescens*, *Tetranychus viennensis*, *Cleoporus variabilis* and their predatory natural enemies in 2009 spring-summer season and autumn season, as well as 2010 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 2009 spring-summer season, the orders of main natural enemies of *Empoasca flavescens*, *Myzus persicae*, *Tetranychus viennensis*, and *Cleoporus variabilis* were, respectively, *Harmonia axyridis*, *Theridion octomaculatum* and *Propylaea japonica*; *Chrysopa Sinica*, *Clubiona japonicola* and *Harmonia axyridis*; *Erigonidium graminicola*, *Misumenops tricuspidatus* and *Propylaea japonica*; and *Erigonidium graminicola*, *Theridion octomaculatum* and *Propylaea japonica*. In 2010 spring-summer season, the orders of main natural enemies of the four pests were, respectively, *Propylaea japonica*, *Theridion octomaculatum* and *Erigonidium graminicola*; *Chrysopa Sinica*, *Epistrophe balteata* and *Clubiona japonicola*; *Theridion octomaculatum*, *Erigonidium graminicola* and *Propylaea japonica*; and *Erigonidium graminicola*, *Theridion octomaculatum* and *Harmonia axyridis*. In 2009 autumn season, the orders of main natural enemies of the four pests were, respectively, *Propylaea japonica*, *Erigonidium graminicola* and *Harmonia axyridis*; *Theridion octomaculatum*, *Harmonia axyridis* and *Clubiona japonicola*; *Misumenops tricuspidatus*, *Propylaea japonica* and *Theridion octomaculatum*; and *Erigonidium graminicola*, *Theridion octomaculatum* and *Misumenops tricuspidatus*. In addition, our results also showed that the λ values of gathering average of all four insect pests, i. e. *Empoasca flavescens*, *Myzus persicae*, *Tetranychus viennensis*, and *Cleoporus variabilis*, were greater than two, indicating that the aggregation of insect pest was caused by itself. The λ values of gathering average of some natural enemies, i. e. *Harmonia axyridis* and *Chrysopa Sinica* in May 5, 2009 as well as *Erigonidium graminicola* in June 18, 2009, were also greater than two. However, the λ values of gathering average of most natural enemies were less than two, implying that the aggregation of most natural enemies was caused by different environmental factors. These above results might provide an important foundation for further protecting natural enemies and optimizing control strategies of the four major insect pests in peach orchard.

Key Words: nectarine; insect pest; predatory natural enemy; population dynamics; mathematical analysis

昆虫生态学在害虫管理实践中具有非常突出的理论和实践意义,近年来,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利用天敌和抗虫作物来有效控制害虫爆发成灾的机理和方法^[1-5],对害虫与天敌之间的关系,一般是采用生态位理论和方法分析害虫与天敌在多维资源的关系,运用灰色系统分析方法分析害虫与其天敌之间的数量关系。油桃在我国大部分地区均有种植,其果实鲜艳,酸甜可口,成熟早,是夏季进入市场的

先锋水果。油桃园有多种害虫,一种害虫有多种天敌,一种天敌又取食多种害虫,害虫与天敌之间形成了相互交叉的复杂网络关系,昆虫与天敌之间这种相互依存、相互制约的复杂关系是在长期协同进化过程中形成的,是昆虫生态学的重要研究内容。小绿叶蝉 *Empoasca flavescens*、桃蚜 *Myzus persicae*、山楂叶螨 *Tetranychus viennensis* 和李肖叶甲 *Cleoporus variabilis* 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,削弱树势,影响水果产量和品质^[6]。“518”油桃是当前的主栽优质品种之一,其主要害虫及其天敌种群的差异以及上述4种害虫与其捕食性天敌关系的研究均未见报道。为了在防治4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4种害虫,同时降低农药对果品的污染,特开展油桃害虫及其天敌种群差异及两年不同季节之间4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油桃园进行,油桃园面积 0.6 hm²,油桃的品种为“518”,树龄为 8 年生,株距 3 m,行距 3.1 m。油桃园按常规措施管理,但一直不施用化学农药。

4 种害虫及其捕食性天敌的调查方法,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 1 m 长枝条上叶片及枝干上的桃蚜、小绿叶蝉、山楂叶螨、李肖叶甲及其天敌物种数和个体数。调查时间为 2009 年 4 月 1 日至 10 月 30 日,共调查 15 次,2010 年 4 月 4 日、24 日、5 月 10 日、5 月 25 日和 6 月 8 日共调查 5 次。

1.2 数学分析方法

1.2.1 小绿叶蝉、桃蚜、山楂叶螨和李肖叶甲与其天敌在数量关系上的灰色系统分析

参照邓聚龙方法^[7],将 4 种害虫 (Y_i) 及其天敌 (X_j) 分别看作一个本征性系统,小绿叶蝉 (Y_1)、桃蚜 (Y_2)、山楂叶螨 (Y_3) 和李肖叶甲 (Y_4) 的种群数量作为该系统的参照序列。不同时点上的 4 种害虫 (Y_1)、(Y_2)、(Y_3)、(Y_4) 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:

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

经数据均值化后得:

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

Y_i 与 X_j 在第 k 点上的关联系数:

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

式中, ρ 为分辨系数,取值区间 [0-1], 一般取 $\rho=0.5$, 为了扩大几种天敌与 4 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 $\min \min |y_i(k) - x_j(k)|$ 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 4 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:

$$B = \frac{1}{\sum P_i^2}$$

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。

为了分析几种天敌对目标害虫在时间上和空间上的生态位重叠情况,用生态位重叠指数大小表示天敌对目标害虫在时间上和空间上联系的密切程度,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} 为天敌 i 对目标害虫 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 为目标害虫 i 的生态位宽度。

为了分析几种天敌对目标害虫在时间上和空间上的生态位相似性, 用生态位相似性指数大小表示天敌对目标害虫在时间上和空间上联系的密切程度, 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 个资源等级上所占的比例, 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

参考邹运鼎方法^[1], 采用聚集强度指标测定 4 种害虫及其天敌的空间分布格局, 分别采用 Poisson 扩散

系数 C ($C = \frac{S^2}{\bar{x}}$)、David 等提出的丛生指数 I ($I = \frac{S^2}{\bar{x}} - 1$)、聚块性指数 I_w ($I_w = \frac{m^*}{\bar{x}}$) 和久野指数 C_A ($C_A =$

$\frac{S^2 - \bar{x}}{\bar{x}^2}$) 4 种聚集强度指数综合分析测定 4 种害虫与其天敌的空间格局, 式中 S^2 为方差, $\bar{x}$ 为均数, m^* 为平均

拥挤度。

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^[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 $\lambda = \frac{\bar{x}}{2k} \cdot \nu$, 分析桃蚜、小绿叶蝉、山楂叶螨和李肖叶甲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 $\chi_{0.50}^2$ 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, 此值暂称密切指数, 用以避免同一类型相邻参数差别大的极端情况对总体的影响。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 油桃 4 种害虫及其天敌种群数量的季节差异

将“518”油桃 2009 年全年和 2010 年春-夏季的害虫天敌种群动态列于表 1。2009 年春—夏季小绿叶蝉、桃蚜、山楂叶螨和李肖叶甲及其天敌种群数量调查结果表明, 小绿叶蝉 4 月 1 日至 4 月 10 日虫口数量高, 4 月 25 日—5 月 10 日数量偏少, 5 月 23 日—6 月 18 日又有一高峰, 至 9 月 25 日达最高峰, 虫口数量为 256 头。桃蚜 1a 在合地区出现两次高峰, 第 1 次是 4 月上旬至 5 月下旬, 第 2 次是 9 月中旬至 10 月下旬。第 1 次高峰日数量明显高于第 2 次高峰日数量, 前者是后者的 40 倍左右, 故第 1 次高峰日是油桃园桃蚜的主要危害期。山楂叶螨全年基本都有发生, 5 月 5 日至 7 月 17 日为第 1 次高峰期, 9 月 11 日至 10 月 30 日为第 2 次高峰期, 第 1 次高峰期数量远大于第 2 次高峰期。李肖叶甲的高峰期为 5 月中旬至 7 月下旬。2010 年春-夏季

小绿叶蝉第 1 高峰期为 4 月上中旬,第 2 高峰日为 6 月 8 日,桃蚜高峰日为 4 月 4 日—6 月 8 日,山楂叶螨的高峰日为 5 月上旬—6 月上旬,李肖叶甲的高峰日为 6 月 8 日,4 种害虫发生情况两年春-夏季相近。

2009 年春-夏季与秋季之间害虫及其天敌的差异明显,其中,棕管巢蛛差异极显著($t=9.1706$, $df=8$, $t_{0.01}=3.355$, $t>t_{0.01}$), $df=8$, $t_{0.05}=2.310$, 异色瓢虫($t=3.3332$)、三突花蟹蛛($t=3.1497$)和黑带食蚜蝇($t=2.4712$)差异显著,其余天敌差异均不显著,桃蚜($t=38.8150$)差异极显著。2009 年和 2010 年两年春-夏季之间小绿叶蝉($t=0.8049$)、桃蚜($t=1.1449$)、山楂叶螨($t=0.0700$)和李肖叶甲($t=0.9895$)差异均不显著;异色瓢虫($t=1.7014$)、龟纹瓢虫($t=0.9098$)、棕管巢蛛($t=1.4304$)、八斑球腹蛛($t=0.6239$)、三突花蟹蛛($t=0.1545$)、草间小黑蛛($t=0.0544$)、中华草蛉($t=1.5579$)和黑带食蚜蝇($t=0.8249$)差异均不显著。2009 年秋季与 2010 年春-夏季之间,棕管巢蛛 t 值为 7.0763, $t>t_{0.01}$, 差异极显著,其余差异均不显著。4 种害虫 3 个时段之间的差异分析,小绿叶蝉差异均不显著。两年春-夏季之间桃蚜差异不显著,但 2009 年春-夏季与当年秋季之间,差异极显著。2009 年秋与 2010 年春-夏季之间桃蚜差异不显著。山楂叶螨和李肖叶甲 3 个时间段之间差异均不显著。

表 1 “518”油桃 4 种害虫及其天敌数量上的季节动态/(头/30 株)

Table 1 Seasonal variations of numbers of four pests and their natural enemies in “518” nectarines

时间 Time	日期 Date	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
2009 年春-夏 Spring-summer	04-01	86	178	0	3	2	0	0	0	6	1	1	0
	04-10	198	1470	0	1	227	3	0	0	11	1	0	0
	04-25	15	6500	21	3	75	0	1	2	7	2	0	6
	05-05	10	15637	858	11	76	0	1	0	4	6	104	6
	05-23	155	129	8200	151	32	6	0	2	8	41	22	9
	06-04	211	0	8038	575	29	20	0	46	7	102	0	7
	06-18	62	0	1724	912	8	23	0	42	41	75	0	0
	07-03	8	0	293	806	9	8	0	17	4	92	3	0
	07-17	4	0	350	407	3	3	0	12	1	32	0	1
2009 年秋 Autumn	08-05	27	0	26	86	0	0	1	3	9	66	0	8
	08-23	145	0	5	45	3	0	7	3	1	24	0	1
	09-11	183	2	119	8	1	4	7	2	0	9	2	1
	09-25	256	18	504	1	9	1	6	47	6	45	0	4
	10-15	42	40	107	21	1	1	4	122	4	15	6	1
	10-30	13	387	96	3	2	1	7	124	1	15	10	1
2010 年春-夏 Spring-summer	04-04	110	208	0	0	2	3	1	2	20	0	1	0
	04-24	61	170	12	2	19	2	0	0	11	2	4	2
	05-10	31	266	324	2	4	0	0	0	0	1	31	0
	05-25	29	2028	1381	21	15	1	2	2	0	11	280	3
	06-08	149	1070	11587	80	17	2	2	11	2	72	258	9

X_1 异色瓢虫 *Harmonia axyridis*; X_2 龟纹瓢虫 *Propylaea japonica*; X_3 棕管巢蛛 *Clubiona japonicola*; X_4 八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum*; X_5 三突花蟹蛛 *Misumenops tricuspidatus*; X_6 草间小黑蛛 *Erigonidium graminicola*; X_7 中华草蛉 *Chrysopa Sinica*; X_8 黑带食蚜蝇 *Epistrophe balteata*; Y_1 小绿叶蝉 *Empoasca flavescens*; Y_2 桃蚜 *Myzus persicae*; Y_3 山楂叶螨 *Tetranychus viennensis*; Y_4 李肖叶甲 *Cleoporus variabilis*

2.2 4 种害虫与天敌在数量上的关系

用 DPS 软件计算出 4 种害虫与天敌在数量上的关系,即关联度(Y_1, X_j)、(Y_2, X_j)、(Y_3, X_j)和(Y_4, 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 2。与小绿叶蝉关联度大的第 1 位天敌,2009 年和 2010 年春-夏季均为龟纹瓢虫,分别为 0.8759 和 0.8027,2009 年秋季是草间小黑蛛(0.8537)。两年春-夏季龟纹瓢虫都对小绿叶蝉数量上跟随关系密切。

与桃蚜关联度大的第 1 位天敌,2009 年和 2010 年春-夏季均为中华草蛉,分别为 0.9053 和 0.8788。由

表 2 看出两年春-夏季对桃蚜数量上跟随关系密切的前 3 位天敌种类相同。2009 年秋季第 1 位天敌也是中华草蛉(0.8365)。

与山楂叶螨关联度大的第 1 位天敌,2009 年春-夏季是龟纹瓢虫(0.8854);2010 年春-夏季是草间小黑蛛(0.9724)。由表 2 看出两年春-夏季草间小黑蛛和八斑球腹蛛都对山楂叶螨数量上跟随关系密切。2009 年秋季与山楂叶螨关联度大的第 1 位天敌是草间小黑蛛(0.8469)。

与李肖叶甲关联度大的第 1 位的天敌,2009 年春-夏季是八斑球腹蛛(0.9411);2010 年春-夏季是草间小黑蛛(0.9495)。由表 2 看出两年春-夏季草间小黑蛛和八斑球腹蛛都对李肖叶甲数量上跟随关系密切。2009 年秋季与李肖叶甲关联度大的第 1 位天敌是草间小黑蛛(0.7320)。

表 2 4 种害虫与其天敌之间的关联度

Table 2 Correlation degree of four pests and their natural enemies

时间 Time	害虫 Pests	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
2009 年春-夏 Spring-summer	Y_1	0.8622	0.8759	0.7891	0.8573	0.8737	0.8709		
	Y_2	0.8590	0.7849	0.8996	0.7761	0.8069	0.7621	0.9053	0.8303
	Y_3	0.8300	0.8854	0.7972	0.8831	0.8386	0.8696		
	Y_4	0.8143	0.9260	0.7879	0.9411	0.8732	0.9331		
2009 年秋 Autumn	Y_1	0.8188	0.7006	0.8189	0.5962	0.7294	0.8537		
	Y_2	0.7293	0.7539	0.7424	0.8133	0.7232	0.7280	0.8365	0.7306
	Y_3	0.8725	0.7898	0.7794	0.7085	0.8192	0.8469		
	Y_4	0.6903	0.6643	0.7108	0.6710	0.7155	0.7320		
2010 年春-夏 Spring-summer	Y_1	0.7346	0.8027	0.7608	0.7141	0.6715	0.6854		
	Y_2	0.8288	0.7126	0.8144	0.7267	0.6043	0.7363	0.8788	0.7390
	Y_3	0.7755	0.7598	0.7985	0.9146	0.6896	0.9724		
	Y_4	0.7890	0.7360	0.8033	0.9175	0.6541	0.9495		

2.3 4 种害虫与其天敌在树冠东、南、西、北方位上的水平空间关系

将 4 种害虫与其天敌在树冠上的东、南、西、北四个方位的水平空间生态位重叠指数和相似性比例结果列于表 3,作为判断两者在树冠上水平空间关系密切程度的依据,空间资源序列总单位为 4 个单位,与害虫生态位重叠指数越大或与害虫相似性比例越大,表明该天敌在树冠上 4 个方位的空间上对害虫的跟随关系越密切,即同域性越高。与小绿叶蝉空间生态位重叠指数大的第 1 位天敌,2009 年春-夏季是八斑球腹蛛(0.9582);2010 年春-夏季是三突花蟹蛛(0.9900);2009 年秋季是草间小黑蛛(0.9656)。相似性比例大的第 1 位天敌,2009 年春-夏季是棕管巢蛛(1.9981);2010 年春-夏季是八斑球腹蛛(1.0264);2009 年秋季是龟纹瓢虫(1.1394)。从表 3 看出,两年春-夏季和 2009 年秋季八斑球腹蛛都与小绿叶蝉空间上跟随关系密切。

由表 3 看出前 3 位的桃蚜天敌中,两年春-夏季龟纹瓢虫都对桃蚜在树冠上空间关系跟随关系密切。秋季草间小黑蛛和三突花蟹蛛对桃蚜空间上跟随关系密切。

表 3 前 3 位的山楂叶螨天敌中,两年春-夏季八斑球腹蛛都对山楂叶螨在树冠上空间跟随关系密切。秋季三突花蟹蛛和草间小黑蛛对山楂叶螨空间上跟随关系密切。

从表 3 看出,前 3 位的李肖叶甲天敌中,两年春-夏季八斑球腹蛛都对李肖叶甲在树冠上跟随关系密切。秋季草间小黑蛛和三突花蟹蛛对李肖叶甲空间上跟随关系密切。

2.4 4 种害虫与其天敌在果园中的水平空间关系

在目标害虫数量特别多时,若是主要天敌,理应与目标害虫的空间生态位重叠指数大,相似性比例大。为了分析“518”油桃 4 种害虫与其天敌在果园中的水平空间关系,选择了 4 种害虫数量特别多,天敌种类丰富且个体数量多时的数据进行分析。春-夏季小绿叶蝉高峰日为 2009 年 6 月 4 日,桃蚜为 5 月 5 日,山楂叶螨为 5 月 23 日,李肖叶甲为 6 月 18 日。秋季小绿叶蝉和山楂叶螨为 9 月 25 日,桃蚜为 10 月 30 日,李肖叶甲为

8月23日。2010年春季小绿叶蝉、山楂叶螨和李肖叶甲高峰日为6月8日,桃蚜高峰日为5月25日。将4种害虫与其天敌在果园中(株间)水平空间生态位重叠指数和相似性比例列于表4,空间资源总单位为30个单位(30株)。

表3 4种害虫与其天敌之间树冠上水平空间上的生态位重叠指数(a)和相似性比例(b)

Table 3 Space niche overlaps index (a) and niche proportional similarity (b) of four pests and their natural enemies in the level

时间 Time	害虫 Pests		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
2009 年春-夏 Spring-summer	Y_1	a	0.9525	0.9509	0.8692	0.9582	0.9275	0.9482		
		b	0.9554	0.9735	1.9981	0.9710	0.9424	0.9531		
	Y_2	a	0.9376	0.9394	0.9080	0.9637	0.9037	0.9456	0.5846	0.7148
		b	0.9394	0.9601	2.0562	0.9748	0.9166	0.9488	0.5464	0.7263
	Y_3	a	0.9249	0.9492	0.9093	0.9767	0.9215	0.9600		
		b	0.9264	0.9700	2.0693	0.9880	0.9347	0.9633		
	Y_4	a	0.8963	0.9770	0.8474	0.9872	0.9770	0.9790		
		b	0.8978	0.9987	1.9476	0.9989	0.9913	0.9827		
2009 年秋 Autumn	Y_1	a	0.8459	0.9057	0.9002	0.9449	0.8512	0.9656		
		b	0.9076	1.1394	0.9436	0.9509	0.9351	0.9791		
	Y_2	a	0.8055	0.7595	0.8622	0.9713	0.9655	0.9904	0.5471	0.9299
		b	0.8668	0.9471	0.9032	0.9782	1.0634	1.0052	0.5342	1.1154
	Y_3	a	0.7872	0.7894	0.8456	0.9548	0.9384	0.9978		
		b	0.8459	0.9851	0.8851	0.9605	1.0320	1.0116		
	Y_4	a	0.7397	0.8136	0.8040	0.9113	0.8810	0.9892		
		b	0.8069	1.0332	0.8549	0.9311	0.9836	1.0186		
2010 年春-夏 Spring-summer	Y_1	a	0.8437	0.7601	0.7503	0.9328	0.9866	0.9755		
		b	0.8645	0.8728	1.0030	1.0308	1.0369	0.9965		
	Y_2	a	0.7418	0.8676	0.6494	0.9795	0.8754	0.8106	0.6853	0.8436
		b	0.7554	0.9909	0.8429	1.0633	0.9034	0.8146	0.6840	0.9193
	Y_3	a	0.8934	0.8520	0.7710	0.9590	0.9900	0.9682		
		b	0.9122	0.9748	1.0264	1.0557	1.0365	0.9853		
	Y_4	a	0.8521	0.7698	0.7094	0.9124	0.9999	0.9698		
		b	0.8818	0.8926	0.9584	1.0185	1.0617	1.0008		

2009年春-夏季与小绿叶蝉果园中的水平空间生态位重叠指数和相似比例大的第1位天敌是异色瓢虫,分别为0.6433和0.9409,与桃蚜空间生态位重叠指数和相似比例大的第1位天敌均是中华草蛉,分别是0.7476和0.7518;与山楂叶螨空间生态位重叠指数大的第1位天敌是草间小黑蛛(0.5878),相似性比例第1位的是八斑球腹蛛(1.0828);与李肖叶甲空间生态位重叠指数和相似比例大的第1位天敌是草间小黑蛛,分别是0.7523和0.8911。

2009年秋季与小绿叶蝉、桃蚜和山楂叶螨的空间生态位重叠指数大的第1位天敌均是八斑球腹蛛,分别为0.4981、0.6115和0.6971,李肖叶甲的是草间小黑蛛(0.5738)。

与小绿叶蝉空间生态位相似性比例大的第1位是龟纹瓢虫(3.2638),桃蚜的是异色瓢虫(2.3700),山楂叶螨的是龟纹瓢虫(3.5746),李肖叶甲的是八斑球腹蛛(1.4667)。

2010年春-夏季与小绿叶蝉空间生态位重叠性指数大的第1位天敌是草间小黑蛛(4.6744),桃蚜的是中华草蛉(0.3861),山楂叶螨的是草间小黑蛛(0.5878),李肖叶甲的是草间小黑蛛(0.6183);与小绿叶蝉空间生态位相似性比例大的第1位天敌是龟纹瓢虫(2.6481),桃蚜的是中华草蛉(0.3693),山楂叶螨的是八斑球腹蛛(1.0828),李肖叶甲的是三突花蟹蛛(2.4688)。

表 4 4 种害虫与其天敌之间果园中的水平空间生态位重叠指数(a)和相似性比例(b)

Table 4 Space niche overlaps index (a) and niche proportional similarity (b) of four pests and their natural enemies in the glade

时间 Time	害虫 Pests		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
2009 年春-夏 Spring-summer	06-04 Y_1	a	0.6423	0.5026	0	0.6348	0.2444	0.5840		
		b	0.9409	0.6880	0	0.8198	0.8579	0.6741		
	05-05 Y_2	a	0.2498	0	0.0001	0	0.0111	0.3958	0.7476	0.1240
		b	0.2307	0	0.0003	0	0.0168	0.4891	0.7518	0.1532
	05-23 Y_3	a	0.4299	0.0936	0	0.0484	0.3399	0.6101		
		b	0.4424	0.0790	0	0.3261	1.1456	0.7598		
	06-18 Y_4	a	0.2904	0.4533	0	0.5609	0.5382	0.7523		
		b	0.6143	0.5327	0	0.7219	0.6385	0.8911		
	09-25 Y_1	a	0.4082	0.3707	0.2165	0.4981	0.2450	0.4096		
		b	0.8803	3.2638	0.4065	0.6019	0.4600	0.5033		
	10-30 Y_2	a	0.3829	0.1191	0.2238	0.6115	0.0650	0.3277	0.1191	0.0650
		b	2.3710	1.0432	0.4483	0.6740	0.5690	0.3858	0.0539	0.5690
2009 年秋 Autumn	09-25 Y_3	a	0.3965	0.3783	0.3376	0.6971	0.5414	0.5551		
		b	0.8652	3.5746	0.6188	0.8293	0.9924	0.6737		
	08-23 Y_4	a	0.2619	0	0.3904	0.1690	0.0976	0.5738		
		b	0.2444	0	0.9778	1.4667	1.4667	1.0855		
	06-08 Y_1	a	0.5323	0.3745	0.2289	0.6121	0.1040	0.6744		
		b	0.9009	2.6481	1.6183	1.4344	0.7356	0.8355		
	05-25 Y_2	a	0.0253	0.0056	0.0133	0.0040	0	0.0513	0.3861	0.0775
		b	0.0284	0.0215	0.0358	0.0107	0	0.0601	0.3639	0.1705
	06-08 Y_3	a	0.5509	0.1702	0.1521	0.5160	0.1124	0.5878		
		b	0.8607	1.0234	0.9144	1.0828	0.6761	0.6725		
	06-08 Y_4	a	0.4214	0.1106	0.1106	0.3036	0.3317	0.6183		
		b	0.7502	0.8229	0.8229	0.7486	2.4688	0.8058		
2010 年春-夏 Spring-summer	06-08 Y_1	a	0.5323	0.3745	0.2289	0.6121	0.1040	0.6744		
		b	0.9009	2.6481	1.6183	1.4344	0.7356	0.8355		
	05-25 Y_2	a	0.0253	0.0056	0.0133	0.0040	0	0.0513	0.3861	0.0775
		b	0.0284	0.0215	0.0358	0.0107	0	0.0601	0.3639	0.1705
	06-08 Y_3	a	0.5509	0.1702	0.1521	0.5160	0.1124	0.5878		
		b	0.8607	1.0234	0.9144	1.0828	0.6761	0.6725		
	06-08 Y_4	a	0.4214	0.1106	0.1106	0.3036	0.3317	0.6183		
		b	0.7502	0.8229	0.8229	0.7486	2.4688	0.8058		

2.5 “518”油桃 4 种害虫与其天敌在时间上的关系

将“518”油桃 4 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 5。时间资源总单位,2009 年春-夏季为 10 个单位,秋季为 5 个单位,2010 年春-夏季为 5 个单位。与小绿叶蝉时间生态位重叠指数大的第 1 位天敌,2009 年春-夏季是异色瓢虫(0.6641);2010 年春-夏季是龟纹瓢虫(0.9201);2009 年秋季是草间小黑蛛(0.8939)。相似性比例大的第 1 位天敌,2009 年和 2010 年春-夏季均是龟纹瓢虫分别为 0.6582 和 1.1327;2009 年秋季是异色瓢虫(0.9270)。

表 5 4 种害虫与其天敌之间的时间生态位重叠指数(a)和相似性比例(b)

Table 5 Time niche overlaps index (a) and niche proportional similarity (b) of four pests and their natural enemies

时间 Time	害虫 Pests		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
2009 年春-夏 Spring-summer	Y_1	a	0.6641	0.6461	0.0866	0.5663	0.5257	0.5770		
		b	0.6526	0.6582	0.2251	0.5661	0.5366	0.5809		
	Y_2	a	0.4649	0.0094	0.7518	0.0119	0.1616	0.0376	0.9012	0.4824
		b	0.4514	0.0091	1.2213	0.0114	0.1503	0.0333	0.8944	0.4467
	Y_3	a	0.1952	0.6711	0.0448	0.6102	0.3694	0.6424		
		b	0.1951	0.6765	0.0867	0.6116	0.3640	0.6093		
	Y_4	a	0.1068	0.8954	0.0407	0.8998	0.7233	0.8979		

续表

时间 Time	害虫 Pests		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
2009 年秋 Autumn	Y_1	b	0.1061	0.9158	0.0982	0.9061	0.7367	0.8963		
		a	0.8737	0.6851	0.8303	0.3109	0.7255	0.8939		
	Y_2	b	0.9270	0.7994	0.8636	0.3108	0.7886	0.9053		
		a	0.2563	0.2668	0.5444	0.7653	0.2289	0.3318	0.8927	0.2876
2010 年春-夏 Spring-summer	Y_3	b	0.2504	0.2772	0.4596	0.7186	0.2268	0.2937	0.8836	0.2880
		a	0.9436	0.5050	0.6584	0.5048	0.8996	0.8949		
	Y_4	b	0.9953	0.5783	0.6478	0.5055	0.9685	0.8830		
		a	0.3625	0.2595	0.6780	0.3448	0.3726	0.5520		
	Y_1	b	0.3859	0.3001	0.6751	0.3484	0.4050	0.5504		
		a	0.7489	0.9201	0.7784	0.8458	0.6931	0.7702		
	Y_2	b	0.7696	1.1327	1.0351	0.8236	0.6832	0.6934		
		a	0.7669	0.5205	0.9186	0.6154	0.1534	0.5902	0.9608	0.7125
	Y_3	b	0.7715	0.6078	1.1691	0.6234	0.1554	0.5646	0.9599	0.7428
		a	0.6951	0.5269	0.8136	0.9809	0.0960	0.9944		
	Y_4	b	0.6534	0.5533	0.9412	1.0089	0.0970	0.9970		
		a	0.6277	0.4963	0.7406	0.9822	0.0871	0.9990		
		b	0.5600	0.4870	0.8040	0.9941	0.0859	1.0006		

与桃蚜时间生态位重叠指数大的第 1 位天敌,2009 年和 2010 年春-夏季及 2009 年秋季均是中华草蛉,分别为 0.9012、0.9608 和 0.8927。相似性比例大的第 1 位天敌,2009 年和 2010 年春-夏季均是棕管巢蛛分别是 1.2213 和 1.1691;2009 年秋季是中华草蛉(0.8836)。表 5 中前 3 位的山楂叶螨天敌中春-夏季和秋季草间小黑蛛在时间上都对山楂叶螨跟随关系密切。

前 3 位的李肖叶甲天敌中草间小黑蛛在春-夏季和秋季在时间上也都对李肖叶甲跟随关系密切。

2.6 4 种害虫与其天敌在数量、时间和空间关系上的综合分析

将 2009 年春-夏季 4 种害虫与其天敌在数、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,小绿叶蝉前 3 位的主要天敌是异色瓢虫、八斑球腹蛛和龟纹瓢虫;桃蚜的主要天敌是中华草蛉、棕管巢蛛和异色瓢虫;山楂叶螨的主要天敌是草间小黑蛛、三突花蟹蛛和龟纹瓢虫;李肖叶甲的主要天敌是草间小黑蛛、八斑球腹蛛和龟纹瓢虫。

表 6 2009 年春夏 4 种害虫与其天敌关系参数的标准化值

Table 6 The standardized parameter values of four pests and their natural enemies in the spring-summer seasons of 2009

时间 Time	害虫 Pests	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
Y_1	A	0.9843	1	0.9009	0.9788	0.9975	0.9943		
	B	0.9924	0.9983	0.9071	1	0.9680	0.9896		
	C	0.4782	0.4872	1	0.4860	0.4716	0.4770		
	D	1	0.7825	0	0.9883	0.3805	0.9092		
	E	1	0.7312	0	0.8713	0.9228	0.7164		
	F	1	0.9729	0.1304	0.8527	0.7916	0.8688		
	G	0.9915	1	0.3420	0.8600	0.8153	0.8826		
	Σ	6.4464	5.9721	3.2804	6.0371	5.3363	5.8379		
Y_2	A	0.9489	0.8670	0.9937	0.8573	0.8913	0.8418	1	0.9172
	B	0.9729	0.9748	0.9422	1	0.9377	0.9812	0.6066	0.7417
	C	0.4569	0.4669	1	0.4741	0.4458	0.4614	0.2657	0.3532
	D	0.3341	0	0.0001	0	0.0149	0.5294	1	0.1659

续表

时间 Time	害虫 Pests	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
Y_3	E	0.3069	0	0.0004	0	0.0223	0.6505	1	0.2038
	F	0.5159	0.0104	0.8342	0.0132	0.1793	0.0417	1	0.5353
	G	0.3696	0.0075	1	0.0093	0.1231	0.0273	0.7323	0.3658
	Σ	3.9052	2.3266	4.7706	2.3539	2.6144	3.5333	5.6046	3.2829
	A	0.9374	1	0.9004	0.9974	0.9471	0.9822		
	B	0.9470	0.9718	0.9310	1	0.9437	0.9829		
	C	0.4477	0.4688	1	0.4775	0.4517	0.4655		
	D	0.7046	0.1534	0	0.0793	0.5571	1		
	E	0.3862	0.0690	0	0.2847	1	0.6632		
	F	0.2735	0.9402	0.0628	0.8549	0.5175	0.8999		
	G	0.2743	0.9510	0.1219	0.8598	0.5117	0.8566		
	Σ	3.9707	4.5542	3.0161	4.5536	4.9280	5.8503		
Y_4	A	0.8653	0.9840	0.8372	1	0.9279	0.9915		
	B	0.9079	0.9897	0.8584	1	0.9897	0.9917		
	C	0.4610	0.5129	1	0.5129	0.5090	0.5046		
	D	0.3860	0.6026	0	0.7456	0.7154	1		
	E	0.6894	0.5978	0	0.8101	0.7165	1		
	F	0.6283	0.4968	0.7413	0.9832	0.0871	1		
	G	0.5597	0.4867	0.8035	0.9935	0.0858	1		
	Σ	4.4976	4.6705	4.2404	6.0453	4.0314	6.4875		

A:数量关联度 B:树冠空间生态位重叠指数 C:树冠空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 F:时间生态位重叠指数 G:时间生态位相似性指数

按照同样方法得出,2010 年春-夏季小绿叶蝉前 3 位的主要天敌是龟纹瓢虫、八斑球腹蛛和草间小黑蛛;桃蚜前 3 位的主要天敌是中华草蛉、黑带食蚜蝇和棕管巢蛛;山楂叶螨前 3 位的主要天敌是八斑球腹蛛、草间小黑蛛和龟纹瓢虫;李肖叶甲前 3 位的主要天敌是草间小黑蛛、八斑球腹蛛和异色瓢虫。可以看出 2009 年和 2010 年两年春-夏季 4 种害虫的前 3 位主要天敌中有两种相同,表明年度之间有一定差异。

2009 年秋季小绿叶蝉前 3 位的主要天敌是龟纹瓢虫、草间小黑蛛和异色瓢虫;桃蚜前 3 位的主要天敌是八斑球腹蛛、异色瓢虫和棕管巢蛛;山楂叶螨前 3 位的主要天敌是三突花蟹蛛、龟纹瓢虫和八斑球腹蛛;李肖叶甲前 3 位的主要天敌是草间小黑蛛、八斑球腹蛛和三突花蟹蛛。

2.7 4 种害虫与其天敌在油桃园林间聚集格局的聚集程度差异及其原因

为了分析 4 种害虫与其主要天敌在油桃园林间聚集格局的聚集程度差异,首先将 4 种害虫春夏季数量最多的 2009 年 6 月 4 日的小绿叶蝉、2009 年 5 月 5 日的桃蚜、2010 年 6 月 8 日的山楂叶螨和 2009 年 6 月 18 日的李肖叶甲及其几种主要天敌的聚集强度和聚集程度指数列于表 7。可以看出,2009 年 6 月 4 日的小绿叶蝉为聚集格局,天敌除三突花蟹蛛为随机格局外,其余也均为聚集格局;2009 年 5 月 5 日的桃蚜为聚集格局,其天敌异色瓢虫和中华草蛉为聚集格局;2010 年 6 月 8 日的山楂叶螨为聚集格局,天敌除八斑球腹蛛为随机格局外,其余也均为聚集格局;2009 年 6 月 18 日的李肖叶甲为聚集格局,其天敌也均为聚集格局。春-夏季 4 种害虫与聚集格局的几种天敌的聚集程度差异用 $|\omega|$ 值比较, $|\omega|$ 值均小于 13.4629 ($n=8$),表明 4 种害虫与几种聚集格局的天敌其聚集程度之间差异不显著。按照 Blackith^[12] 提出用种群聚集均数 λ 值大小判断分析引起聚集的原因进行判断,小绿叶蝉的种群聚集均数 λ 值为 6.26,桃蚜的 λ 值为 1484.11,李肖叶甲的 λ 值为 26.79,山楂叶螨的种群聚集均数 λ 值为 183.32,其 λ 值均大于 2,表明 4 种害虫的聚集是由于害虫的主动聚集活动所致。异色瓢虫、中华草蛉和草间小黑蛛 λ 值均大于 2,聚集是由于天敌本身原因所致。其余天敌的 λ 值均小于 2,表明其聚集是由环境中某一因子影响所致。

再将 2009 年秋季数量多的 9 月 25 日小绿叶蝉、10 月 30 日的桃蚜、9 月 25 日的山楂叶螨、8 月 23 日的

李肖叶甲及其主要天敌的聚集强度指数列于表 8。可以看出,李肖叶甲为随机格局,小绿叶蝉、桃蚜和山楂叶螨 3 种害虫均为聚集格局,其种群聚集均数 λ 值分别为 6.78、9.99 和 8.19,均大于 2,表明其聚集是由于其主动聚集行为所致。天敌除八斑球腹蛛的 λ 值为 4.02,其余天敌的 λ 均小于 2。

表 7 两年春-夏季 4 种害虫与其天敌的聚集强度和聚集程度指数

Table 7 Aggregation intensity and its indices of four pests and their natural enemies in spring-summer season in two years

年份 Year	日期 date	物种 Species	扩散系数 C	I 指标	I_w 指标	C_A 指标	$ \omega $	$\bar{x}$	λ	备注 Remarks
2009 年	06-04	Y_1	4.73	3.73	1.51	0.53		7.03	6.26	+
		X_1	1.25	0.25	1.21	0.26	0.67	0.97	0.91	+
		X_2	1.59	0.59	1.88	0.88	0.55	0.67	0.41	+
		X_4	1.16	0.16	1.08	0.10	0.70	1.53	1.44	+
	05-05	Y_2	6522.96	6521.96	13.10	12.51		521.23	1484.11	+
		X_1	11.37	10.37	4.94	4.09	3.18	2.53	2.36	+
		X_6	0.83	-0.17	0	-0.86	4.49	0.20	0.12	++
		X_7	39.25	38.25	11.63	11.03	2.56	3.47	8.71	+
	06-18	Y_4	7.42	6.42	1.21	0.21		30.40	26.79	+
		X_2	2.04	1.04	2.36	1.36	0.65	0.77	0.72	+
		X_4	1.16	0.16	1.12	0.12	0.93	1.40	1.33	+
		X_6	1.07	0.07	1.03	0.03	0.97	2.50	2.46	+
	06-08	Y_3	265.52	264.52	1.68	0.68		386.23	183.32	+
		X_1	1.06	0.06	1.10	0.10	2.76	0.57	0.54	+
		X_4	0.84	-0.16	0.57	-0.43	2.88	0.37	-0.34	++
		X_6	1.28	0.28	1.12	0.12	2.67	2.40	2.30	+

+: 聚集分布; ++: 随机分布

C : 扩散系数 Diffusion coefficient; I : 丛生指标 Clumping index; I_w : 聚块性指数 Index of patchiness; C_A 指标: 久野指数 Kumes index

表 8 2009 年秋季 4 种害虫与其天敌的聚集强度和聚集程度指数

Table 8 Aggregation intensity and its indices of four pests and their natural enemies in autumn season of 2009

日期 Date	物种 Species	扩散系数 C	I 指标	I_w 指标	C_A 指标	$ \omega $	$\bar{x}$	λ	备注 Remarks
09-25	Y_1	6.73	5.73	1.63	0.67		8.53	6.78	+
	X_1	0.95	-0.05	0.74	-0.15	0.98	0.30	-0.28	++
	X_3	1.17	0.17	1.67	0.86	0.87	0.20	1.61	+
	X_6	1.78	0.78	1.48	0.58	0.66	1.50	1.28	+
10-30	Y_2	9.45	8.45	1.65	0.65		12.90	9.99	+
	X_1	0.97	-0.03	0.48	-0.52	1.14	0.07	0.12	++
	X_3	1.09	0.09	1.38	0.38	1.08	0.23	0.19	+
	X_4	2.26	1.26	1.31	0.31	0.71	4.13	4.02	+
09-25	Y_3	7.92	6.92	1.40	0.41		16.80	8.19	+
	X_4	2.01	1.01	1.60	0.65	0.69	1.57	1.20	+
	X_5	1.17	0.17	1.67	0.86	0.95	0.20	0.06	+
	X_6	1.78	0.78	1.48	0.51	0.75	1.50	1.28	+
08-23	X_8	0.90	-0.10	0	-0.78	1.09	0.13	0.12	++
	Y_4	0.86	-0.14	0.91	-0.09		1.50	1.40	++
	X_3	1.09	0.09	1.38	0.38	0.12	0.23	0.19	+
	X_4	0.93	-0.07	0.31	-0.69	0.04	0.10	-0.08	++
	X_6	1.07	0.07	1.09	0.09	0.11	0.80	0.77	+

3 结论与讨论

(1) 2009 年与 2010 年春-夏季之间油桃 4 种害虫及其天敌数量进行 t 检验得出, 年度间 4 种主要害虫及

其天敌差异均不显著。

(2)2009 年春-夏季与秋季之间 4 种害虫及其天敌数量进行 t 检验得出,季节间蚜虫和棕管巢蛛差异极显著,异色瓢虫、三突花蟹蛛和黑带食蚜蝇差异显著,其余差异不显著。

(3)、对油桃 4 种害虫与其天敌的关系按密切指数之和进行比较得出,2009 年春-夏季 4 种害虫第 1 位天敌,小绿叶蝉的是异色瓢虫;桃蚜的是中华草蛉;山楂叶螨的是草间小黑蛛;李肖叶甲的是草间小黑蛛。2009 年秋季 4 种害虫第 1 位天敌,小绿叶蝉的是龟纹瓢虫;桃蚜的是八斑球腹蛛;山楂叶螨的是三突花蟹蛛;李肖叶甲的是草间小黑蛛。2010 年春-夏季小绿叶蝉的是龟纹瓢虫;桃蚜的是中华草蛉;山楂叶螨的是八斑球腹蛛;李肖叶甲的是草间小黑蛛。

对油桃 4 种害虫与天敌关系的季节性变化分析,2009 年春-夏季与秋季之间,龟纹瓢虫和异色瓢虫是小绿叶蝉两个时间段位居前 3 位的共有天敌,异色瓢虫和棕管巢蛛是桃蚜位居前 3 位的共有天敌,龟纹瓢虫和三突花蟹蛛是山楂叶螨的位居前 3 位的共有天敌,草间小黑蛛和八斑球腹蛛是李肖叶甲位居前 3 位的共有天敌。4 种害虫其余的天敌的位次差别很大。

对油桃 4 种害虫与天敌关系的年度变化分析,2009 年春-夏季和 2010 年春-夏季之间,龟纹瓢虫和八斑球腹蛛是小绿叶蝉位居前 3 位的共有天敌,中华草蛉和棕管巢蛛是桃蚜位居前 3 位的共有天敌,草间小黑蛛和龟纹瓢虫是山楂叶螨的位居前 3 位的共有天敌,草间小黑蛛是李肖叶甲位居前 3 位的共有天敌。4 种害虫的其余天敌的位次差别很大。

上述结果表明,4 种害虫的主要天敌种类不同,有的种类相同但次序不同,同种害虫不同季节其主要天敌种类也不尽相同,如 2009 年春夏季桃蚜的主要天敌是中华草蛉、棕管巢蛛和异色瓢虫,秋季桃蚜的主要天敌是八斑球腹蛛、异色瓢虫和棕管巢蛛。春-夏季和秋季桃蚜相同的主要天敌只有异色瓢虫和棕管巢蛛两种。究其原因,可能与天敌食谱中的食饵种类多寡和对食饵的嗜嗜性及其在环境因素变动下的生物学特性有关。

评价害虫天敌优势种是利用和保护天敌的基础性工作,涉及到害虫与其天敌在数量、时间、空间方面关系的密切程度,亦即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],先后有用多种方法评价两物种的关系,有分别用灰色系统分析方法、空间格局分析方法和生态位等方法评价天敌作用的报道^[13-16],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^[17-20];本文采用先将有关参数标准化,将标准化所得的密切指数相加,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,按照天敌位次序序号相加,势必影响天敌的总体位次,如表 5 中 2009 年春-夏季天敌与李肖叶甲(Y_4)的时间相似性系数(b),若按相似系数大小的排序,第 1 位天敌是龟纹瓢虫(X_2 ,0.9158),第 2 位天敌是八斑球腹蛛(X_4 ,0.9061),第 3 位天敌是草间小黑蛛(X_6 ,0.8939),第 4 位天敌是三突花蟹蛛(X_5 ,0.7367),第 5 位的天敌是异色瓢虫(X_1 ,0.1061),若都除以最大的相似系数值 0.9158 求密切指数,则 X_2 与李肖叶甲密切指数为 1, X_4 为 0.9894, X_6 为 0.9761, X_5 为 0.8044, X_1 为 0.1159。若按序号比较 X_2 , X_4 , X_6 和 X_5 的相邻序号相差为 1,但相邻密切指数差 0.0106、0.0133 和 0.185,差异很小,但是 X_5 和 X_1 相邻序号相差为 1,而相邻密切指数差异为 0.6885,相邻密切指数差异很大。表明按标准化的密切指数相加,可以如实反映异色瓢虫(X_1)与李肖叶甲的关系。由此看出本法可以克服多种天敌与目标害虫关系及求得指数或系数之间相差很大时的弊端。为了比较两种方法分析结果的差异,再用序号法分析本文的部分资料,是 2009 年春-夏季 4 种害虫的主要天敌种类及 2009 年秋小绿叶蝉及桃蚜的主要天敌种类和密切指数法的结果是一致的;2009 年秋山楂叶螨、李肖叶甲及 2010 年 4 种害虫的天敌,两种方法的分析结果,前 2 位天敌是相同的,第 3 位和第 4 位的有不同或位置互换。密切指数分析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:承蒙南京师范大学马飞教授的大力支持,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 Edition. Beijing: Beijing Science and Technology Press, 1984: 166-170.
- [4] Ma S J. Discuss on the Synthesized Control in Agricultural Pests. Acta Entomologica Sinica, 1976, 19(2): 129-141.
- [5] Yan R H. Broadening the Scope of Biological Control bi Alternatiues towaras the Sustainable Pest Management. Acta Entomologica Sinica, 1998, 41(s): 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.
- [7] Deng J L. A Course in Grey System Theory. Wuhan: Huazhong University of Technology Press, 1990: 33-84 (in Chinese).
- [8] Levins R. Evolution in Changing Environments. Priceton 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-Proneess. 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 Niches of *Citrus LTetranychus* and Its Natural 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 G. Relationships between *Aphis Gossypii* and its Natural Enemies in Megrante field. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(12): 2325-2329.
- [17] 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.
- [18] 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. Journal of China Agricultural University, 2009, 14(4): 77-83.
- [19] 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.
- [20] 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.

参考文献:

- [1] 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.
- [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2版. 北京: 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(s): 1-3.
- [6] 吕佩珂, 庞震, 刘文珍, 高振江, 赵庆贺, 张宝康, 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.
- [7] 邓聚龙. 灰色系统理论教程. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990: 33-84.
- [9] 张金屯. 植被数量生态学方法. 北京: 中国科学技术出版社, 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. 西南农学院学报, 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): 417-420.
- [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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.31 ,No.15 August ,2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Trophic group responses of ground arthropods to land-cover change and management disturbance	LI Fengrui, LIU Jiliang, HUA Wei, et al (4169)
Construction and comparative analysis of enriched microsatellite library from <i>Liposcelis bostrychophila</i> and <i>L. entomophila</i> genome	WEI Dandan, YUAN Minglong, WANG Baojun, et al (4182)
Development of EST-SSRs markers and analysis of genetic diversities among different geographical populations of Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i>	YAN Xiwu, YU Zhifei, QIN Yanjie, et al (4190)
Genetic diversity of different generations of the Dalian population of Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i> through selective breeding	YU Zhifei, YAN Xiwu, YANG Fei, et al (4199)
Comparative study of spike differentiation in wheat in the glasshouse and field	JIANG Lina, ZHAO Yanling, SHAO Yun, et al (4207)
Effects of organic fertilizer on growth and endogenous hormone contents of wheat seedlings under salt stress	LIU Haiying, CUI Changhai, ZHAO Qian, et al (4215)
Impacts of climatic change on spring wheat growth in a semi-arid region of the Loess Plateau: a case study in Dingxi, Gansu Province	YAO Yubi, WANG Runyuan, YANG Jinhu, et al (4225)
Dynamic changes in nitrogen and phosphorus concentrations and emission-reduction potentials in paddy field water under different tillage models	FENG Guolu, YANG Renbin (4235)
Effects of planting and straw returning of transgenic Bt maize on soil enzyme activities under field condition	YAN Shilei, ZHAO Lei, SUN Hongwei, et al (4244)
Effects of short-term flooding on <i>Geobacteraceae</i> spp. and <i>Anaeromyxobacter</i> spp. abundance in paddy soil	ZHU Chao, Stefan Ratering, QU Dong, et al (4251)
Adaptive adjustments of the sowing date of late season rice under climate change in Guangdong Province	WANG Hua, CHEN Xinguang, HU Fei, et al (4261)
Carbon and nitrogen sequestration rate in long-term fenced grasslands in Inner Mongolia, China	HE Nianpeng, HAN Xingguo, YU Guirui (4270)
Ecosystems carbon storage and carbon sequestration potential of two main tree species for the Grain for Green Project on China's hilly Loess Plateau	LIU Yingchun, WANG Qiufeng, YU Guirui, et al (4277)
Wettability on plant leaf surfaces and its ecological significance	SHI Hui, WANG Huixia, LI Yangyang (4287)
Seasonal dynamics of litter accumulation in major forest communities on the northern slope of Changbai Mountain, Northeast China	ZHENG Jinping, GUO Zhongling, XU Chengyang, et al (4299)
A comparative study of seed germination traits of 52 species from Gurbantunggut Desert and its peripheral zone	LIU Huiliang, SONG Mingfang, DUAN Shimin, et al (4308)
The reproductive ecological characteristics of <i>Sinosenecio jishouensis</i> (Compositae) and its endangerment mechanisms	DENG Tao, CHEN Gongxi, ZHANG Daigui, et al (4318)
Iterative algorithm for analyzing the influence of the proportion of permanently destroyed sites on the equilibrium abundances of species	SHI Peijian, GE Feng, YANG Qingpei (4327)
Physiological mechanism of foliage spraying paclobutrazol on increasing salt tolerance of <i>Jatropha curcas</i> seedlings	MAO Yiqing, ZHENG Qingsong, CHEN Jianmiao, et al (4334)
Spatial ecological niche of main insect borers in larch of Aershan	YUAN Fei, LUO Youqing, SHI Juan, et al (4342)
Source areas and landing mechanism of early immigration of white-backed planthoppers <i>Sogatella furcifera</i> (Horváth) in Yunnan, 2009	SHEN Huimei, LÜ Jianping, ZHOU Jinyu, et al (4350)
Life history and the evolutionary significance of egg diapause in Changsha population of the rice grasshopper, <i>Oxya chinensis</i> (Orthoptera: Catantopidae)	ZHU Daohong, ZHANG Chao, TAN Ronghe (4365)
Relationships between main insect pests and their predatory natural enemies in "518" nectarine orchard	SHI Xiaoli, BI Shoudong, GENG Jiguang, et al (4372)
Dynamics of soil meso- and microfauna communities in Zoigê alpine meadows on the eastern edge of Qinghai-Tibet Plateau, China	ZHANG Hongzhi, WU Pengfei, YANG Daxing, et al (4385)
Seasonal changes in waterbirds population and movements of Great Black-headed Gull <i>Larus ichthyaetus</i> at Keluke Lake of Qinghai, China	ZHANG Guogang, LIU Dongping, HOU Yunqiu, et al (4398)
Predictions of net carbon emissions based on the emissions and forest carbon sinks in Yunnan Province	LIU Huiya, WANG Zheng, MA Xiaozhe (4405)
Ecological water depletion by human use in Beijing City	BAI Yinglan, WANG Rusong, YAO Liang (4415)
Review and Monograph	
Research progress on regulation mechanism for the process of water transport in plants	YANG Qiliang, ZHANG Fucang, LIU Xiaogang, et al (4427)
Antibiotics in environmental matrices and their effects on microbial ecosystems	YU Shen, WANG Min, HONG Youwei (4437)
Anaerobic ammonium oxidation in natural ecosystems	SHEN Lidong, ZHENG Ping, HU Baolan (4447)
Scientific Note	
Ecological characteristics of macrobenthic communities and their relation to water environmental factors in four bays of southern Shandong Peninsula	ZHANG Ying, LÜ Zhenbo, XU Zongfa, et al (4455)
Seasonal succession of crustacean zooplankton in relation to the major environmental factors in Lake Ulungur, Xinjiang	YANG Lili, ZHOU Xiaoyu, LIU Qigen, et al (4468)
Effect of different fertilization and irrigation practices on soil ammonia volatilization of Arecanut (<i>Areca catechu</i> L.)	LU Lilan, GAN Bingchun, XU Minghui, et al (4477)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 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	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 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 31 卷 第 15 期 (2011 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 15 2011

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