

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

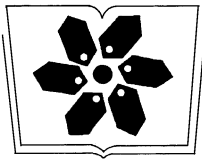
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第7期 Vol.33 No.7 **2013**

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 33 卷 第 7 期

2013 年 4 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 线虫转型发育和寄主识别的化学通讯研究进展..... 张 宾,胡春祥,石 进,等 (2003)
- 生物物种资源监测原则与指标及抽样设计方法..... 徐海根,丁 晖,吴 军,等 (2013)

个体与基础生态

- 呼伦贝尔草原人为火空间分布格局..... 张正祥,张洪岩,李冬雪,等 (2023)
- 青藏高原草地地下生物量与环境因子的关系..... 杨秀静,黄 玫,王军邦,等 (2032)
- 1961—2010 年桂林气温和地温的变化特征 陈 超,周广胜 (2043)
- 黄泥河自然保护区狗冬季卧息地选择..... 朱洪强,葛志勇,刘 庚,等 (2054)
- 青藏高原草地植物叶解剖特征..... 李全发,王宝娟,安丽华,等 (2062)
- 青藏高原高寒草甸夏季植被特征及对模拟增温的短期响应..... 徐满厚,薛 娴 (2071)
- 高温影响番茄小孢子发育的细胞学研究..... 彭 真,程 琳,何艳军,等 (2084)
- 黄土丘陵半干旱区柠条林株高生长过程新模型..... 赵 龙,王振凤,郭忠升,等 (2093)
- 柝属 7 种植物种子的发芽抑制物质研究..... 李庆梅,刘 艳,刘广全,等 (2104)
- 水分胁迫和杀真菌剂对黄顶菊生长和抗旱性的影响..... 陈冬青,皇甫超河,刘红梅,等 (2113)
- 铜尾矿废弃地与相邻生境土壤种子库特征的比较..... 沈章军,欧祖兰,田胜尼,等 (2121)
- 云雾山典型草原火烧不同恢复年限土壤化学性质变化..... 李 媛,程积民,魏 琳,等 (2131)
- 根系分区交替灌溉条件下水肥供应对番茄果实硝酸盐含量的影响..... 周振江,牛晓丽,李 瑞,等 (2139)
- 喀斯特山区土地利用对土壤团聚体有机碳和活性有机碳特征的影响..... 李 娟,廖洪凯,龙 健,等 (2147)
- 自生固氮菌活化土壤无机磷研究..... 张 亮,杨宇虹,李 倩,等 (2157)
- 德国鳶尾对 Cd 胁迫的生理生态响应及积累特性 张呈祥,陈为峰 (2165)
- 施污土壤重金属有效态分布及生物有效性..... 铁 梅,宋琳琳,惠秀娟,等 (2173)
- 基于叶面积指数改进的直角双曲线模型在玉米农田生态系统中的应用..... 孙敬松,周广胜 (2182)
- 中稻田三种飞虱的捕食性天敌优势种及农药对天敌的影响..... 林 源,周夏芝,毕守东,等 (2189)

种群、群落和生态系统

- 珠江口超微型浮游植物时空分布及其与环境因子的关系..... 张 霞,黄小平,施 震,等 (2200)
- 输水前后塔里木河下游物种多样性与水因子的关系..... 陈永金,刘加珍,陈亚宁,等 (2212)
- 南海西北部陆架区鱼类的种类组成与群落格局..... 王雪辉,林昭进,杜飞雁,等 (2225)
- 滇西北高原碧塔湖滨沼泽植物群落分布与演替 韩大勇,杨永兴,杨 杨 (2236)
- 石羊河下游白刺灌丛演替过程中群落结构及数量特征..... 靳虎甲,马全林,何明珠,等 (2248)

资源与产业生态

- 土壤深松和补灌对小麦干物质生产及水分利用率的影响..... 郑成岩,于振文,张永丽,等 (2260)

豆科绿肥及施氮量对旱地麦田土壤主要肥力性状的影响..... 张达斌,姚鹏伟,李 婧,等 (2272)

沟壑全覆盖种植方式对旱地玉米生长及水分利用效率的影响..... 李 荣,侯贤清,贾志宽,等 (2282)

城乡与社会生态

北京北护城河河岸带的温湿度调节效应 吴芳芳,张 娜,陈晓燕 (2292)

西安太阳总辐射时空变化特征及对城市发展的响应..... 张宏利,张纳伟锐,刘敏茹,等 (2304)

研究简报

安徽琅琊山大型真菌区系多样性..... 柴新义,许雪峰,汪美英,等 (2314)

中国生态学会 2013 年学术年会征稿通知 (2320)

第七届现代生态学讲座、第四届国际青年生态学者论坛通知 (I)

中、美生态学会联合招聘国际期刊主编 (i)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 318 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 32 * 2013-04



封面图说: 金灿灿的小麦熟了——小麦是世界上最早栽培的农作物之一,是一种在世界各地广泛种植的禾本科植物,起源于中东地区。全世界大概有 43 个国家,近 35%—40% 的人口以小麦为主要粮食。小麦是禾谷类作物中抗寒能力较强的越冬作物,具有一定的耐旱和耐盐碱能力。中国的小麦分布于全国各地,主要集中于东北平原、华北平原和长江中下游一带。小麦秋季播种、冬季生长、春季开花、夏季结实。子粒含有丰富的淀粉、较多的蛋白质、少量的脂肪,还有多种矿物质元素和维生素 B,是一种营养丰富、经济价值较高的粮食。

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

DOI: 10.5846/stxb201112171926

林源,周夏芝,毕守东,邹运鼎,马飞,程遐年,柯磊,杨林,郭骅. 中稻田三种飞虱的捕食性天敌优势种及农药对天敌的影响. 生态学报, 2013, 33(7): 2189-2199.

Lin Y, Zhou X Z, Bi S D, Zou Y D, Ma F, Cheng X N, Ke L, Yang L, Guo H. The dominant species of predatory natural enemies of three kinds of planthoppers and impact of pesticides on natural enemies in paddy field. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(7): 2189-2199.

中稻田三种飞虱的捕食性天敌优势种及 农药对天敌的影响

林 源¹, 周夏芝¹, 毕守东^{1,*}, 邹运鼎¹, 马 飞^{2,*}, 程遐年³,
柯 磊¹, 杨 林¹, 郭 骅¹

(1. 安徽农业大学, 合肥 230036; 2. 南京师范大学, 南京 210046; 3. 南京农业大学, 南京 210095)

摘要: 对两优 0923 非防治的中稻田白背飞虱、灰飞虱和褐飞虱与其天敌间的关系, 采用灰色关联度法、生态位分析方法, 对盆拍法调查的 3 种飞虱与其捕食性天敌在数量、时间和空间三方面关系进行分析, 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的密切指数相加, 按照密切指数值之和大小排序, 评判 3 种飞虱捕食性天敌优势种。并用同样方法分析常规防治田农药对飞虱捕食性天敌的影响, 以期合理施药, 科学保护和利用天敌优势种提供科学依据, 其结果是, 非防治田白背飞虱前三位天敌是条纹蝇虎、草间小黑蛛和锥腹肖蛸; 灰飞虱的是八斑球腹蛛、茶色新园蛛和锥腹肖蛸; 褐飞虱的是纵条蝇狮、四点亮腹蛛和黑肩绿盲蝽。防治田白背飞虱前三位天敌是条纹蝇虎、草间小黑蛛和锥腹肖蛸; 灰飞虱的是拟水狼蛛、四点亮腹蛛和草间小黑蛛; 褐飞虱的是黑肩绿盲蝽、拟水狼蛛和四点亮腹蛛。盆拍法的防治田和非防治田之间 3 种飞虱前三位的相同天敌, 白背飞虱完全相同, 灰飞虱没有相同天敌, 褐飞虱的是黑肩绿盲蝽和四点亮腹蛛。飞虱与天敌在时间和数量关系上, 扫网法的防治田和非防治田之间 3 种飞虱前三位的相同天敌, 白背飞虱的是锥腹肖蛸和四点亮腹蛛, 灰飞虱完全相同, 褐飞虱的是纵条蝇狮和条纹影虎。两种稻田的差异主要是农药杀伤了飞虱, 使飞虱数量减少, 并对天敌有一定杀伤力, 进而影响到天敌的发生规律。非防治田的盆拍法和扫网法之间, 3 种飞虱前三位相同的天敌, 白背飞虱的是锥腹肖蛸, 灰飞虱的也是锥腹肖蛸, 褐飞虱的是纵条蝇狮。防治田两调查方法结果之间, 白背飞虱的是锥腹肖蛸, 灰飞虱和褐飞虱前 3 位天敌中没有相同天敌, 其差异主要是两法调查稻株的部位不同所致。

关键词: 飞虱; 捕食性天敌; 种群动态; 优势种天敌

The dominant species of predatory natural enemies of three kinds of planthoppers and impact of pesticides on natural enemies in paddy field

LIN Yuan¹, ZHOU Xiazhi, BI Shoudong^{1,*}, ZOU Yunding¹, MA Fei², CHENG Xianian³, KE Lei¹, YANG Lin¹, GUO Hua¹

1 Anhui Agricultural University, Hefei 230036, Anhui Province, China

2 Nanjing Normal University, Nanjing 210046, Jiangsu Province, China

3 Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu Province, China

Abstract: To provide a scientific basis for proper application and conservation as well as utilization of the dominant natural enemies, in this paper, the quantity, time and space framework of *Sogatella furcifera* (Horvath), *Laodelphax striatellus* (Fallen), *Nilaparvata lugens* (Stål) and their predatory natural enemies were systematically studied using grey system

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2010CB126206); 国家自然科学基金(30871444); 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: 2011-12-17; 修订日期: 2012-08-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: bishoudong@163.com, mafei01@tsinghua.org.cn

analysis, ecological niche analysis and aggregated-intensity index analysis of spatial patterns in both control and non-control paddy fields of rice variety “Two Excellent 0923”. The same methods were also used to analyze the impact of pesticides on predatory natural enemies of three species of planthoppers. The synthetic ranking results indicated that, in non-control field, the orders of main natural enemies of *Sogatella furcifera* (Horvath), *Laodelphax striatellus* (Fallen) and *Nilaparvata lugens* (Stål) were, respectively, *Plexippus setipet* (Karsch), *Erigonidiun graminicolum* (Sundevall) and *Tetragnatha maxillosa* (Thoren); *Theridion octomaculatum* (Boes et str.), *Neoscona theisi* (Walckenaer) and *Tetragnatha maxillosa* (Thoren); *Marpissa magister* (Karsch), *Singa pygmaea* (Sundevall) and *Cyrtorhinus lividipennis* (Reuter). In control field, the orders of main natural enemies of *Sogatella furcifera* (Horvath), *Laodelphax striatellus* (Fallen) and *Nilaparvata lugens* (Stål) were, respectively, *Plexippus setipet* (Karsch), *Erigonidiun graminicolum* (Sundevall) and *Tetragnatha maxillosa* (Thoren); *Pirata subpiraticus* (Boes et Str), *Singa pygmaea* (Sundevall) and *Erigonidiun graminicolum* (Sundevall); *Cyrtorhinus lividipennis* (Reuter), *Pirata subpiraticus* (Boes et Str) and *Singa pygmaea* (Sundevall). The comparing analyses showed that the top three dominant natural enemies of *Sogatella furcifera* (Horvath) were identical, and in those of *Nilaparvata lugens* (Stål) only *Cyrtorhinus lividipennis* (Reuter) and *Singa pygmaea* (Sundevall) were same, whereas those of *Laodelphax striatellus* (Fallen) were completely different between the control field and non-control field by beat-pan method. Compared to the beat-pan method, the top three dominant natural enemies of *Laodelphax striatellus* (Fallen) were identical, whereas there were two same kinds of natural enemies, i. e. *Tetragnatha maxillosa* (Thoren) and *Singa pygmaea* (Sundevall) in those of *Sogatella furcifera* (Horvath), and *Marpissa magister* (Karsch) and *Plexippus setipet* (Karsch) in those of *Nilaparvata lugens* (Stål) between the control field and non-control field. The differences of these dominant natural enemies between two kinds of paddy fields were mainly caused by using pesticides, which kill and wound the three species of planthoppers, so pesticides affected the occurrence of natural enemies. In the non-control field, there was only a same kind of natural enemy (*Tetragnatha maxillosa* (Thoren)) in the top three dominant natural enemies of *Sogatella furcifera* (Horvath) and *Laodelphax striatellus* (Fallen), and *Marpissa magister* (Karsch) in those of *Nilaparvata lugens* (Stål) between beat-pan method and sweep net method. However, in the control field, the same natural enemies in the top three dominant natural enemies of *Sogatella furcifera* (Horvath) was only *Tetragnatha maxillosa* (Thoren), but no same natural enemies were found in those of *Laodelphax striatellus* (Fallen) and *Nilaparvata lugens* (Stål). The difference seems to be mainly caused by the two different investigation methods.

Key Words: planthoppers; predatory natural enemy; population dynamics; dominant natural enemy

飞虱类昆虫是水稻的重大害虫,几乎遍及我国所有稻田,黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* (Reuter)和稻田蜘蛛等是飞虱类害虫的主要捕食性天敌,对于飞虱与其天敌的关系有大量报道,这些内容包括农药对褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (stål)等3种飞虱天敌捕食功能的影响及天敌栖境生态位和捕食作用分析等^[1-8]、有机稻田白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horvath)种群动态和天敌的作用^[9]以及用地统计学方法分析稻田灰飞虱 *Laodelphax striatellus* (Fallen)与蜘蛛时空动态^[10]和稻田蜘蛛与飞虱的关系^[9-13]。昆虫种群生态学的核心内容是研究种群的空间、数量、时间结构及其动态,由此可准确地反映昆虫种群的特征^[14]。我国稻田有1303种天敌,其中捕食性天敌802种,飞虱的捕食性天敌中蜘蛛占绝对优势,已鉴定蜘蛛22科372种^[1]。通过排除法,添加实验法、田间种群动态调查及血清学等方法已充分证明蜘蛛类天敌对褐飞虱的种群控制起相当重要的作用。中国稻田的蜘蛛优势种主要有棕管巢蛛 *Clubiona japonicola* (Boes et Str.)、八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum* (Boes et str.)、草间小黑蛛 *Erigonidiun graminicolum* (Sundevall)、拟水狼蛛 *Pirata subpiraticus* (Boes et Str)、食虫瘤胸蛛 *Oedothorax insecticeps* (Boes et Str.)和拟环纹豹蛛 *Pardosa pseudoannulata* (Bose et Str.)等^[6]。由于气候等条件不同,各地的天敌优势种不尽相同。但在飞虱防治中除了利用天敌防治外,仍需进行必要的农药防治。因此势必杀伤一部分天敌。本文对非防治田3种飞虱的捕食性天敌优势种进行评定,

并探索防治田农药对天敌的影响,其结果可为合理施药,科学保护天敌及为飞虱类综合防治提供科学依据,并可丰富昆虫种群生态学内容。

1 材料与方法

1.1 调查地点与品种

调查地点位于安徽省怀宁县高河镇谢山村中稻田(34.42°N,116.49°E),海拔14 m,水稻品种为两优0293,在栽植两优0293的40 hm²的田块中设置非防治田和防治田,采取同样方法同时调查。前茬为冬季休闲田,旱育秧,6月5日移栽,行距和株距均为24 cm。9月28日收割。试验田周围均为该品种稻田。

1.2 不同处理的稻田类型

防治田按常规管理措施管理和施用植保部门要求的无公害农药防治病虫害,7月12日—20日喷施20%氯虫苯甲酰(Chlorantraniliprole)10mL+10%吡虫啉(imidacloprid)30g+12.5%井蜡芽(validamycin+bacillus cerens)200mL;8月8日—11日喷施25.5%阿维丙溴磷(abamectin+profenofos)100mL+10%威清虱(Imidacloprid+Buprofezin)80g+43%戊唑醇(Tebuconazole)20mL;8月24日—27日喷施10%威清虱80g+20%氯虫苯甲酰10 mL+30%苯甲丙环唑(difenoconazole+propiconazole)15 mL。该田本文称作防治田,面积为0.14hm²。

另一块田按正常措施管理,但一直不施用农药,本文称为非防治田。面积为0.14hm²。

1.3 调查时间和方法

2010年7月5日—9月23日,14d调查1次,共调查6次。

1.3.1 盆拍法^[15-16]

采用平行跳跃法在防治田及非防治稻田中分别随机选5行,隔2行调查1行,每行拍20穴,为避免盆拍对临近稻株的影响,隔4穴拍2穴,共拍100穴。记录百穴飞虱及其天敌物种数和个体数。

1.3.2 扫网法

在盆拍法等调查的同时用捕虫网每次对盆拍法取样田之外的两种类型试验田用平行跳跃法选点各扫150网。记载扫网的飞虱及天敌物种数和个体数。

1.4 数学分析法

1.4.1 用灰色系统分析法分析飞虱与其主要天敌在数量上的关联度^[17]

将白背飞虱、灰飞虱和褐飞虱3种害虫(Y_j)及其天敌(X_k)分别看作一个本征性系统,3种害虫数量(Y_j)作为该系统的参照序列。不同时间上的几种害虫(Y_j)与天敌(X_k)在第 h 点上的效果白化值,进行双序列关系分析:

$$Y_j = \{Y_j(1), Y_j(2), \dots, Y_j(n)\}, j=1, 2, 3; X_k = \{X_k(1), X_k(2), \dots, X_k(n)\}, k=1, 2, \dots, M$$

经数据均值化后得:

$$Y_j = \{Y_j(1), Y_j(2), \dots, Y_j(n)\}, j=1, 2, 3; X_k = \{X_k(1), X_k(2), \dots, X_k(n)\}, k=1, 2, \dots, M$$

Y_j 与 X_k 在第 h 点上的关联系数:

$$r_{jk} = [\min_{\min} |Y_j(h) - X_k(h)| + \rho \max_{\max} |Y_j(h) - X_k(h)|] / [|Y_j(h) - X_k(h)| + \rho \max_{\max} |Y_j(h) - X_k(h)|], h=1, 2, \dots, n$$

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3种害虫之间关联系数的差距,便于进行分析,本文取 $\rho=0.8$, $\Delta_{jk}(h) = |Y_j(h) - X_k(h)|$ 为 Y_j 与 X_k 序列在第 h 点上的绝对值差; $\min |Y_j(h) - X_k(h)|$ 为1级最小值,表示找出 Y_j 与 X_k 序列对应点的差值中的最小差;而 $\min_{\min} |Y_j(h) - X_k(h)|$ 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。 $\max |Y_j(h) - X_k(h)|$ 与 $\max_{\max} |Y_j(h) - X_k(h)|$ 分别为1级和2级最大差,其含义与上述最小差相似。 $R(Y_j, X_k) = 1/n \sum r_{jk}(h)$ 即为第 k 种天敌(X_k)与3种害虫数量的关联度,其大小反映 X_k 对 Y_j 的联系或影响程度。关联度越高,两者间数量上关系越密切。

1.4.2 用生态位分析法分析天敌对飞虱在时间上和空间跟随关系的密切程度

生态位重叠采用 Levins^[18] 的生态位重叠指数公式:

$$L_{jk} = B_j \sum_{h=1}^n P_{jh} \cdot P_{kh}$$

式中, L_{jk} 为天敌 k 对飞虱 j 的生态位重叠, P_{jh} 和 P_{kh} 为飞虱 j 和天敌 k 在资源序列的第 h 单位上的比例, B_j 为飞虱 j 的生态位宽度。

生态位相似性比例采用 Morisita 相似性系数^[19] 公式:

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

式中, P_{hj} , P_{hk} 分别表示飞虱 j , 天敌 k 在第 h 个资源等级上所占的比例, n_{hk} 是 k 天敌在 h 资源序列等级上的数量, n_{hj} 是 j 飞虱在 h 资源序列等级上的数量。 N_j , N_k 分别表示 j 飞虱和 k 天敌的个体数量之和。两者生态位重叠指数及相似性比例越大, 表明天敌对飞虱空间或时间上跟随关系越密切。

空间生态位重叠指数和相似系数均是每次 50 个调查样点的数据的计算结果。

1.4.3 用密切指数之和法分析飞虱主要天敌的位次^[20]

将白背飞虱、灰飞虱和褐飞虱与其天敌在数量上的关联度 $R(Y_j, X_k)$ 进行标准化, 即分别除以各自最大的关联度值。标准化后的值暂称为密切指数。密切指数最大值为 1; 白背飞虱(灰飞虱, 褐飞虱) 与其天敌在时间(空间)生态位重叠指数(相似系数) 也进行标准化, 即分别除以各自最大的生态位重叠指数(相似系数), 密切指数最大为 1。将白背飞虱(灰飞虱, 褐飞虱) 与其每个天敌在数量、时间、空间关系上的密切指数相加, 密切指数之和最大的, 即是与飞虱关系密切的第一位天敌, 依次类推。

2 结果与分析

2.1 两种类型田飞虱及其天敌种群动态及其差异

通过盆拍法和扫网法的系统调查, 共发现飞虱的天敌 31 种, 其中草间小黑蛛、锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa* (Thoren)、鳞纹肖蛸 *Tetragnatha squamata* (Karsch)、八斑球腹蛛、长腹跳狮 *Marpissa elongata* (Katsch)、黑色蝇虎 *Plexippus paykulli* (Savigny et Audouin)、纵条蝇虎 *Marpissa magister* (Karsch)、条纹蝇虎 *Plexippus setipet* (Karsch)、茶色新园蛛 *Neoscona theisi* (Walckenaer)、黄褐新园蛛 *Neoscona doenitzi* (Boes et Str.)、四点亮腹蛛 *Singa pygmaea* (Sundevall)、棕管巢蛛、拟水狼蛛、黄蜻 *Pantala flavescens* (Fabricius) 和黑肩绿盲蝽数量较多。7 月 5 日田间调查未见飞虱, 两种类型田盆拍和扫网的结果白背飞虱和灰飞虱都是在 8 月 22 日前数量多; 褐飞虱是 8 月 22 日之后较多。天敌中锥腹肖蛸、八斑球腹蛛、四点亮腹蛛、鳞纹肖蛸在 8 月 6 日前数量多, 而后期少。

将非防治田和防治田之间飞虱百穴及其主要天敌种群数量差异的 t 值列于表 1。可看出, 盆拍方法和扫网方法调查的两种类型田之间白背飞虱 t 值为 2.43 和 2.39, $t > t_{0.05}(2.31)$, 差异显著, 天敌和另两种飞虱差异均不显著。盆拍法调查的两种类型田之间飞虱总量的 t 值为 4.01, $t > t_{0.01}(3.36)$, 差异极显著; 扫网方法调查的两种类型田之间飞虱总量的 t 值为 2.85, $t > t_{0.05}(2.31)$, 差异显著。两种类型田之间扫网法和盆拍法调查的 14 种主要天敌差异均不显著, 但非防治田的飞虱及其 14 种天敌的个体数均多于防治田。

从表 1 可看出, 盆拍和扫网方法 3 种飞虱的数量有一定差异, 扫网的白背飞虱和灰飞虱比盆拍的多, 可能由于两种抽样方法的样方不可比所致。经 t 检验, 两种方法之间非防治田褐飞虱的 t 值为 1.21, 白背飞虱 t 值为 2.29, 灰飞虱 t 值为 1.06; 防治田褐飞虱的 t 值为 1.71, 白背飞虱 t 值为 1.57, 灰飞虱 t 值为 1.01。两种方法的结果只有非防治田白背飞虱差异较显著 ($P < 0.10$), 其余差异均不显著。

表 1 非防治田和防治田之间飞虱及其天敌种群数量差异的 t 值

Table 1 The t values of planthopper and their natural enemies of non-control field and control field									
方法 Methods	ΣY_i	Y_1	Y_2	Y_3	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
盆拍 Basin-beat method	4.01 **	2.43 *	1.18	0.88	1.61	0.44	0.29	0.87	1.22
扫网 Sweep net method	2.85 *	2.93 *	1.49	1.15	0.12	0.95	1.00	1.12	1.63
方法 Methods	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
盆拍	1.31	0.21	0.38	0.18	0.77	0.34	0.90	0.45	1.37
扫网	1.08	0	0.79	1.00	0	0.94	0.91	0.94	0.94

$df=8$ 时, $t_{0.05}=2.31, t_{0.01}=3.36$; ** 差异极显著; * 差异显著;

Y_1 白背飞虱; Y_2 灰飞虱; Y_3 褐飞虱; X_1 草间小黑蛛; X_2 锥腹肖蛸; X_3 八斑球腹蛛; X_4 长腹跳狮; X_5 纵条蝇虎; X_6 条纹蝇虎; X_7 茶色新园蛛; X_8 四点亮腹蛛; X_9 拟水狼蛛; X_{10} 黑肩绿盲蝽; X_{11} 鳞纹肖蛸; X_{12} 黑色蝇虎; X_{13} 黄蜻; X_{14} 黄褐新园蛛

Y_1 *Sogatella furcifera* (Horvath); Y_2 *Laodelphax striatellus* (Fallen); Y_3 *Nilaparvata lugens* (stal); X_1 *Erigonidium graminicolum* (Sundevall); X_2 *Tetragnatha maxillosa* (Thoren); X_3 *Theridion octomaculatum* (Boes et str.); X_4 *Marpissa elongata* (Katsch); X_5 *Marpissa magister* (Karsch); X_6 *Plexippus setipet* (Karsch); X_7 *Neoscona theisi* (Walckenaer); X_8 *Singa pygmaea* (Sundevall); X_9 *Pirata subpiraticus* (Boes et Str); X_{10} *Cyrtorhinus lividipennis* (Reuter); X_{11} *Tetragnatha squamata* (Karsch); X_{12} *Plexippus paykulli* (Savigny et Audouin); X_{13} *Pantala flavescens* (Fabricius); X_{14} *Neoscona doenitzi* (Boes et Str.).

2.2 盆拍法三种飞虱与其天敌在数量上的关系

为了分析飞虱与天敌在数量上关系的密切程度,用 DPS 软件计算出 3 种飞虱与天敌在数量上的关系,即关联度 $R(Y_j, X_k)$ 。结果绘于图 1,非防治田中,与飞虱关联度大的前三位天敌,白背飞虱的是锥腹肖蛸、条纹蝇虎和八斑球腹蛛;灰飞虱的是茶色新园蛛、八斑球腹蛛和锥腹肖蛸;褐飞虱的是纵条蝇虎、黑肩绿盲蝽和四点亮腹蛛。

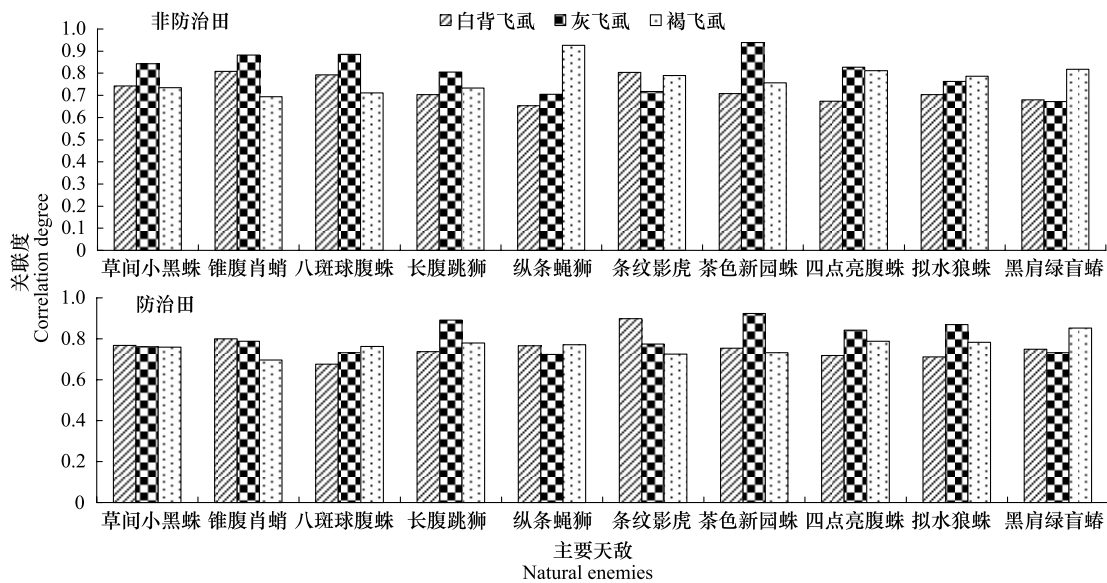


图 1 飞虱与其天敌之间的关联度

Fig.1 Correlation degree of planthoppers and their natural enemies

防治田中,与飞虱关联度大的前三位天敌,白背飞虱的是条纹蝇虎、锥腹肖蛸和草间小黑蛛;灰飞虱的是茶色新园蛛、长腹跳狮和拟水狼蛛;褐飞虱的是黑肩绿盲蝽、四点亮腹蛛和拟水狼蛛。

2.3 盆拍法 3 种飞虱与其天敌在时间上的关系

将 3 种飞虱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,结果列于表 2。在非防治田和防治田中,与飞虱在时间生态位重叠指数和相似性比例大的第一位天敌,白背飞虱均是条纹蝇虎;灰飞虱的均是茶色新园蛛;褐飞虱的分别是纵条蝇虎和黑肩绿盲蝽。

2.4 盆拍法飞虱与其天敌在稻田中的空间关系

高峰日天敌与害虫之间的空间关系可以较为准确地反应天敌在空间上对害虫跟随关系的密切程度,为分

析 3 种飞虱与其天敌在稻田中的空间关系,选择了 3 种飞虱数量多、天敌种类丰富且个体数多的高峰日数据进行分析,白背飞虱为 8 月 6 日,灰飞虱为 7 月 20 日,褐飞虱为 9 月 23 日。将以 2 穴为单位的 3 种害虫与其主要天敌在稻田空间生态位重叠指数和相似性比例列于表 3。盆拍法的非防治田中,与飞虱在稻田中空间生态位重叠指数和相似性比例第一位的天敌,白背飞虱的分别为四点亮腹蛛和纵条蝇狮;灰飞虱的均为拟水狼蛛;褐飞虱的分别为四点亮腹蛛和长腹跳狮。

表 2 飞虱与其天敌之间时间生态位重叠指数(H)和相似性比例(M)

Table 2 Time niche overlaps index (H) and niche proportional similarity (M) of planthoppers and their natural enemies												
稻田 Paddy field	飞虱 Planthopper	项目 Items	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
非防治田 Non-control field	Y ₁	H	0.5290	0.6115	0.5713	0.3292	0.0588	0.6687	0.2779	0.2983	0.2452	0.2537
		M	0.5310	0.6176	0.5742	0.3365	0.0576	0.6898	0.2744	0.2990	0.2482	0.2621
	Y ₂	H	0.8946	0.9014	0.9291	0.6095	0.0374	0.2112	0.9886	0.8738	0.2968	0.0307
		M	0.8425	0.8958	0.9137	0.5945	0.0375	0.2019	1.0034	0.8282	0.2892	0.0306
	Y ₃	H	0.4197	0.1310	0.1509	0.2981	0.9921	0.8145	0.1060	0.5389	0.4808	0.0416
		M	0.4143	0.1327	0.1518	0.3018	0.9910	0.8220	0.1069	0.5330	0.4837	0.0407
防治田 Control field	Y ₁	H	0.6113	0.8171	0.1319	0.2093	0.5948	0.9885	0.3086	0.2252	0.1886	0.0167
		M	0.5822	0.8213	0.1316	0.2148	0.6280	0.9846	0.3181	0.2228	0.1900	0.0168
	Y ₂	H	0.5082	0.7427	0.4140	0.9563	0.1614	0.1849	0.9765	0.9164	0.9345	0.8713
		M	0.4743	0.7378	0.4095	0.9771	0.1683	0.1862	1.0024	0.8978	0.9369	0.8882
	Y ₃	H	0.4720	0.2596	0.5601	0.1868	0.3953	0.1272	0.1295	0.4062	0.2291	0.8935
		M	0.4787	0.2674	0.5638	0.1907	0.4298	0.1183	0.1324	0.4085	0.2291	0.8378

H:生态位重叠指数,M:生态位相似比例

表 3 飞虱与其天敌之间稻田中空间生态位重叠指数(H)和相似性比例(M)

Table 3 Space niche overlaps index (H) and niche proportional similarity (M) of planthoppers and their natural enemies in the paddy field												
稻田 Paddy field	飞虱 Planthopper	项目 Items	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
非防治田 Non-control field	Y ₁	H	0.4626	0.2297	0.2480	0.1337	0.1619	0.4834	0.1121	0.5213	0.3406	0
		M	0.7420	0.3919	0.2776	0.1527	1.4589	1.1256	1.0100	0.9043	0.6782	0
	Y ₂	H	0.2303	0.3272	0.4897	0.4184	0	0.1028	0.2930	0.3109	0.5906	0
		M	0.2872	0.4204	0.5662	0.7265	0	0.7547	0.2869	0.3527	1.0237	0
	Y ₃	H	0.5619	0	0.0577	0.3002	0.5941	0.3322	0	0.7826	0.2721	0
		M	0.8095	0	0.6943	3.6105	0.7693	0.4647	0	0.9665	0.3461	0
防治田 Control field	Y ₁	H	0.4820	0.2000	0	0	0.0842	0.2737	0.1031	0.3979	0.0421	0
		M	0.9199	0.2078	0	0	0.8538	0.8110	1.2807	0.9068	0.4269	0
	Y ₂	H	0.3359	0.1814	0.2517	0.0649	0	0	0.0161	0.2816	0.2808	0.3099
		M	0.9102	0.3228	0.4437	0.1394	0	0	0.0188	0.3686	0.4308	0.4799
	Y ₃	H	0.0738	0.0174	0.1685	0	0	0	0	0.3650	0.5967	0.4953
		M	0.1091	0.0741	0.2880	0	0	0	0	0.4219	3.1111	0.5608

防治田中,与飞虱在稻田中空间生态位重叠指数和相似性比例第一位的天敌,白背飞虱的分别为草间小黑蛛和茶色新园蛛;灰飞虱的均为草间小黑蛛;褐飞虱的均为拟水狼蛛。

2.5 盆拍法 3 种飞虱与其天敌在数量、时间和空间关系上的综合分析

将 3 种飞虱与其主要天敌在数、时、空关系的参数值进行标准化为密切指数,依据各密切指数之和比较,和越大,表明该天敌在数时空关系上与飞虱关系越密切,结果绘于图 2。非防治田中,飞虱前三位的天敌,白背飞虱的是条纹蝇虎、草间小黑蛛和锥腹肖蛸;灰飞虱的是八斑球腹蛛、茶色新园蛛和锥腹肖蛸;褐飞虱的是纵条蝇狮、四点亮腹蛛和黑肩绿盲蝽。

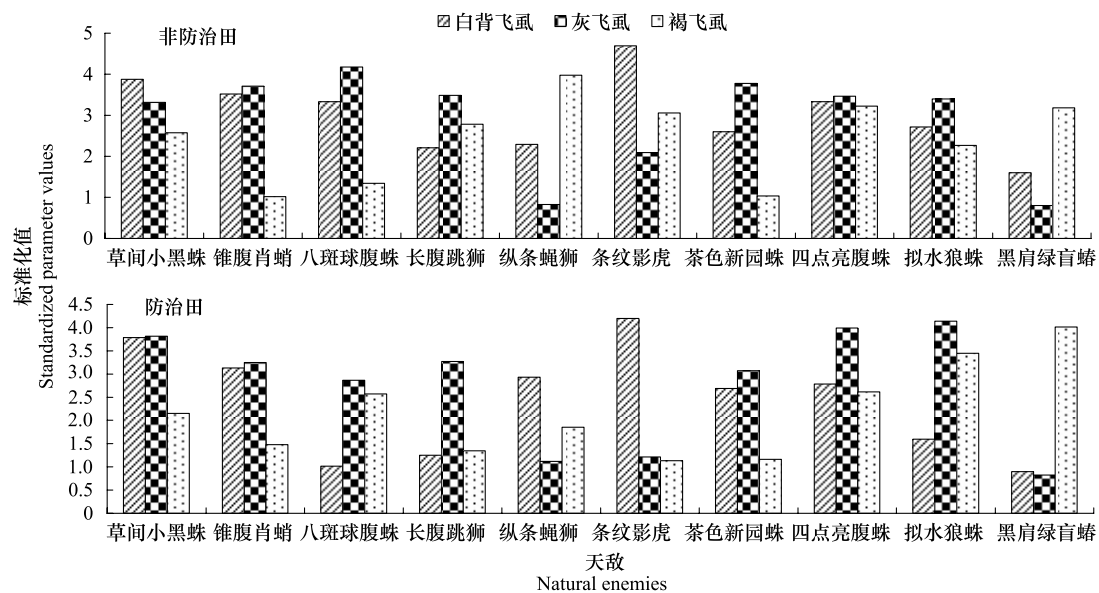


图2 飞虱与其天敌关系参数的标准化值

Fig.2 Standardized parameter values of planthopper and their natural enemies

防治田中,飞虱前三位的天敌,白背飞虱也是条纹蝇虎、草间小黑蛛和锥腹肖蛸;灰飞虱的是拟水狼蛛、四点亮腹蛛和草间小黑蛛;褐飞虱的是黑肩绿盲蝽、拟水狼蛛和四点亮腹蛛。

防治与非防治田之间飞虱前3位天敌中的相同天敌,白背飞虱的均为条纹影虎、草间小黑蛛和锥腹肖蛸,且位次相同。灰飞虱没有相同天敌。褐飞虱相同的天敌是四点亮腹蛛和黑肩绿盲蝽。

2.6 从数量和时间2种关系上分析比较扫网法和盆拍法间的飞虱主要天敌种类差异

将扫网法调查的飞虱与其天敌在数量关系的关联度绘于图3。由图3看出,扫网法的非防治田中,数量上与飞虱关联度大的前三位天敌,白背飞虱的是四点亮腹蛛、纵条蝇狮和锥腹肖蛸;灰飞虱的是锥腹肖蛸、鳞纹肖蛸和条纹蝇虎;褐飞虱的是纵条蝇狮、四点亮腹蛛和黑色蝇虎。

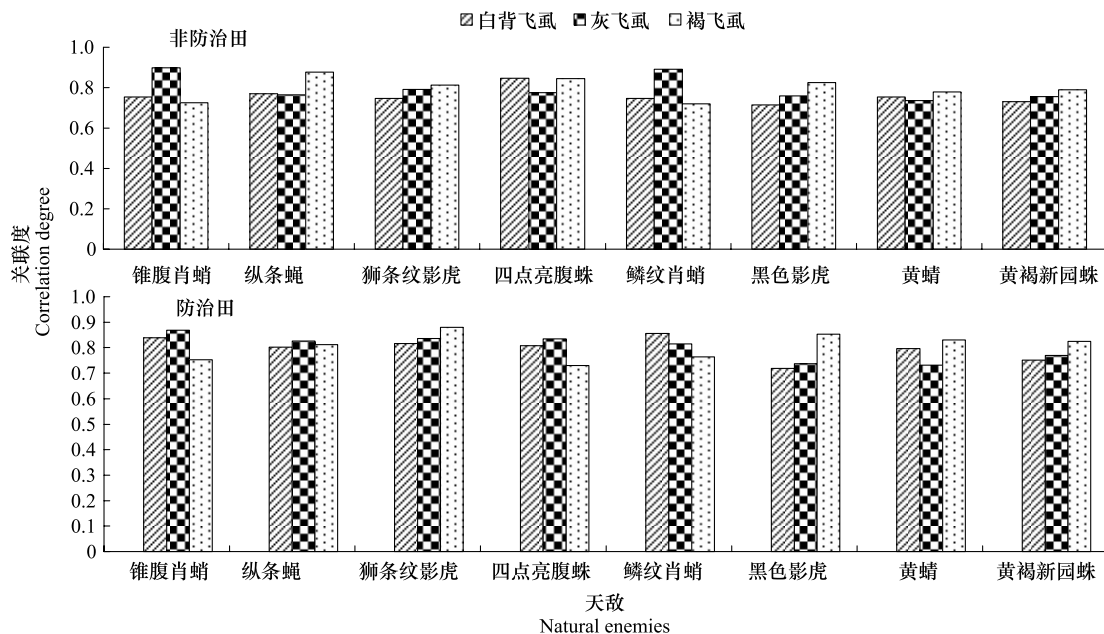


图3 飞虱及其天敌之间的关联度(扫网法)

Fig.3 Correlation degree of planthopper and their natural enemies (sweep net method)

扫网法的防治田中,数量上与飞虱关联度大的前三位天敌,白背飞虱的是鳞纹肖蛸(0.8551)、锥腹肖蛸和条纹蝇虎;灰飞虱的是锥腹肖蛸、条纹蝇虎和四点亮腹蛛;褐飞虱的是条纹蝇虎、黑色蝇虎和黄蜻。

扫网法的时间生态位重叠指数和相似性比例列于表4,在非防治田和防治田中,与飞虱在时间生态位重叠指数和相似性比例大的第一位天敌,白背飞虱的分别是四点亮腹蛛和鳞纹肖蛸;灰飞虱均是锥腹肖蛸;非防治田中与褐飞虱在时间生态位重叠指数和相似性比例大的第一位天敌分别是纵条蝇狮和四点亮腹蛛,防治田中分别为黑色蝇虎和条纹蝇虎。

非防治田和防治田之间,扫网法的飞虱前三位的天敌中相同的天敌,白背飞虱的是锥腹肖蛸和四点亮腹蛛;灰飞虱前三位天敌相同,是锥腹肖蛸、四点亮腹蛛和鳞纹肖蛸,但位次不同;褐飞虱的是纵条蝇狮和条纹蝇虎。

表4 飞虱与其天敌之间时间生态位重叠指数(H)和相似性比例(M)(扫网法)

Table 4 Time niche overlaps index (H) and niche proportional similarity (M) of planthoppers and their natural enemies (sweep net method)

稻田 Paddy field	飞虱 Planthopper	项目 Items	X_2	X_5	X_6	X_8	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
非防治田 Non-control field	Y_1	H	0.5874	0.5416	0.4133	0.8159	0.5809	0.3099	0.4639	0.4438
		M	0.4897	0.5439	0.3765	1.1080	0.4777	0.2539	0.4114	0.4771
	Y_2	H	0.9824	0.2384	0.3418	0.4900	0.9789	0.1583	0.1232	0.1845
		M	0.9544	0.2384	0.3434	0.5528	0.9452	0.1526	0.1225	0.1935
	Y_3	H	0.0081	0.8286	0.7516	0.7981	0.0042	0.7650	0.2937	0.4968
		M	0.0074	0.8481	0.7326	1.0071	0.0038	0.6904	0.2807	0.5390
防治田 Control field	Y_1	H	0.8847	0.6970	0.5613	0.8538	0.8905	0.2120	0.5001	0.4403
		M	0.8176	0.8568	0.6815	0.7524	0.8648	0.1825	0.5034	0.5006
	Y_2	H	0.9497	0.7663	0.6138	0.9205	0.8893	0.2698	0.3230	0.4150
		M	0.9168	0.9103	0.7389	0.8562	0.8952	0.2461	0.3318	0.4758
	Y_3	H	0.0642	0.7289	0.8512	0.0067	0.1042	0.8899	0.3806	0.6213
		M	0.0633	0.8557	1.0229	0.0064	0.1067	0.8336	0.3949	0.7161

盆拍法和扫网法调查计算的密切指数之和分别列于表5和表6。从表5和表6数量和数量两个方面密切指数之和序号看出,非防治田中,盆拍法和扫网法调查的3种飞虱前三位中相同的天敌,白背飞虱和灰飞虱的均是锥腹肖蛸;褐飞虱的是纵条蝇狮和条纹蝇虎。在防治田中,盆拍法和扫网法飞虱的前三位天敌中的相同天敌,白背飞虱的是锥腹肖蛸。灰飞虱前三位没有相同天敌。褐飞虱前三位天敌中也没有相同天敌。

表5 盆拍法的飞虱天敌优势种比较

Table 5 The dominant natural enemies of basin-beat method

稻田 Paddy field	飞虱 Planthopper	项目 Items	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
非防治田 Non-control field	Y_1	Σ	2.4759	2.8089	2.6666	1.8493	0.9783	2.9941	1.6893	1.7129	1.5959	1.5999
		序号	4	2	3	5	10	1	7	6	9	8
	Y_2	Σ	2.6425	2.7441	2.794	2.0666	0.8263	1.1796	3	2.5917	1.4009	0.7984
		序号	4	3	2	6	9	8	1	5	7	10
	Y_3	Σ	1.6339	1.0148	1.0733	1.3961	3	2.5027	1.0319	1.9575	1.822	2.6571
		序号	6	10	8	7	1	3	9	4	5	2
防治田 Control field	Y_1	Σ	2.0646	2.5514	1.0197	1.2505	2.0934	3	1.4748	1.254	1.1757	0.8973
		序号	4	2	9	7	3	1	5	6	8	10
	Y_2	Σ	1.8166	2.3503	1.6245	2.9201	1.1165	1.2145	3	2.7462	2.8325	0.8257
		序号	6	5	7	2	9	8	1	4	3	10
	Y_3	Σ	1.9893	1.4258	2.1942	1.3504	1.8593	1.134	1.1616	1.8656	1.448	3
		序号	3	7	2	8	5	10	9	4	6	1

表 6 扫网法的飞虱天敌优势种比较

Table 6 The dominant natural enemies of sweep net method

稻田 Paddy field	飞虱 Planthopper	项目 Items	X_2	X_5	X_6	X_8	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
非防治田 Non-control field	Y_1	Σ	2.0526	2.064	1.729	3	2.0259	1.4523	1.8292	1.8375
		序号	3	2	7	1	4	8	6	5
	Y_2	Σ	3	1.3432	1.5866	1.9406	2.9772	1.1646	1.0717	1.2304
		序号	1	5	4	3	2	7	8	6
Y_3	Σ	0.8453	2.8421	2.5624	2.9276	0.8299	2.5516	1.5217	2.0351	
		序号	7	2	3	1	8	4	6	5
防治田 Control field	Y_1	Σ	2.9195	2.7109	2.3723	2.7734	3	1.2902	2.0752	1.9518
		序号	2	4	5	3	1	8	6	7
	Y_2	Σ	3	2.7513	2.4144	2.8648	2.8516	1.4007	1.5439	1.8416
		序号	1	4	5	2	3	8	7	6
	Y_3	Σ	0.9884	2.5785	2.9565	0.8437	1.0898	2.7839	1.7576	2.3347
		序号	7	3	1	8	6	2	5	4

3 讨论

3 种飞虱及其天敌在数量、时间、空间关系上的数据用灰色关联度分析法和生态位分析法进行分析,盆拍法的防治田和非防治田之间,3 种飞虱前三位的天敌中相同的天敌,白背飞虱完全相同,灰飞虱没有相同天敌,褐飞虱的是黑肩绿盲蝽和四点亮腹蛛;扫网法调查的防治田和非防治田之间,3 种飞虱前三位的相同天敌,白背飞虱的是锥腹肖蛸和四点亮腹蛛,灰飞虱完全相同,褐飞虱的是纵条蝇狮和条纹影虎。可看出防治田和非防治田之间不管哪种调查方法,除盆拍法的白背飞虱前三位天敌相同外,其余均有差异,究其原因似乎与农药防治杀伤天敌有关,天敌之间对农药抗性存在差异,造成了某些主要天敌数量减少^[3,7-8],盆拍法和扫网法的调查结果,7 月 20 日至 8 月 6 日的草间小黑蛛、锥腹肖蛸及 7 月 20 日至 8 月 22 日的白背飞虱和灰飞虱以及 9 月 7 日至 9 月 23 日的褐飞虱,非防治田数量显著大于防治田。表明在水稻生产管理过程中防治田为了防治 3 种飞虱于 7 月 12 日—8 月 20 日及 8 月 24 日—27 日先后喷施了 20% 氯虫苯甲酰+吡虫啉、25.5% 阿维丙溴磷+威清虱和 10% 威清虱+氯虫苯甲酰降低了 3 种飞虱和天敌草间小黑蛛及锥腹肖蛸的数量,尽管上述农药对天敌杀伤力小,但由于防治田 3 种飞虱及其可作为天敌食饵的中性昆虫数量减少,影响天敌的食饵数量,进而影响到天敌的数量和发生动态,因此,防治田和非防治田的上述差异是由于施用农药所致。

两种调查方法的比较,非防治田的盆拍法和扫网法之间,3 种飞虱前三位的相同天敌,白背飞虱和灰飞虱的均是锥腹肖蛸,褐飞虱的是纵条蝇狮;防治田两种调查方法的结果之间,白背飞虱的是锥腹肖蛸,灰飞虱和褐飞虱前三位天敌中均没有相同天敌,究其原因是盆拍法调查的主要部位是稻株的中、下部,扫网法调查的是稻株上部及其靠近稻株上部的空间,由于调查部位不同,其结果也不同。狼蛛、跳蛛、隐翅虫分布在稻株下部,棕管巢蛛、蟹蛛分布在稻株的上中部,微蛛、球腹蛛、黑肩绿盲蝽、步甲等主要分布在稻株下部,而瓢虫、蛸蛛、圆珠等分布上中部,白背飞虱和褐飞虱主要分布在稻株中下部^[21]。褐飞虱、草间小黑蛛和四点亮腹蛛盆拍法的数量高于扫网法。

评价害虫天敌优势种,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三方面跟随作用的密切程度^[22-23],先后有从数量、时间、空间的某一方面评价天敌作用的报道^[24-27],也有用天敌与害虫之间在数、时、空关系方面的参数排序之和综合评价天敌的报道^[26-30];近来有将相关参数标准化为密切指数,按密切指数之和的大小判断目标害虫的主要天敌种类^[20]。本文采用了后一种方法,该法与直接把各参数排序再把序号相加的方法相比,可减少相邻参数值差异大造成的误差。

致谢:安徽农业大学 2010 级生态学专业研究生柯胜兵和施晓丽以及南京师范大学博士生宋晓军参加了全部田间调查和室内工作,特此致谢。

References:

- [1] Wang H Q, Yan H M, Yang H M. Studies on the ecology of spiders in paddy fields and utilization of spiders for biological control in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 1996, 29(5): 68-75.
- [2] Wu J C, Lu Z Q, Yang J S, Shu Z L. Habitat niche and predation effect of natural enemies of insect pests in paddy field. *Acta Entomologica Sinica*, 1993, 36(3): 323-331.
- [3] Xu J X, Wu J C, Cheng X N, Ji M S, Dai J Q. The effects of two insecticides on predation function of predatory natural enemies. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(1): 145-149.
- [4] Zhang W Q, Zhang G R, Gu D X. Community Reestablishment and Biological Control of Rice Insect Pests. Taiyuan: Shanxi Science and Technology Press, 2001: 16-24, 102-106.
- [5] Lou Y G, Cheng J A. Functional responses of *Cyrtorhinus lividipennis* to eggs of brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, and its searching behavior. *Acta Phytophylacica Sinica*, 1996, 23(4): 321-326.
- [6] Cheng X N, Wu J C, Ma F. Brown Planthopper: Occurrence and Control. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 141-189.
- [7] Jiang Y H, Wu J C, Xu J X, Liu J L, Qu H M, Yang G Q, Wang H Q. Influence of seasonal and daily changes of spatial niche of spiders in paddy field and two insecticides to spatial niche and predatory function. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(8): 1286-1292.
- [8] Liu X D, Zhang X X. Effects of a selective insecticide on the community structure of rice fields. *Entomological Knowledge*, 1999, 36(2): 67-70.
- [9] Zhong P S, Liang G W, Zeng L. The population dynamics of white back planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth) (Homoptera: Delphacidae) and effects of the natural enemies in organic rice fields. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2008, 35(4): 351-354.
- [10] Wang R, Zhai B P, Hu G, Chen X, Shen H M. Analysis of spatio-temporal dynamics of *Laodelphax striatellus* (Fallen) (Homoptera: Delphacidae) and spiders in paddy fields based on geostatistics. *Acta Entomologica Sinica*, 2009, 52(1): 65-73.
- [11] Settle W H, Endah H, Astuti E T, Cahyana W, Hakim A L, Hindayana D, Lestar A S. Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. *Ecology*, 1996, 77(7): 1975-1988.
- [12] Liu X D, Zhang X X, Guo H F, Luo Y J. Control function of spider community to planthopper in the rice field. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(1): 100-105.
- [13] Heong K L, Aguino G B, Barrion A T. Population dynamics of plant- and leafhoppers and their natural enemies in rice ecosystems in the Philippines. *Crop Protection*, 1992, 11(4): 371-379.
- [14] Ma S J. The structure and dynamics of space, number and time of insect population. *Acta Entomologica Sinica*, 1964, 13(1): 38-55.
- [15] Qi L Z, Ding J H, Zhang Y P, Yan Z S, Wu J C, Zhang F J. Determination on accuracy of the plant-flapping method to investigate the population of brown planthopper in rice. *Entomological Knowledge*, 1995, 32(2): 69-72.
- [16] Wu J C, Guo Y J, Shu Z L, Yang J S. Comparison of different sampling methods of arthropod community in rice field. *Entomological Knowledge*, 1993, 30(3): 182-183.
- [17] Deng J L. A Course in Grey System Theory. Wuhan: Huazhong University of Technology Press, 1990: 33-84.
- [18] Levins R. Evolution in Changing Environments. Princeton New Jersey: Princeton University Press, 1968: 120-121.
- [19] Zhang J T. Methods of Quantitative Vegetation Ecology. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1995: 58-78.
- [20] 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.
- [21] Hao S G, Zhang X X, Cheng X N. Vertical distribution and quantitative dynamics of dominant functional groups of arthropod community in rice fields and estimation of natural enemy effects. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(1): 103-107.
- [22] Zou Y D, Wang H F. Insect Ecology of Agriculture and Forestry. Hefei: Anhui Science and Technology Press, 1989: 311-327.
- [23] Zou Y D. Theory and Application of Evaluating Natural Enemy in Management of Pests. Beijing: China Forestry Press, 1997: 27-90.
- [24] Wang K H, Zhou X Y, Li L S. Studies on niche of the leaf mites and their predatory enemies. *Journal of Southwest Agricultural College*, 1985, (3): 70-84.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 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.

- [28] Zhao P, Fu W F, Zhao Y H, Xu Z E, Zou Y D, Geng J C, 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.
- [29] 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.
- [30] 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] 王洪全,颜亨梅,杨海明. 中国稻田蜘蛛生态与利用研究. 中国农业科学,1996,29(5):68-75.
- [2] 吴进才,陆自强,杨金生,束兆林. 稻田主要捕食性天敌的栖境生态位与捕食作用分析. 昆虫学报,1993,36(3):323-331.
- [3] 徐建祥,吴进才,程遐年,嵇茂盛,戴建群. 两种杀虫剂对稻田捕食性天敌集团捕食功能的影响. 生态学报,2000,20(1):145-149.
- [4] 张文庆,张古忍,古德祥. 群落重建与水稻害虫生物防治. 太原:山西科学技术出版社,2001:16-24,102-106.
- [5] 娄永根,程家安. 黑肩绿盲蝽对褐飞虱卵的功能反应及搜寻行为. 植物保护学报,1996,23(4):321-326.
- [6] 程遐年,吴进才,马飞. 褐飞虱研究与防治. 北京:中国农业出版社,2003:141-189.
- [7] 姜永厚,吴进才,徐建祥,刘井兰,邱慧敏,杨国庆,王洪全. 稻田蜘蛛生态位变化及杀虫剂对捕食功能的影响. 生态学报,2002,22(8):1286-1292.
- [8] 刘向东,张孝羲. 选择性农药对稻田蜘蛛群落的影响. 昆虫知识,1999,36(2):67-70.
- [9] 钟平生,梁广文,曾玲. 有机稻田白背飞虱种群动态及其天敌作用. 植物保护学报,2008,35(4):351-354.
- [10] 王瑞,翟保平,胡高,陈晓,沈慧梅. 基于地统计学方法的稻田灰飞虱与蜘蛛时空动态分析. 昆虫学报,2009,52(1):65-73.
- [12] 刘向东,张孝羲,郭慧芳,罗跃进. 稻田蜘蛛群落对稻飞虱的控制功能作用研究. 生态学报,2001,21(1):100-105.
- [14] 马世骏. 昆虫种群的空间、数量、时间结构及其动态. 昆虫学报,1964,13(1):38-55.
- [15] 綦立正,丁锦华,张有明,颜正生,吴进才,张凤举. 盘拍法调查褐飞虱种群的准确性测定. 昆虫知识,1995,32(2):69-72.
- [16] 吴进才,郭玉杰,束兆林,杨金生. 稻田节肢动物群落不同取样方法的比较. 昆虫知识,1993,30(3):182-183.
- [17] 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.
- [19] 张金屯. 植被数量生态学方法. 北京:科学技术出版社,1995:58-78.
- [20] 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.
- [21] 郝树广,张孝羲,程遐年. 稻田节肢动物群落优势功能集团的垂直分布、数量动态及天敌作用估计. 应用生态学报,2000,11(1):103-107.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 邹运鼎,李磊,毕守东,娄志,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.
- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] 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.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 7 April, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Research progress on chemical communication of development and host-finding of nematodes ZHANG Bin, HU Chunxiang, SHI Jin, et al (2003)
- Principles, indicators and sampling methods for species monitoring XU Haigen, DING Hui, WU Jun, et al (2013)

Autecology & Fundamentals

- Spatial distribution pattern of human-caused fires in Hulunbeir grassland ZHANG Zhengxiang, ZHANG Hongyan, LI Dongxue, et al (2023)
- Belowground biomass in Tibetan grasslands and its environmental control factors YANG Xiuqing, HUANG Mei, WANG Junbang, et al (2032)
- Analysis on variation characteristics of air temperature and ground temperature in Guilin from 1961 to 2010 CHEN Chao, ZHOU Guangsheng (2043)
- Winter bed-site selection by roe deer (*Capreolus capreolus*) in Huangnihe Nature Reserve ZHU Hongqiang, GE Zhiyong, LIU Geng, et al (2054)
- Leaf anatomical characteristics of the plants of grasslands in the Tibetan Plateau LI Quanfa, WANG Baojuan, AN Lihua, et al (2062)
- A research on summer vegetation characteristics & short-time responses to experimental warming of alpine meadow in the Qinghai-Tibetan Plateau XU Manhou, XUE Xian (2071)
- Cytological study on microsporogenesis of *Solanum lycopersicum* var. Micro-Tom under high temperature stress PENG Zhen, CHENG Lin, HE Yanjun, et al (2084)
- A new plant height growth process model of *Caragana* forest in semi-arid loess hilly region ZHAO Long, WANG Zhenfeng, GUO Zhongsheng, et al (2093)
- Germination inhibitory substances extracted from the seed of seven species of *Quercus* LI Qingmei, LIU Yan, LIU Guangquan, et al (2104)
- Effects of water stress and fungicide on the growth and drought resistance of *Flaveria bidentis* CHEN Dongqing, HUANGFU Chaohe, LIU Hongmei, et al (2113)
- Characters of soil seed bank in copper tailings and its adjacent habitat ... SHEN Zhangjun, OU Zulan, TIAN Shengni, et al (2121)
- Changes of soil chemical properties after different burning years in typical steppe of Yunwun Mountains LI Yuan, CHENG Jimin, WEI Lin, et al (2131)
- Effects of water and fertilizers on nitrate content in tomato fruits under alternate partial root-zone irrigation ZHOU Zhenjiang, NIU Xiaoli, LI Rui, et al (2139)
- Effect of land use on the characteristics of organic carbon and labile organic carbon in soil aggregates in Karst mountain areas LI Juan, LIAO Hongkai, LONG Jian, et al (2147)
- Mobilization of inorganic phosphorus from soils by five azotobacters ZHANG Liang, YANG Yuhong, LI Qian, et al (2157)
- Physiological-ecological responses of *Iris germanica* L. to Cd stress and its accumulation of Cd ZHANG Chengxiang, CHEN Weifeng (2165)
- The available forms and bioavailability of heavy metals in soil amended with sewage sludge TIE Mei, SONG Linlin, HUI Xiujuan, et al (2173)
- LAI-based photosynthetic light response model and its application in a rainfed maize ecosystem SUN Jingsong, ZHOU Guangsheng (2182)
- The dominant species of predatory natural enemies of three kinds of planthoppers and impact of pesticides on natural enemies in paddy field LIN Yuan, ZHOU Xiazhi, BI Shoudong, et al (2189)

Population, Community and Ecosystem

- Spatial and temporal variation of picophytoplankton in the Pearl River Estuary ZHANG Xia, HUANG Xiaoping, SHI Zhen, et al (2200)

Analysis of the relationship between species diversity and hydrologic factors during an interval of intermittent water delivery at the Lower Reaches of Tarim River, China	CHEN Yongjin, LIU Jiazhen, CHEN Yaning, et al (2212)
Fish species composition and community pattern in the continental shelf of northwestern South China Sea	WANG Xuehui, LIN Zhaojin, DU Feiyan, et al (2225)
Distribution and succession of plant communities in Lake Bita coastal swamp on the plateau region, northwestern Yunnan	HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang (2236)
Analysis on community structure and quantitative characteristics of <i>Nitraria tangutorum</i> nebkhas at different succession stage in lower reaches of Shiyang River	JIN Hujia, MA Quanlin, HE Mingzhu, et al (2248)
Resource and Industrial Ecology	
Effects of subsoiling and supplemental irrigation on dry matter production and water use efficiency in wheat	ZHENG Chengyan, YU Zhenwen, ZHANG Yongli, et al (2260)
Effects of two years' incorporation of leguminous green manure on soil properties of a wheat field in dryland conditions	ZHANG Dabin, YAO Pengwei, LI Jing, et al (2272)
Effects of planting with ridge and furrow mulching on maize growth, yield and water use efficiency in dryland farming	LI Rong, HOU Xianqing, JIA Zhikuan, et al (2282)
Urban, Rural and Social Ecology	
Effects of riparian buffers of North Mort of Beijing on air temperature and relative humidity	WU Fangfang, ZHANG Na, CHEN Xiaoyan (2292)
Characteristics of spatial and temporal variations of global solar radiation in Xi'an and relevant response in urban development	ZHANG Hongli, ZHANG Naweirui, LIU Minru, et al (2304)
Research Notes	
A analysis of macrofungal flora diversity in Langyashan Nature Reserve, Anhui Province, China	CHAI Xinyi, XU Xuefeng, WANG Meiyang, et al (2314)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索自然奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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

本期责任副主编 陈利顶

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 33 卷 第 7 期 (2013 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 7 (April, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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: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 90.00 元