



中国生物防治学报

Chinese Journal of Biological Control

ISSN 2095-039X, CN 11-5973/S

《中国生物防治学报》网络首发论文

题目: 东亚小花蝽对温室辣椒及茄子花内西花蓟马的控害作用
作者: 王杰, 张晨, 朱正阳, 刘俊秀, 王甦, 徐庆宣, 邸宁
DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2022.03.018
收稿日期: 2022-01-21
网络首发日期: 2022-06-09
引用格式: 王杰, 张晨, 朱正阳, 刘俊秀, 王甦, 徐庆宣, 邸宁. 东亚小花蝽对温室辣椒及茄子花内西花蓟马的控害作用[J/OL]. 中国生物防治学报.
<https://doi.org/10.16409/j.cnki.2095-039x.2022.03.018>



网络首发: 在编辑部工作流程中, 稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定, 且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式(包括网络呈现版式)排版后的稿件, 可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定; 学术研究成果具有创新性、科学性和先进性, 符合编辑部对刊文的录用要求, 不存在学术不端行为及其他侵权行为; 稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准, 正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性, 录用定稿一经发布, 不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容, 只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认: 纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司签约, 在《中国学术期刊(网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版, 以单篇或整期出版形式, 在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊(网络版)》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物(ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z), 所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

东亚小花蝽对温室辣椒及茄子花内西花蓟马的控害作用

王 杰, 张 晨, 朱正阳, 刘俊秀, 王 甦, 徐庆宣, 邸 宁*

(北京市农林科学院植物保护研究所, 北京 100097)

摘要: 天敌投放的益害比是其田间应用的重要参数。为明确东亚小花蝽 *Orius sauteri* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae) 对茄科作物花内西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) 的防治效果及其最佳益害比, 本研究在辣椒和茄子生产温室中以 5 个益害比水平释放东亚小花蝽后, 测定了西花蓟马的种群变化; 并在温室条件下比较了释放东亚小花蝽和使用生物农药对茄子、辣椒花内蓟马的防治效果。结果表明, 在短期内, 与不释放东亚小花蝽的对照相比, 释放东亚小花蝽 5 龄若虫处理的辣椒、茄子花内西花蓟马 2 龄若虫密度在 48 h 后显著降低。当益害比为 5:30 时(即每 30 头蓟马释放 5 头东亚小花蝽), 辣椒、茄子花内的西花蓟马密度最低, 分别为 0.67 头/花和 1.17 头/花, 防治效果分别为 97.67% 和 95.93%。东亚小花蝽对辣椒上的西花蓟马防治效果略高于茄子, 但不存在显著差异。此外, 当益害比为 1:30~5:30 时, 按不同益害比释放东亚小花蝽的处理对温室辣椒、茄子花内西花蓟马防治效果与益害比均呈正相关性。在长期内, 与使用生物农药相比, 释放东亚小花蝽对温室辣椒和茄子花内西花蓟马具有良好的持久控制作用。本研究表明东亚小花蝽能够用于防治辣椒、茄子花内的西花蓟马, 并明确了最佳释放的益害比水平范围为 1:30~5:30, 为作物花内蓟马的防治和东亚小花蝽的大规模田间应用提供基础数据。

关 键 词: 捕食性天敌; 益害比; 生物防治; 害虫综合治理; 田间应用

收稿日期: 2022-01-21

基金项目: 国家自然科学基金(31901945); 北京市农林科学院青年基金(QNJJ201917)

作者简介: 王杰, 硕士研究生, E-mail: wj_insect@126.com; *通信作者, 博士, 助理研究员, E-mail: ento88@163.com。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2022.03.018

Control Effects of *Orius sauteri* on *Frankliniella occidentalis* in Pepper and Eggplant Flowers in Greenhouses

WANG Jie, ZHANG Chen, ZHU Zhengyang, LIU Junxiu, WANG Su, XU Qingxuan,
DI Ning*

(Institute of Plant Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097)

Abstract: The benefit/pest ratio is an important parameter in the application of biological control agents in fields. To clarify the control effect and the best benefit/pest ratio of the predator, *Orius sauteri* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae) on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in the flowers of solanaceous crops, the colony dynamics of *F. occidentalis* was tested after releasing *O. sauteri* under 5 different benefit/pest ratios in commercial greenhouses of pepper and eggplant; and the control effect of *O. sauteri* on *F. occidentalis* in the flowers of pepper and eggplants was compared at greenhouse conditions between releasing *O. sauteri* and applying bio-pesticides. Results showed that the density of 2nd instar nymphs of *F. occidentalis* in pepper and eggplant flowers significantly decreased at 48 h after the release of 5th instar nymphs of *O. sauteri*, compared with the control groups without releasing predators. When the benefit/pest ratio was 5:30, i.e., five predators were released with thirty thrips, the densities of *F. occidentalis* in pepper and eggplant flowers were the lowest, 0.67 and 1.17 flowers per flower, respectively, and the control effect were 97.67% and 95.93%, respectively. The control effect of *O. sauteri* on *F. occidentalis* in pepper is slightly higher than that in eggplant, but there was no significant difference. In addition, when the benefit/pest ratio was between 1: 30 and 5: 30, there was a positive correlation between the benefit/pest ratio and the control effect in greenhouse. In the long term, compared with the spraying of bio-pesticides, *O. sauteri* had a better, lasting control effect on thrips in the flowers of pepper and eggplant under commercial greenhouses. The research indicated that *O. sauteri* could effectively control *F. occidentalis* in pepper and eggplant greenhouses, and provided the best level of benefit/pest ratio for applications. The results provide information on controlling thrips in crop flowers and the large-scale field application of *O. sauteri* in greenhouses.

Key words: predator; benefit/pest ratio; biological control; integrated pest management; field application

天敌昆虫作为传统的生物防治产品，在控制设施蔬菜虫害，保证其产量和品质方面发挥着不可替代的作用^[1-3]。目前全球应用天敌昆虫产生的效益中，80%来自设施农业系统^[4]。天敌投放的益害比是其应用的重要参数，合理的益害比不仅可以维持二者低密度下的平衡，还可以降低应用成本，提高控害效益^[1]。然而，有关天敌昆虫应用益害比的研究较少，且不同害虫、作物类型都可能对天敌的实际控害效果产生影响^[5,6]。

西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande), 属缨翅目 Thysanoptera 蓟马科

Thripidae, 食性杂、寄主范围广, 可取食多达 500 余种植物^[7], 并且可通过取食、产卵和传播病毒等对寄主造成重大危害^[8]。自 2003 年于我国北京在辣椒上发现^[9], 西花蓟马已经成为局部地区农作物暴发成灾的重要外来入侵害虫^[10,11]。目前, 西花蓟马仍以化学防治为主, 但由于大量杀虫剂的不合理使用, 加之西花蓟马具有世代短、繁殖快、花内隐蔽为害的特点, 其对化学药剂的抗性发展迅速^[12]。此外, 随着设施蔬菜产业的迅速发展, 西花蓟马的为害呈现加重趋势, 现已成为危害中国温室蔬菜生产的主要蓟马种类^[1,13]。以天敌昆虫为代表的害虫生物防治技术在控制蓟马种群、保护生态环境方面发挥着重要作用。据统计, 防治蓟马的天敌昆虫产品营收约占欧洲生物防治公司总营收的 40%^[4]。

作为蓟马的重要捕食性天敌^[1,4,14,15], 东亚小花蝽 *Orius sauteri* (Poppius) 的人工规模繁育技术已通过米蛾 *Corcyra cephalonica* (Stainton) 卵作为饲料在室内建立^[16]。现有研究表明, 东亚小花蝽对美洲棘蓟马 *Echinothrips americanus* Morgan^[17]、棕榈蓟马 *Thrips palmi* Karny^[18]、茶棍蓟马 *Dendrothrips minowai* Priesner^[19]、黄胸蓟马 *T. hawaiiensis* (Morgan)^[20]、韭菜蓟马 *T. alliorum* Priesner^[21]等多种蓟马具有良好的捕食或防治效率。大量实践也证明, 东亚小花蝽是西花蓟马的优势天敌^[22-24]。虽然有人已开展了部分小花蝽属天敌昆虫的益害比相关研究^[25,26], 但针对东亚小花蝽防控西花蓟马的益害比研究尚未有人报道。此外, 西花蓟马具有隐蔽性, 成、若虫聚集于花或植物幼嫩器官内取食^[27], 导致花器受害呈白斑点或变成褐色, 果实受害留下创痕, 影响商品价值^[28], 而东亚小花蝽的使用多通过人工释放至作物叶片上, 且防效的评价仅限于植株叶片上的害虫虫口减退数, 尚未明确东亚小花蝽对花内聚集危害的蓟马的田间防治效果。

因此, 为明确东亚小花蝽防治作物花内西花蓟马的最佳益害比, 在辣椒与茄子生产温室, 本研究在短期内 (48 小时) 使用叶笼法测定了 5 个益害比条件释放东亚小花蝽后的西花蓟马种群变化; 并在长期内 (1 个月) 比较了温室中直接释放东亚小花蝽和使用生物农药对茄子、辣椒花内蓟马的防治效果, 为利用东亚小花蝽防治设施茄科蔬菜花内的西花蓟马提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

东亚小花蝽: 采自北京市农林科学院玉米试验田, 在人工气候箱 (三洋, MH351, 温度 $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $60\% \pm 5\%$, 光周期 16L:8D, 光照强度 800 Lux) 中饲养 30 代以上。使用经紫外光照射 30 min 杀胚处理过的新鲜米蛾卵作为食物, 芸豆作为产卵基质。选取同日龄的东亚小花蝽 5 龄若虫供试, 试验前饥饿处理 12 h。

西花蓟马: 采自北京诺亚农业科技有限公司温室豇豆, 使用芸豆豆荚作为食物, 在

人工气候箱（三洋，MH351，温度 $26^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $40\%\pm 5\%$ ，光周期 16L:8D，光照强度 800 lx）中饲养 100 代以上。选取第一日的西花蓟马 2 龄若虫供试，试验前饥饿处理 12 h。

1.2 释放不同密度东亚小花蝽对温室辣椒和茄子花内西花蓟马的控制作用

试验地点位于北京市诺亚农业发展有限公司（北京市平谷区马昌营镇 $116^{\circ}59'\text{E}$ ， $40^{\circ}6'\text{N}$ ）有机蔬菜基地，于 2013 年获得有机认证。选择结构和大小完全相同的辣椒和茄子生产温室各 1 个，每个温室 733 m^2 。辣椒（中椒 105 号，中国农业科学院蔬菜花卉研究所；种植密度为 2 行/畦 $\times$ 23 株/行 $\times$ 48 畦）和茄子（京茄黑龙王，国家蔬菜工程技术研究中心；种植密度为 2 行/畦 $\times$ 16 株/行 $\times$ 48 畦）均在 2021 年 3 月 9 日播种，4 月 1 日定植。随机选取长势相同、处于开花期的 30 株植株供试，使用 100 目笼罩随机包裹一朵处于盛花期植株的花，接种 30 头西花蓟马 2 龄若虫。设置单朵花释放 1、2、3、4 和 5 头东亚小花蝽 5 龄若虫的处理，并设置无东亚小花蝽的对照。每处理重复 5~7 次，采用完全随机区组设计。48 h 后调查并记录各笼罩内的西花蓟马数量。试验期间不使用化学药剂。

1.3 长期东亚小花蝽对温室辣椒和茄子花内西花蓟马的控制作用

试验地点位于北京市诺亚农业发展有限公司（北京市平谷区马昌营镇 $116^{\circ}59'\text{E}$ ， $40^{\circ}6'\text{N}$ ）有机蔬菜基地，于 2013 年获得有机认证。选择结构和大小完全相同的辣椒和茄子生产温室各 2 个，每个温室 733 m^2 。辣椒（中椒 105 号，中国农业科学院蔬菜花卉研究所；种植密度为 2 行/畦 $\times$ 23 株/行 $\times$ 48 畦）和茄子（京茄黑龙王，国家蔬菜工程技术研究中心；种植密度为 2 行/畦 $\times$ 16 株/行 $\times$ 48 畦）均在 2021 年 3 月 12 日播种，4 月 5 日定植。设置释放东亚小花蝽和使用生物农药两个处理，每个温室作为一个处理，并使用 100 目防虫网均匀分为 3 个隔间，每隔间作为一个重复，每处理共计 3 重复。作物管理采用有机蔬菜生产标准，监测作物病虫害发生情况，保证处理前作物无病虫害发生，直至开花期。5 月 30 日进行试验前病虫害调查，作物无西花蓟马发生，6 月 6 日开始处理，生物农药处理为除虫菊素（100 mL/亩，1.5%水乳剂，内蒙古清源保生物科技有限公司）和印楝素（50 mL/亩，6%微乳剂，内蒙古清源保生物科技有限公司）混合喷雾；天敌释放处理按每株 1 头释放东亚小花蝽 5 龄若虫（北京农生科技有限公司）。随后，每周随机挑取小区内 10 株作物的一朵完全开放的花，调查花内西花蓟马成、若虫总数，连续调查 4 周。试验期间不使用任何农药，其他农事操作相同。

1.4 数据统计与分析

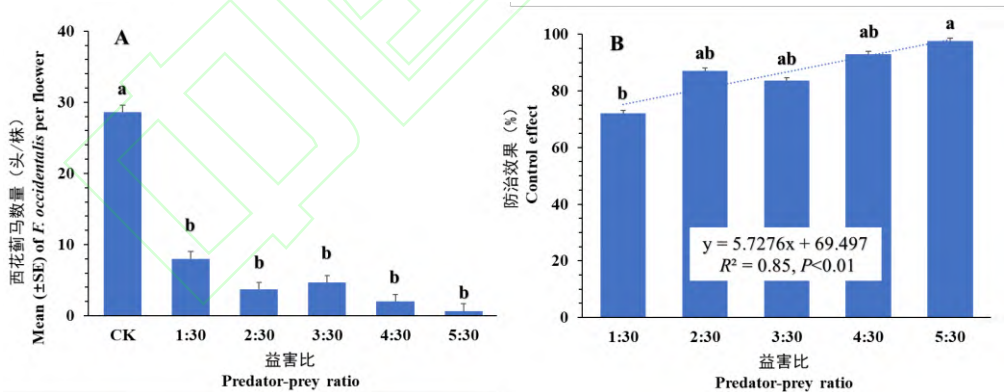
虫口减退率（%）=（处理前蓟马数-处理后蓟马数）/处理前蓟马数 $\times 100$ ；防治效果（%）=（处理组虫口减退率-对照组减退率）/（1-对照组减退率） $\times 100$ 。

采用克鲁斯卡尔-沃利斯检验 (Kruskal-Wallis rank sum test) 对不同益害比处理的 48 h 蓟马剩余数量及防治效果进行差异性比较, 并采用极大似然法 (LSD) 进行事后比较 ($P<0.05$), 采用曼-惠特尼 U 检验 (Mann-Whitney U test) 比较两种作物不同益害比处理的防治效果差异性 ($P<0.05$), 采用多项式函数对不同益害比处理与其防治效果进行拟合分析。采用独立样本 t 检验 (Independent Samples t -test) 比较释放东亚小花蝽和使用生物农药后的西花蓟马密度差异显著性 ($P<0.05$), 并采用单因素重复测量方差分析 (One-way Repeated Measures ANOVA) 比较了处理、调查时间及其交互作用。数据分析在 R (v.4.0.0) 中进行。

2 结果与分析

2.1 释放不同密度东亚小花蝽对温室辣椒花内西花蓟马的控制作用

在生产温室条件下, 与不释放东亚小花蝽的对照相比, 释放东亚小花蝽处理的辣椒花内西花蓟马密度在 48 h 后显著降低 ($\chi^2=21.793$, $df=5$, $P<0.001$), 当益害比为 5:30 时 (即每 30 头蓟马释放 5 头东亚小花蝽) 的处理的西花蓟马密度最低, 为 0.67 头/花, 但不同东亚小花蝽释放密度处理的蓟马密度不存在显著差异 (图 1A)。不同益害比释放东亚小花蝽处理对温室辣椒花内西花蓟马防治效果存在显著差异 (图 1B, $\chi^2=12.221$, $df=4$, $P=0.016$), 益害比为 5:30 处理的防治效果为 97.67%, 显著高于益害比为 1:30 处理的 (图 1B)。不同益害比释放东亚小花蝽处理对温室辣椒花内西花蓟马防治效果与益害比呈正相关关系 (图 1B, $F=13.00$, $P<0.01$)。



注: 图中数据为平均值±标准误差; 柱上不同字母表示不同处理间差异显著 ($P<0.05$, LSD)。

Note: Data in the figure are means $\pm$ SE. Different letters above bars indicate significant difference ($P<0.05$, LSD test).

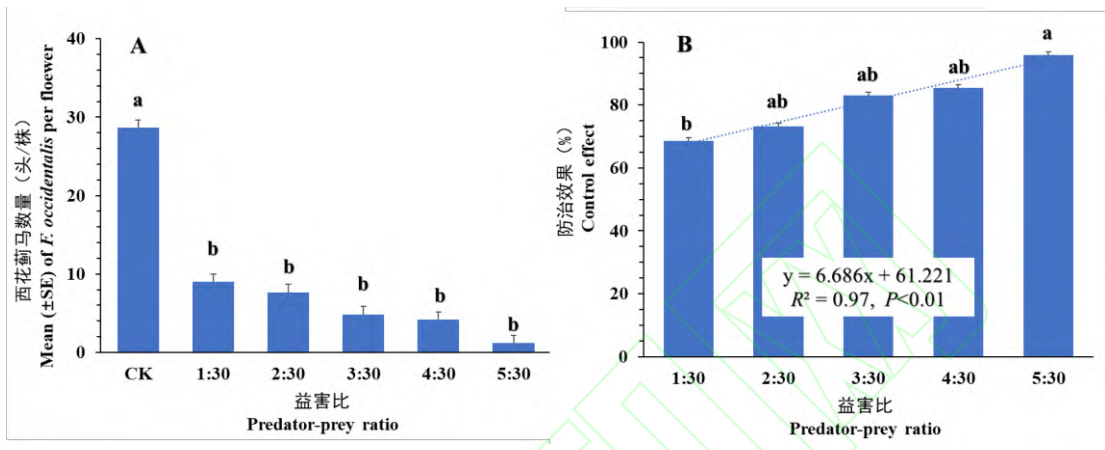
图 1 不同益害比释放东亚小花蝽后温室辣椒花内西花蓟马密度 (A) 及防治效果 (B)

Fig.1 Density (A) and control effect (B) on *F. occidentalis* after releasing *O. sauteri* under different benefit/pest ratios in pepper flowers in the greenhouse

2.2 释放不同密度东亚小花蝽对温室茄子花内西花蓟马的控制作用

在生产温室条件下, 与不释放东亚小花蝽的对照相比, 释放东亚小花蝽处理的茄子花内西花蓟马密度在 48 h 后显著降低 (图 2A, $\chi^2=25.102$, $df=5$, $P<0.001$)。与辣

椒类似，当益害比为 5:30 时的处理的茄子花内西花蓟马密度最低，但不同东亚小花蝽释放密度处理的蓟马密度不存在显著差异（图 2A）。不同益害比释放东亚小花蝽处理对温室茄子花内西花蓟马防治效果在 48 h 存在显著差异（图 4， $\chi^2=14.965$ ， $df=4$ ， $P=0.005$ ），益害比为 5:30 处理的防治效果为 95.93%，显著高于益害比为 1:30 处理的（图 2B）。不同益害比释放东亚小花蝽处理对温室茄子花内西花蓟马防治效果与益害比呈正相关关系（图 2B， $F=13.04$ ， $P<0.01$ ）。



注：图中数据为平均值 $\pm$ 标准误；柱上不同字母表示不同处理间差异显著（ $P<0.05$ ，LSD）。
Note: Data in the figure are means $\pm$ SE. Different letters above bars indicate significant difference ($P<0.05$, LSD test).

图 2 不同益害比释放东亚小花蝽后温室茄子花内西花蓟马密度（A）及防治效果（B）

Fig.2 Density (A) and control effect (B) on *F. occidentalis* after releasing *O. sauteri* under different benefit/pest ratios in eggplant flowers in the greenhouse

2.3 短期内不同作物上东亚小花蝽防治西花蓟马效果差异

在不同益害比处理下，东亚小花蝽对辣椒花内的西花蓟马的防治效果虽然略高于茄子，但两者不存在显著差异（表 1）。

表 1 不同作物上东亚小花蝽防治西花蓟马效果差异性

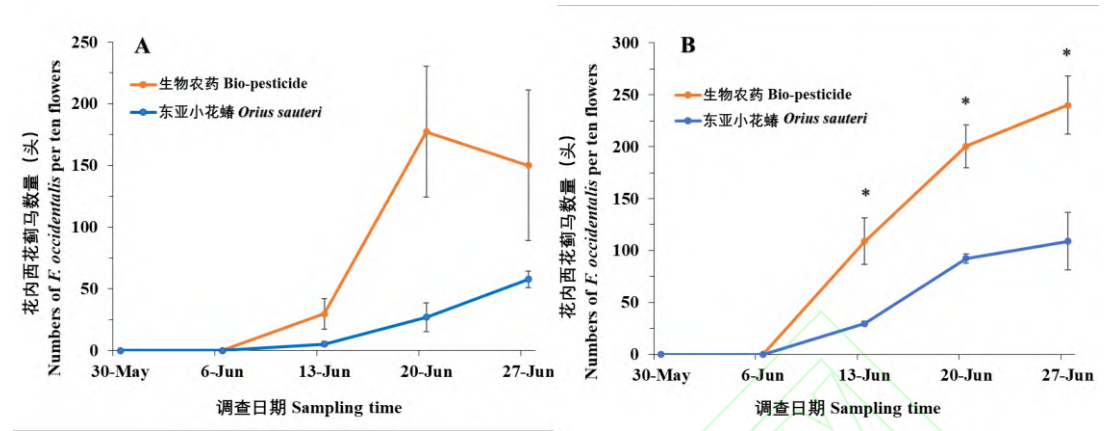
Table 1 The difference of control effect of *O. sauteri* on *F. occidentalis* on different crops

益害比 Benefit/pest ratios	防治效果 Control effect (%)		P 值 P value
	辣椒 Pepper	茄子 Eggplant	
1:30	72.03 $\pm$ 7.20	68.60 $\pm$ 8.78	0.84
2:30	87.01 $\pm$ 4.50	73.26 $\pm$ 3.68	0.07
3:30	83.68 $\pm$ 5.61	83.14 $\pm$ 3.17	0.70
4:30	93.01 $\pm$ 3.83	85.47 $\pm$ 2.10	0.25
5:30	97.67 $\pm$ 1.17	95.93 $\pm$ 2.10	1.00

2.4 长期内东亚小花蝽对温室辣椒和茄子花内西花蓟马的控害作用

长期内，与使用生物农药相比，释放东亚小花蝽对温室辣椒和茄子花内西花蓟马具有良好的持久控害作用（图 3）。在辣椒温室内，虽释放东亚小花蝽后的辣椒花内西花蓟马密度与使用生物农药的不存在显著差异（图 3A， $t=5.20$ ， $P=0.09$ ），但是释放东亚

小花蝽能将作物花内的西花蓟马种群数量控制在较低水平（图 3A）。在茄子温室内，释放东亚小花蝽不仅能将作物花内的西花蓟马种群数量控制在较低水平，而且其密度显著低于使用生物农药的处理组（图 3B， $t=17.90$ ， $P=0.01$ ）。



注：图中数据为平均值±标准误；*表示不同处理间差异显著（ $P < 0.05$ ）。

Note: Data in the figure are means $\pm$ SE. * indicates significant difference ($P < 0.05$).

图 3 释放东亚小花蝽或应用生物农药的温室辣椒（A）或茄子（B）花内西花蓟马密度

Fig.3 Number of *F. occidentalis* per ten flowers after releasing *O. sauteri* or spraying bio-pesticide in pepper (A) or eggplant (B) greenhouses

3 讨论

小花蝽属捕食性天敌，因具有适应性强、数量多及捕食量大等特点，被认为是一类应用价值极高的天敌昆虫^[14]。国外有关小花蝽属天敌应用的研究起步相对较早，如美洲小花蝽 *O. laevigatus* (Fieber)、狡小花蝽 *O. insidiosus* Say 和大臀小花蝽 *O. majusculus* (Reuter)等，在欧美一些国家已进行商品化生产^[4]。而我国关于小花蝽属的天敌资源开发应用主要集中于东亚小花蝽和南方小花蝽 *O. strigicollis* Poppius^[14]。室内研究表明，东亚小花蝽成、若虫均对西花蓟马成、若虫具有良好的捕食能力^[24,29-31]。本研究在生产温室条件下的结果表明，东亚小花蝽能够显著降低辣椒、茄子花内西花蓟马密度，48 h 的最高防治效果分别为 97.67%和 95.93%，该防效与蒋月丽等^[32]报道类似，其按 0.5 头/ m^2 和 1 头/ m^2 释放东亚小花蝽防治大棚辣椒上的丽花蓟马 *F. intonsa* (Trubom)时，释放后 5~7 周控制效果分别达 97.20%和 98.41%。本研究也表明，东亚小花蝽防治西花蓟马的效果在作物间存在差异，即对辣椒上蓟马的防效略高于茄子，该结果与侯峥嵘等^[23]研究结果趋势一致，其发现以 2 头/ m^2 的密度释放东亚小花蝽，每周释放 1 次，连续释放 3 次，14 d 后东亚小花蝽对辣椒、茄子、黄瓜上的西花蓟马的防效分别为 95.82%、88.58%和 55.94%。植物的组织结构、营养成分^[33]、绿叶挥发物^[34]等可能是引起以上防效差异的重要因素。本研究采用在害虫暴发为害前释放天敌的预防性防治措施，可以将害虫种群控制在较低水平，表明天敌具有长效控害的作用^[4]，根据害虫密度适时增补天敌将有助于害虫的长效防治。

天敌投放的益害比是其应用的重要参数^[1]。本研究通过比较 5 个不同水平益害比释放东亚小花蝽的防治效果,发现以益害比 5:30 释放东亚小花蝽 2 d 后,对辣椒、茄子花内西花蓟马的防治效果分别为 97.67%和 95.93%,这与郭佩佩等^[35]、晁文娣等^[6]研究释放不同益害比捕食性瓢虫防治蚜虫的结果趋势一致。郭佩佩等^[35]研究了释放不同益害比多异瓢虫 *Hippodamia variegata* (Goeze)对设施豇豆上豆蚜 *Aphis craccivora* Koch 的防效,结果表明,在按益害比 1:10 和 1:20 释放多异瓢虫 5~35 d 后,多异瓢虫对豆蚜防效可达 90%以上。晁文娣等^[6]通过密度-天敌双因素控制试验分析了不同棉蚜 *A. gossypii* Glover 初始密度和不同七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* Linnaeus 数量组合处理下棉蚜的种群动态,明确了天敌有效控制棉蚜的益害比,当投放七星瓢虫 10~20 d,其对不同初始密度棉蚜的防效大都高达 94%以上。此外,本研究结果表明不同益害比释放东亚小花蝽处理对温室辣椒花内西花蓟马防治效果与益害比呈正相关关系。该结果与晁文娣等^[6]的相一致,即在一定时间和一定益害比范围内,东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫的控制效果随着益害比的增加而上升,益害比越大,控制效果越好。然而,虽然释放量越大,在短期内捕食的害虫数量越高,但同时增加了天敌应用的成本。本研究表明,在防控花中的西花蓟马时,不需要较多的东亚小花蝽也可以达到防控效果,所以本结果在天敌应用成本控制方面提供了基础数据。总之,按益害比 1:30~5:30 释放东亚小花蝽防治辣椒、茄子花内的西花蓟马,48 h 防效均可以达到 69.60%以上。

西花蓟马具有隐蔽性,成、若虫聚集于花或植物幼嫩器官内取食等特征^[27]。乔凤霞等^[27]调查发现,西花蓟马在辣椒和茄子花上成虫量最多分别为 7.8 只/朵和 13 只/朵。因此,控制作物花内的蓟马种群至关重要。而有关东亚小花蝽田间防效的研究多采用人工释放天敌至作物的叶片上,对花内蓟马种群防效的研究较少^[32,36]。本研究明确了东亚小花蝽对花内聚集为害严重的蓟马的短期及长期的田间防治效果,表明东亚小花蝽对茄科作物花内西花蓟马具有很好的防控效果,且在长期内的防治效果优于生物农药。此外,花内的植食性昆虫不仅会为害作物,亦可具备授粉作用^[37],未来或可结合产量等指标进一步评价花内蓟马为害的经济阈值,进而指导天敌应用,降低害虫防治成本。

已有研究表明,植物花粉、花蜜等对东亚小花蝽的生长发育及其控害都具有增效作用^[34,38]。本研究发现,预先释放的东亚小花蝽能够在害虫较低密度下维持种群,或与作物花粉或花蜜为天敌提供替代食物有关。本研究评价了短期及长期内东亚小花蝽对西花蓟马的防治效果,而辣椒花粉在长期是否会对东亚小花蝽种群增长、控害效能具有增效作用有待进一步研究。此外,在害虫综合治理的植物保护背景下,研究者对东亚小花蝽进行了常用化学农药暴露评估^[39,40],为东亚小花蝽与药剂(如啉虫脒、氟吡脲)在田间的联用提供了依据^[41]。小花蝽与其他天敌昆虫(如丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* Gahan^[42])、

生防微生物（如球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill.^[43]）、储蓄植物（如蚕豆^[44]、金盏菊^[45]）、诱集植物（如玉米^[46]）等措施联用，这些也将大大提高害虫综合治理效率，促进天敌昆虫的推广与应用。

参 考 文 献

- [1] 张帆, 李姝, 肖达, 等. 中国设施蔬菜害虫天敌昆虫应用研究进展[J]. 中国农业科学, 2015, 48(17): 3463-3476.
- [2] 雷仲仁, 吴圣勇, 王海鸿. 我国蔬菜害虫生物防治研究进展[J]. 植物保护, 2016, 42(1): 1-6, 25.
- [3] 李姝, 王甦, 赵静, 等. 释放异色瓢虫对北京温室甜椒和圆茄上桃蚜的控害效果[J]. 植物保护学报, 2014, 41(6): 699-704.
- [4] van Lenteren J C, Alomar O, Ravensberg W J, et al. Biological control agents for control of pests in greenhouses[M]// Gullino M, Albajes R, Nicot P. Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops, Plant Pathology in the 21st Century (vol 9). Switzerland AG: Springer Nature, 2020, 409-439.
- [5] 张超, 侯峥嵘, 张桂娟, 等. 巴氏新小绥螨防治温室辣椒蓟马效果评价[J]. 生物技术进展, 2016, 6(4): 299-302, 307.
- [6] 晁文娣, 吕昭智, 赵莉, 等. 七星瓢虫对不同初始密度棉蚜种群的调控作用[J]. 环境昆虫学报, 2021, 43(1): 206-213.
- [7] 赵成银, 何余容, 吕利华, 等. 西花蓟马的寄主、危害及防治措施[J]. 广东农业科学, 2011, 38(5): 95-98.
- [8] 杨帆, 刘万学, 张国安, 等. 西花蓟马传播番茄斑萎病毒研究进展[J]. 环境昆虫学报, 2011, 33(2): 241-249.
- [9] 张友军, 吴青君, 徐宝云, 等. 危险性外来入侵生物——西花蓟马在北京发生危害[J]. 植物保护, 2003, 29(4): 58-59.
- [10] Wu S, Tang L, Zhang X, et al. A decade of a thrips invasion in China: lessons learned [J]. Ecotoxicology, 2018, 27(7): 1032-1038.
- [11] 任洁, 雷仲仁, 张令军, 等. 北京地区西花蓟马发生为害调查研究[J]. 中国植保导刊, 2006, 26(5): 5-7.
- [12] 王泽华, 侯文杰, 郝晨彦, 等. 北京地区西花蓟马田间种群的抗药性监测[J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(3): 542-547.
- [13] 胡昌雄, 段盼, 李宜儒, 等. 辣椒上西花蓟马的比例及其与南方小花蝽的种群活动规律[J]. 生态学杂志, 2021, 40(6): 1705-1715.
- [14] 刘梅, 张昌容, 班菲雪, 等. 小花蝽人工饲养及应用研究进展[J]. 贵州农业科学, 2021, 49(2): 47-57.
- [15] 张婧, 王晶晶, 李正跃, 等. 西花蓟马天敌种类及主要种类的控害潜能[J]. 植物保护, 2010, 36(4): 41-48.
- [16] 邸宁, 魏瑜岭, 王甦, 等. 米蛾人工饲养技术优化[J]. 中国生物防治学报, 2018, 34(6): 831-837.
- [17] 朱亮, 葛振泰, 宫亚军, 等. 温度对东亚小花蝽捕食美洲棘蓟马的影响[J]. 植物保护学报, 2015, 42(2): 229-236.
- [18] 吕兵, 孙猛, 翟一凡, 等. 基于捕食功能反应评价麦蛾卵饲养东亚小花蝽对棕榈蓟马的控害效果[J]. 植物保护学报, 2017, 44(5): 875-876.
- [19] 李慧玲, 李鹏, 张辉, 等. 东亚小花蝽对茶树两种害虫的捕食作用[J]. 茶叶学报, 2019, 60(1): 38-40.
- [20] 付步礼, 邱海燕, 李强, 等. 东亚小花蝽对黄胸蓟马的室内捕食作用研究[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(1): 91-98.
- [21] 张路生, 金宗亨, 曹忠新, 等. 小拱棚中东亚小花蝽对韭菜蓟马防控效果研究[J]. 农业工程技术, 2021, 41(7): 66-68.
- [22] 吕兵, 孙猛, 翟一凡, 等. 短期食物驯化对麦蛾卵饲养的东亚小花蝽的捕食功能反应影响[J]. 环境昆虫学报, 2018, 40(1): 64-69.
- [23] 侯峥嵘, 李锦, 李金萍, 等. 释放东亚小花蝽对三种设施蔬菜蓟马的防治效果[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(22): 67-69, 76.
- [24] 张安盛, 于毅, 门兴元, 等. 东亚小花蝽若虫对西花蓟马若虫的捕食作用[J]. 植物保护学报, 2008, 35(1): 7-11.
- [25] Chambers R J, Long S, Helyer N L. Effectiveness of *Orius laevigatus* (Hem.: Anthoridae) for the control of *Frankliniella occidentalis* on cucumber and pepper in the UK[J]. Biocontrol Science and Technology, 1993, 3(3): 295-307.
- [26] Weintraub P G, Pivonia S, Steinberg S. How many *Orius laevigatus* are needed for effective western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, management in sweet pepper?[J]. Crop Protection, 2011, 30(11): 1443-1448.
- [27] 乔凤霞, 刘忠善, 丁元明, 等. 3种茄科类作物花期西花蓟马种群调查[J]. 江西农业学报, 2007, 19(3): 37-38, 68.
- [28] 吴青君, 张友军, 徐宝云, 等. 入侵害虫西花蓟马的生物学、危害及防治技术[J]. 昆虫知识, 2005, 42(1): 1, 11-14.
- [29] 张安盛, 于毅, 李丽莉, 等. 东亚小花蝽(*Orius sauteri*)成虫对入侵害虫西花蓟马(*Frankliniella occidentalis*)成虫的捕食作用[J]. 生态学报, 2007, 27(3): 1903-1909.
- [30] 张安盛, 于毅, 门兴元, 等. 东亚小花蝽若虫对西花蓟马成虫的捕食作用[J]. 昆虫天敌, 2007, 29(3): 108-112.

-
- [31] 张安盛, 于毅, 李丽莉, 等. 东亚小花蝽成虫对西花蓟马若虫的捕食功能反应与搜寻效应[J]. 生态学杂志, 2007, 26(8): 1233-1237.
- [32] 蒋月丽, 武予清, 段云, 等. 释放东亚小花蝽对大棚辣椒上几种害虫的防治效果[J]. 中国生物防治学报, 2011, 27(3): 414-417.
- [33] 吴月坤, 刘冰, 潘洪生, 等. 小花蝽在不同植物上的种群密度[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(4): 527-535.
- [34] 杨帆, 王甦, 张君明, 等. 增殖植物和植物诱导抗性挥发物质对东亚小花蝽和浅黄恩蚜小蜂的嗅觉行为影响及田间诱集作用[J]. 环境昆虫学报, 2017, 39(6): 1250-1257.
- [35] 郭佩佩, 帕提玛·乌木尔汗, 任豪辉, 等. 释放不同益害比多异瓢虫对设施豇豆豆蚜的防效评价及定殖影响[J]. 中国生物防治学报, 2022, 38 (2): 312-320.
- [36] 尹健, 高新国, 武予清, 等. 释放东亚小花蝽对茄子上蓟马的控制效果[J]. 中国生物防治学报, 2013, 29(3): 459-462.
- [37] 孙玉芳, 李想, 张宏斌, 等. 农业景观生物多样性功能和保护对策[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(7): 993-1001.
- [38] Zhao J, Guo X, Tan X, *et al.* Using *Calendula officinalis* as a floral resource to enhance aphid and thrips suppression by the flower bug *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) [J]. Pest Management Science, 2017, 73(3): 515-520
- [39] 何丹, 林荣华, 门兴元, 等. 16 种农药对东亚小花蝽的生态风险评估[J]. 生态毒理学报, 2018, 13(6): 202-211.
- [40] 肖达, 郭晓军, 王甦, 等. 三种杀虫剂对几种昆虫天敌的毒力测定[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(6): 951-958.
- [41] Lin Q, Chen H, Babendreier D, *et al.* Improved control of *Frankliniella occidentalis* on greenhouse pepper through the integration of *Orius sauteri* and neonicotinoid insecticides [J]. Journal of Pest Science, 2020, 94(1): 101-109.
- [42] 李姝, 劳水兵, 王甦, 等. 东亚小花蝽和丽蚜小蜂对烟粉虱的协同控制效果研究[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(6): 978-982.
- [43] 陈亚丰, 王甦, 邸宁, 等. 利用功能反应模型评价球孢白僵菌对东亚小花蝽捕食二斑叶螨的影响[J]. 昆虫学报, 2021, 64(8): 967-975.
- [44] 刘梅, 张昌容, 班菲雪, 等. 南方小花蝽-蚕豆-蚕豆蚜载体植物系统对茶叶害虫的控制效果[J]. 中国生物防治学报, 2021, 37(5): 936-945.
- [45] 李姝, 王杰, 黄宁兴, 等. 捕食性天敌储蓄植物系统研究进展与展望[J]. 中国农业科学, 2020, 53(19): 3975-3987.
- [46] 吴圣勇, 徐丽荣, 李宁, 等. 天敌昆虫在诱集植物上的多样性及对温室蚜虫的防治作用[J]. 中国农业科学, 2016, 49(15): 2955-2964.