



封面文章

徐庆宣, 王杰, 米莹莹, 刘俊秀, 邸宁, 王甦, 李姝. 北方温室内金盏菊对东亚小花蝽定殖及防控草莓害虫的增效作用 [J]. 环境昆虫学报, 2024, 46 (6): 1286–1292. XU Qing-Xuan, WANG Jie, MI Ying-Ying, LIU Jun-Xiu, DI Ning, WANG Su, LI Shu. Synergistic effect of *Calendula officinalis* on colonization and pest control of *Orius sauteri* in strawberry greenhouse in Northern China [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2024, 46 (6): 1286–1292.

北方温室内金盏菊对东亚小花蝽定殖及防控草莓害虫的增效作用

徐庆宣, 王杰, 米莹莹, 刘俊秀, 邸宁, 王甦, 李姝*

(北京市农林科学院植物保护研究所/农业农村部天敌昆虫重点实验室/

农业农村部北方果蔬有害生物绿色防控重点实验室, 北京 100097)

摘要: 田间应用功能植物的保护型生物防治技术, 有助于实现天敌昆虫释放后对种群定殖与可持续控害的增效作用, 是农业可持续发展的研究热点。为了探究北方冬季温室内功能植物协同捕食性天敌对害虫的控制作用, 本研究以蜜源植物金盏菊 *Calendula officinalis* 和捕食性天敌东亚小花蝽 *Orius sauteri* 为对象, 以不含金盏菊为对照, 系统研究了金盏菊对东亚小花蝽成虫寿命和定殖的影响, 以及对草莓上重要害虫蚜虫和叶螨的防控效果。结果发现, 温室种植金盏菊显著增加了东亚小花蝽雌成虫的存活率和寿命, 东亚小花蝽雌成虫的寿命达到 9.49 d, 较对照 (6.18 d) 延长了 53.6%。金盏菊存在显著增加了释放东亚小花蝽后的第 2~4 周的种群数量, 显著降低了草莓植株上棉蚜和叶螨的密度, 表明金盏菊通过支持东亚小花蝽存活与种群定殖, 增效草莓害虫防控。本研究不仅支持了蜜源植物增效天敌和控制害虫的生态作用, 还为北方冬季温室草莓的害虫生物防治方式多元化应用与推广提供实践指导。

关键词: 金盏菊; 生物防治; 捕食性天敌; 二斑叶螨; 棉蚜

中图分类号: Q968.1; S476

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2024) 06-1286-08

Synergistic effect of *Calendula officinalis* on colonization and pest control of *Orius sauteri* in strawberry greenhouse in Northern China

XU Qing-Xuan, WANG Jie, MI Ying-Ying, LIU Jun-Xiu, DI Ning, WANG Su, LI Shu* (Institute of Plant Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences/Key Laboratory of Natural Enemies Insects, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100097, China)

Abstract: Conversation biological control based on the utilization of functional plants can realize the synergistic colonization and sustainable pest control of natural enemies after the release of natural enemies, which is a research hotspot of agricultural sustainable development. To explore the effect of functional plants cooperating with predatory natural enemies to prevent and control pests in greenhouse during winter, this study systematically evaluated the effects of nectar plant, *Calendula officinalis* on the longevity and colonization of *Orius sauteri*. Without *C. officinalis* as the control, the study also compared the control effects on aphids and herbivorous mites on strawberries in greenhouse in winter. Results showed that compared with the control without *C. officinalis*, the existence of *C. officinalis* significantly increased the survival rate and average longevity of the female adult of *O. sauteri*, the lifespan of female adult reached

基金项目: 北京市农林科学院创新能力建设项目 (KJCX20230810); 国家自然科学基金面上项目 (32072479); 北京市农林科学院青年科学基金 (QNJJ202321)

作者简介: 徐庆宣, 男, 高级农艺师, 研究方向为害虫生物防治, E-mail: xuqxfarmer@126.com

*通讯作者 Author for correspondence: 李姝, 博士, 副研究员, 研究方向为害虫生物防治, E-mail: ls_baafs@163.com

收稿日期 Received: 2024-09-14; 接受日期 Accepted: 2024-10-17

9.49 days in treatment, which was 53.6% longer than the lifespan in the control (6.18 days). The presence of *C. officinalis* significantly increased the population number in the second to fourth week after the release of *O. sauteri*, and significantly reduced the density of aphids and herbivorous mites on strawberry plants, indicating that *C. officinalis* enhanced strawberry pest control by supporting the survival and population colonization of *O. sauteri*. This study not only supports the ecological role of nectar plants in enhancing natural enemies and controlling pests, but also provides practical guidance for the diversified application and popularization of biological pest control methods for strawberries in winter greenhouses in northern China.

Key words: *Calendula officinalis*; biological control; predatory natural enemies; *Tetranychus urticae*; *Aphis gossypii*

近年来,随着天敌昆虫高效利用研究的不断深入,生物防治措施已经从传统淹没式释放的增强型生物防治(Augmentative biological control)向以栖境管理为主的保护型生物防治(Conservation biological control)转变(Landis, 2000; Wyckhuys *et al.*, 2013; Xu *et al.*, 2020)。围绕天敌保护增效,通过筛选适宜的功能植物,优化功能植物与天敌昆虫的协同作用,从而实现天敌昆虫接种式释放后的种群定殖、自我扩繁与可持续控害作用(朱平阳等, 2012; 张帆等, 2017; 李姝等, 2020; Colazza *et al.*, 2023)。基于功能植物利用的保护型生物防治技术,已经成为农业可持续控害的研究热点(杨怀文, 2015; 张帆等, 2015; 陈学新等, 2023)。此类功能植物主要包含储蓄植物(Banker plants)、蜜源植物(Nectar plants)、驱避植物(Repellent plants)、诱集植物(Trapping plants)、护卫植物(Guardian plants)等,其中尤以蜜源植物最为重要(朱平阳等, 2012; 陈学新等, 2014; 李姝等, 2020; 方艳等, 2021)。大量研究证实,蜜源植物可以延长天敌昆虫寿命,增强天敌昆虫种群定殖能力,进而增加对害虫的控制能力,蜜源植物增效天敌昆虫控害技术已在大田、果园及设施温室中得到广泛应用(丁瑞丰等, 2008; Gurr *et al.*, 2016; 赵燕燕等, 2017; Jaworski *et al.*, 2019; 吴长兵等, 2022; Liang *et al.*, 2022)。

草莓是北方冬季温室种植面积大、经济效益高的鲜食果蔬,但叶螨、蚜虫等吸汁类小型害虫严重威胁着草莓的产量和品质(王少丽等, 2023)。由于化学药剂长期、大量、不合理的使用导致害虫抗药性增加,草莓果品农残超标问题严重(罗俊霞等, 2023; 江改青等, 2023)。因此,

迫切需要研发草莓害虫绿色防控技术。

东亚小花蝽 *Orius sauteri* 是叶螨、蓟马、粉虱等小型害虫的重要捕食性天敌,已可以人工规模繁育用于防治作物害虫,在绿色农业生产中发挥着越来越重要的作用(张安盛等, 2007; 李姝等, 2014; 侯峥嵘等, 2022; 朱正阳等, 2022; 刘俊秀等, 2023; 王杰等, 2023)。然而,单一释放天敌昆虫,持效期短,需要多次释放,显著增加应用成本。前期的研究工作中,我们发现蜜源植物金盏菊 *Calendula officinalis* 具有较长的花期,可以增强捕食性天敌东亚小花蝽、七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 和龟纹瓢虫 *Propylea japonica* 等田间定殖和控害能力,应用成本大大降低(杨帆等, 2017; Zhao *et al.*, 2017; Jaworski *et al.*, 2019; 马亚云等, 2019)。因而,使用金盏菊增效东亚小花蝽具有良好的应用潜能。

因此,本研究针对北方冬季温室草莓的害虫防治问题,探究金盏菊是否可以提升东亚小花蝽防治害虫潜能。研究结果不但可以帮助我们更好地理解功能植物对天敌昆虫的生态增效作用,同时也为保护型生物防治的实践提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫与植物

1.1.1 东亚小花蝽

东亚小花蝽为北京市农林科学院植物保护研究所繁育种群,在养虫室(温度 $26^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $60\%\pm 10\%$, 光周期 16 L : 8 D, 光照强度 10 000 Lux)中饲养30代以上。使用经紫外光照射30 min 进行杀胚处理过的新鲜米蛾卵作为食物,芸豆作为产卵基质。

1.1.2 金盏菊

购自北京新力园艺花卉有限公司, 初始育苗于塑料苗床中, 待生长至3~4片真叶时单株栽种于塑料花盆中(直径8.0 cm, 高度12.0 cm), 植株生长至17.0~20.0 cm后打顶, 长至5~6朵花时, 分别移栽到温室中的花盆供试。供试金盏菊在使用前1周, 喷施植物源杀虫剂1遍, 除去可能存在的害虫。

1.2 温室内金盏菊对东亚小花蝽存活的影响

试验于2022年10~11月在北京市顺义区山峰科技有限公司(116°65'E, 40°13'N)草莓温室中进行。挑取长势一致、无病虫害的金盏菊植株(带有4~5朵花)单株种植于花盆内(直径13.0 cm, 高度20.0 cm)。将防虫网笼罩(80目, 35 cm×35 cm×35 cm)放置于草莓温室中部畦间, 每笼放入草莓和金盏菊各一盆, 随后每笼中央位置放入10头初羽化东亚小花蝽雌成虫(<48 h), 仅放一盆草莓为对照。试验期间不给东亚小花蝽添加其它饲料, 每日定时观察并记录一次小花蝽的存活状况, 直至小花蝽雌成虫全部死亡。试验重复10次。

1.3 金盏菊对东亚小花蝽定殖及防控草莓害虫的增效作用

试验在北京市顺义区山峰科技有限公司(116°65'E, 40°13'N)草莓温室中进行。草莓生产温室面积为720 m²(长60 m, 宽12 m), 草莓(品种: 红颜)于2022年9月10日定植, 种植密度为2行/畦×60株/行×72畦。

将温室均分为两个区域, 分别作为处理区(释放东亚小花蝽+金盏菊)和对照区(仅释放东亚小花蝽), 每个区域均分为3个小区, 作为3个重复(不同小区之间使用80目防虫网隔开, 网高1.5 m, 网底封严, 阻碍昆虫在不同小区转移)。小区面积为120 m²(长10 m, 宽12 m), 分别包含12畦草莓。2022年10月4日将开花5~6朵的金盏菊定植于草莓畦上。处理区每个小区在中间区域间隔4畦种植金盏菊, 金盏菊按每畦4株、株距3 m种植于草莓畦内, 每小区共计种植2畦, 8株金盏菊, 金盏菊的花期持续到翌年3月底。对照区未定植金盏菊。金盏菊定植两周后, 处理和对照的每小区均匀释放200头东亚小花蝽成虫。调查草莓上天敌和虫害发生情况, 每周随机挑取小区内10株草莓, 调查植株上东亚小花蝽、二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 和棉蚜 *Aphis gossypii* 的数量, 连

续调查4周。试验期间不使用任何化学杀虫剂, 其他农事操作相同。

1.4 数据统计与分析

采用曼-惠特尼 U 检验 (Mann-Whitney U test) 比较温室环境下的金盏菊存在对东亚小花蝽雌成虫寿命的影响 ($P<0.05$), 并比较温室中不同处理的东亚小花蝽、叶螨和棉蚜的密度差异 ($P<0.05$)。使用 GraphPad Prism 8.0 绘制东亚小花蝽雌成虫的 Kaplan-Meier 生存曲线。

2 结果与分析

2.1 温室内金盏菊对东亚小花蝽存活率的影响

在北方冬季温室环境条件下, 金盏菊的存在显著增加了东亚小花蝽雌成虫的存活率 (Gehan-Breslow-Wilcoxon test, $\chi^2=20.34$, $P<0.001$), 尤其是延长后期的存活率 (图 1-A)。接入东亚小花蝽雌成虫 5 d 后, 有金盏菊的环境中小花蝽雌存活率下降减缓。在有金盏菊的环境中, 延长东亚小花蝽雌成虫的平均寿命为 9.49 d, 较对照 (6.18 d) 延长了 53.6% (图 1-B, $U=3198$, $P<0.001$)。

2.2 金盏菊对东亚小花蝽种群定殖及防控草莓害虫的增效作用

在北方冬季草莓温室中, 与仅释放相同数量的东亚小花蝽的对照相比, 金盏菊的存在显著增加了东亚小花蝽的种群数量 (图 2), 尤其是在释放东亚小花蝽后第 2~4 周, 金盏菊存在的处理组的东亚小花蝽种群密度稳定, 显著高于不含金盏菊的对照 (图 2, 第 2 周: $U=309$, $P=0.009$; 第 3 周: $U=322$, $P<0.001$; 第 4 周: $U=270$, $P<0.001$)。在释放 4 周后, 金盏菊处理的区域仍可以调查到东亚小花蝽。

草莓植株上两种害虫发生情况的调查结果表明, 与对照相比, 金盏菊的存在显著降低了草莓植株上叶螨的密度, 尤其是在释放东亚小花蝽后的第 2~4 周 (图 3-A, 第 2 周: $U=266$, $P=0.006$; 第 3 周: $U=0$, $P<0.001$; 第 4 周: $U=0$, $P<0.001$)。此外, 金盏菊存在显著降低了草莓植株上棉蚜的密度 (图 3-B, 第 2 周: $U=266$, $P=0.006$; 第 3 周: $U=0$, $P<0.001$; 第 4 周: $U=0$, $P<0.001$), 表明金盏菊对东亚小花蝽防控草莓害虫具有增效作用。在释放东亚小花蝽 2 周后, 金盏菊处理提升东亚小花蝽对两种害虫的控害作用逐渐显现出来。

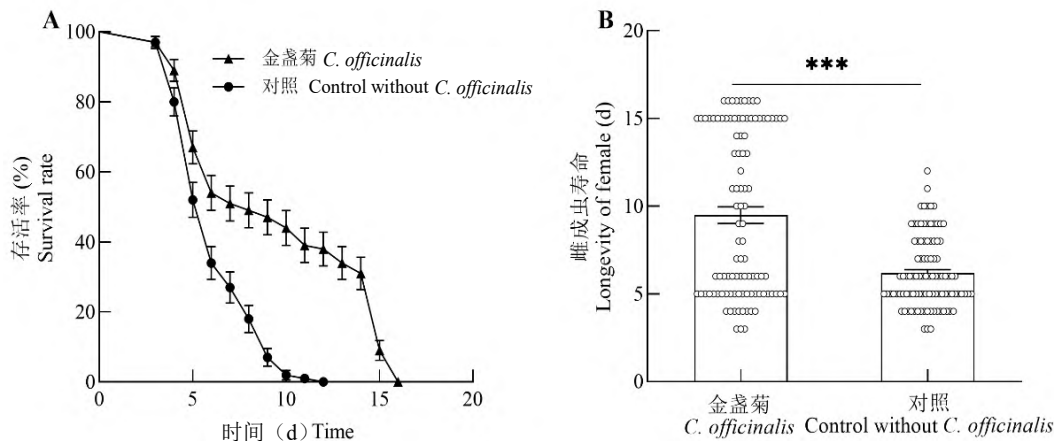


图1 北方冬季草莓温室环境条件下的东亚小花蝽雌成虫的存活率 (A) 及寿命 (B)

Fig.1 Survival rate (A) and longevity (B) of *Orius sauteri* female in greenhouse in winter

注：数据为平均数±标准误；“*”表示差异显著 ($P < 0.05$)，“***”表示差异极显著 ($P < 0.001$)。图2、图3同。Note: Data were in mean±SE. One asterisk indicated significant difference at the 0.05 level, and three asterisks indicated greatly significant difference at the 0.001 level. The same for Fig. 2 and Fig. 3.

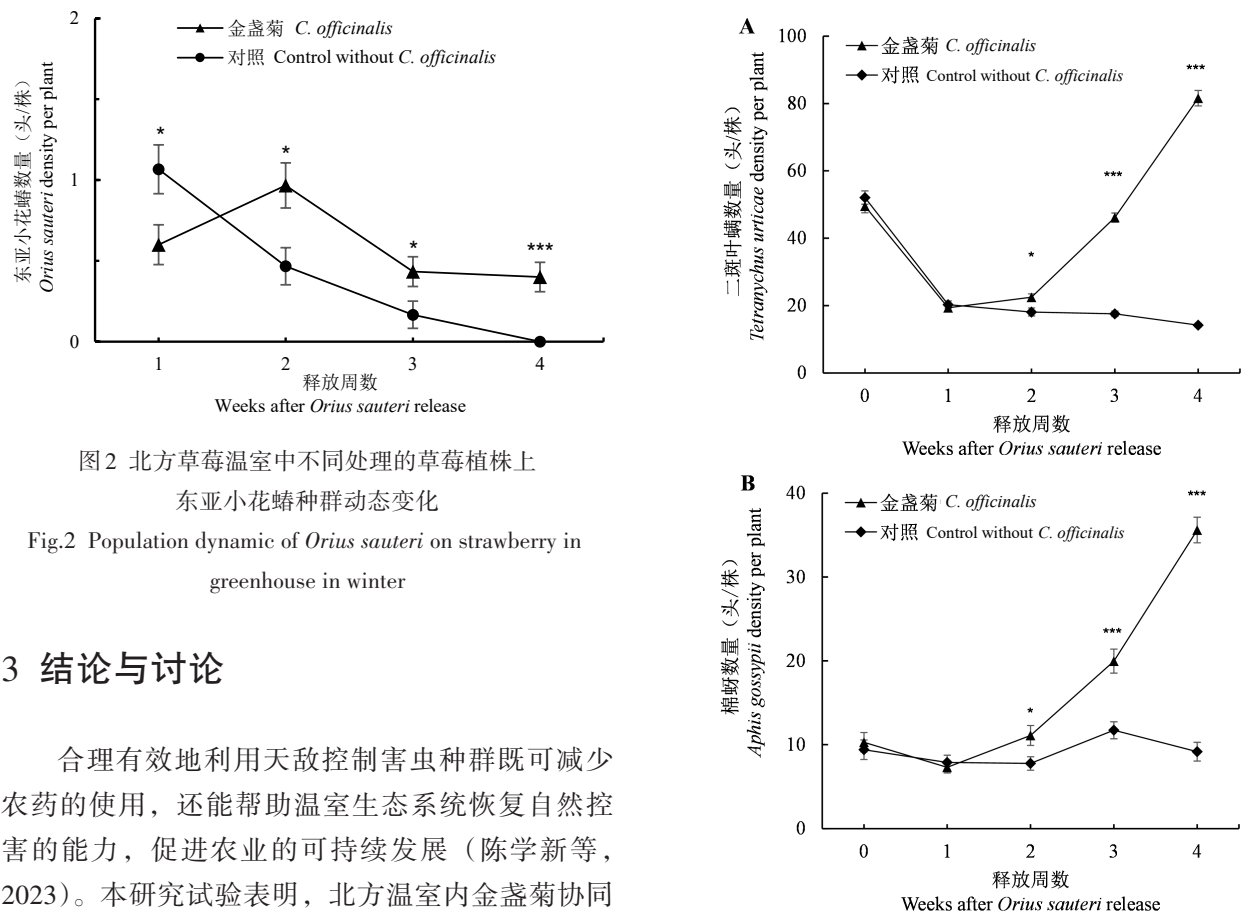


图2 北方草莓温室中不同处理的草莓植株上
东亚小花蝽种群动态变化

Fig.2 Population dynamic of *Orius sauteri* on strawberry in
greenhouse in winter

3 结论与讨论

合理有效地利用天敌控制害虫种群既可减少农药的使用，还能帮助温室生态系统恢复自然控害的能力，促进农业的可持续发展（陈学新等，2023）。本研究试验表明，北方温室内金盏菊协同东亚小花蝽释放，不仅可以显著增加其存活率，还可以延长东亚小花蝽的寿命，显著增加其种群数量，进而降低主栽作物草莓上的重要害虫叶螨和棉蚜的种群数量。

图3 北方草莓温室中不同处理的草莓植株上二斑叶螨 (A)
和棉蚜 (B) 种群动态变化

Fig.3 Population dynamic of *Tetranychus urticae* (A) and *Aphis gossypii* (B) on strawberry in greenhouse in winter

蜜源植物在天敌昆虫保护与利用中的重要性日益凸显,蜜源食物对捕食性天敌的寿命、繁殖能力,甚至子代的生态适应能力也都具有积极的作用(朱平阳等,2013; Colazza *et al.*, 2023)。释放的天敌昆虫能否成功建立稳定种群,是决定其持久高效控害的首要关键因素(藩明真和刘同先,2019)。温室中的罗勒花可以提升捕食性草蛉的定殖效率,提升对蔬菜上桃蚜 *Myzus persicae* 的防控效果(Fang *et al.*, 2022)。小花蝽的发生量与功能植物的花期长短,以及功能植物发生的蚜虫等替代猎物有关(吴月坤等,2019)。释放捕食蝽类天敌昆虫协同应用功能植物,不仅可以提升其对草莓上蚜虫和叶螨的防效,也可提升番茄田中寄生蜂和捕食蝽类等天敌昆虫防控番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta* 的防效(Arnó *et al.*, 2021)。本研究结果与 Zhao *et al.* (2017) 结果一致,金盏菊与人工释放的东亚小花蝽协同应用,有效提升小花蝽在冬季温室内的存活率及存活时间,表明蜜源植物可以给天敌补充食物营养,增强其抗寒能力。

本试验结果表明释放东亚小花蝽协同应用金盏菊可以有效防控草莓上的蚜虫、叶螨等害虫。尤其是释放东亚小花蝽2周以后,金盏菊协同东亚小花蝽提升防控害虫的效果更加明显。蒋月丽等(2011)通过在释放东亚小花蝽协同万寿菊 *Tagetes erecta* 防控温室辣椒上害虫,东亚小花蝽释放密度从0.5头/m²增加到1头/m²,对蚜虫防效由22.78%提升到96.39%,适当的提升东亚小花蝽释放密度,同时联合蜜源植物,会显著提升对草莓上叶螨和蚜虫的防效。东亚小花蝽联合生防菌(如白僵菌 *Beauveria* spp.、绿僵菌 *Metarhizium* spp.) (陈亚丰等,2021; 刘俊秀等,2023)和其他天敌(如加州新小绥螨 *Neoseiulus californicus*) (王宏栋等,2021)可以实现对害虫的防治增效。Liang *et al.* (2022)研究发现金盏菊作为蜜源植物间作在作物中,可以显著降低两种捕食性瓢虫的集团内捕食作用,增强其对番茄害虫的防治效果。因此,在东亚小花蝽与其他生防措施协同使用时,金盏菊可提供增效的生态服务,为生物防治措施联合应用提供了可行性,也可以为生物防治方式多元化应用与推广提供实践指导。Van *et al.* (2022)发现释放大灰优食蚜蝇 *Eupeodes corollae* 不仅可以很好的控制草莓蚜虫,食蚜蝇的传粉功能还提升草莓果的品质,因此,释放大灰食蚜蝇协同应用金盏

菊也可被用作草莓蚜虫生物防治的措施之一,兼具改善草莓果品品质的功能。

总之,本研究通过将金盏菊与草莓伴存种植,系统探究了北方冬季温室环境下的金盏菊存在对东亚小花蝽个体存活、种群维持与害虫防治等方面的作用,明确了金盏菊通过提高东亚小花蝽存活时间和定殖率,继而影响东亚小花蝽对蚜虫和叶螨种群的控制,最终提升东亚小花蝽对温室草莓上两种害虫的防控效果。据最新研究报道,北京市草莓生产者对绿色防控技术的认知度、采纳意愿和采纳率总体上处于70%以上,整体处于较高水平,对绿色防控技术需求较高(常庄田等,2024)。本研究为北方冬季温室草莓的害虫生物防治提供了技术参考。然而,蜜源植物的田间布局、引入时间和管理措施均会影响天敌的定殖和害虫防治效果(Jaworski *et al.*, 2019; Fang *et al.*, 2022; Doehler *et al.*, 2023; Gong *et al.*, 2024),下一步可定量研究这些因素的影响作用。此外,接种式释放很大程度上减少了天敌的净投入,程森弟等(2023)通过经济效益变量比较,证明了天敌昆虫生物防治与有机植保药剂在经济效益上的同效性。因此,为了展示金盏菊联合东亚小花蝽释放防控草莓技术的实用性,开展经济效益评价将有助于明确该措施的实际增效能力,为推广应用提供参考。

参考文献 (References)

- Arnó J, Molina P, Aparicio Y, *et al.* Natural enemies associated with *Tuta absoluta* and functional biodiversity in vegetable crops [J]. *BioControl*, 2021, 66 (5): 613–623.
- Chang ZT, Zhu N, Liu RH. Investigation and analysis on the cognition and adoption behavior of strawberry producers' green prevention and control technology in Beijing [J]. *China Plant Protection*, 2024, 44 (5): 97–101. [常庄田, 祝宁, 刘瑞涵. 北京市草莓生产者绿色防控技术认知与采纳行为调查分析 [J]. 中国植保导刊, 2024, 44 (5): 97–101]
- Chen XX, Du YJ, Huang JH, *et al.* Recent progresses in biological control of crop pathogens and insect pests in China [J]. *Plant Protection*, 2023, 49 (5): 340–370. [陈学新, 杜永均, 黄健华, 等. 我国作物病虫害生物防治研究与应用最新进展 [J]. 植物保护, 2023, 49 (5): 340–370]
- Chen XX, Liu YQ, Ren SX, *et al.* Plant-mediated support system for natural enemies of insect pests [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2014, 51 (1): 1–12. [陈学新, 刘银泉, 任顺祥, 等. 害虫天敌的植物支持系统 [J]. 应用昆虫学报, 2014, 51 (1): 1–12]

- Chen YF, Wang S, Di N, *et al.* Evaluation of the effects of *Beauveria bassiana* on the predation of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) by *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) using functional response mode [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2021, 64 (8): 967–975. [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]
- Cheng SD, Wang XJ, Guo R, *et al.* Economic benefits of using natural enemies to control pest insects in organic vegetable production [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2023, 60 (3): 956–963. [程森弟, 王晓晶, 郭荣, 等. 有机蔬菜生产中天敌昆虫应用的经济收益评价 [J]. 应用昆虫学报, 2023, 60 (3): 956–963]
- Colazza S, Peri E, Cusumano A. Chemical ecology of floral resources in conservation biological control [J]. *Annual Review of Entomology*, 2023, 68: 13–29.
- Ding RF, Wang XL, Xu Y, *et al.* The effect of honey plants on arthropod community in apricot and wheat intercropping orchard [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2008, 45 (5): 960–963. [丁瑞丰, 王小丽, 徐遥, 等. 套种蜜源植物对杏-麦间作果园节肢动物群落的影响 [J]. 新疆农业科学, 2008, 45 (5): 960–963]
- Doehler M, Chauvin D, Le Ralec A, *et al.* Effect of the landscape on insect pests and associated natural enemies in greenhouses crops: The strawberry study case [J]. *Insects*, 2023, 14 (3): 302.
- Fang Y, Li S, Xu Q, *et al.* Optimizing the use of basil as a functional plant for the biological control of aphids by *Chrysopa pallens* (Neuroptera: Chrysopidae) in greenhouses [J]. *Insects*, 2022, 13 (6): 552.
- Fang Y, Wang J, Qin Y, *et al.* Effect of nectar plant *Cosmos bipinnata* on the population dynamics of predatory natural enemies [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2021, 37 (5): 877–884. [方艳, 王杰, 覃杨, 等. 蜜源植物波斯菊对捕食性天敌种群动态的影响 [J]. 中国生物防治学报, 2021, 37 (5): 877–884]
- Gong B, Wang J, Hatt S, *et al.* Intercropping with aromatic plants enhances natural enemy communities facilitating pest suppression in tea plantations [J]. *Arthropod-Plant Interactions*, 2024, 18 (4): 753–761.
- Gurr GM, Lu Z, Zheng X, *et al.* Multi-country evidence that crop diversification promotes ecological intensification of agriculture [J]. *Nature Plants*, 2016, 2 (3): 1–4.
- Hou ZR, Sun BB, Li JP, *et al.* Control effect of mixed release of natural enemies on pepper thrips in greenhouse [J]. *China Plant Protection*, 2022, 42 (9): 57–61. [侯峥嵘, 孙贝贝, 李金萍, 等. 混合释放天敌对大棚辣椒蓟马的防控效果 [J]. 中国植保导刊, 2022, 42 (9): 57–61]
- Jaworski CC, Xiao D, Xu Q, *et al.* Varying the spatial arrangement of synthetic herbivore-induced plant volatiles and companion plants to improve conservation biological control [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2019, 56 (5): 1176–1188.
- Jiang GQ, Huang ML, Li XY, *et al.* Resistance monitoring of *Tetranychus urticae* Koch to five acaricides in Jiangsu Province [J]. *China Vegetables*, 2023, 11: 98–103. [江改青, 黄孟丽, 李雪银, 等. 江苏草莓二斑叶螨对5种杀螨剂的抗药性监测 [J]. 中国蔬菜, 2023, 11: 98–103]
- Jiang YL, Wu YQ, Duan Y, *et al.* Control efficiencies of releasing *Orius sauteri* (Heteroptera: Anthocoridae) on some pests in greenhouse pepper [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2011, 27 (3): 414–417. [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]
- Landis DA, Wratten SD, Gurr GM. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture [J]. *Annual Review of Entomology*, 2000, 45: 175–201.
- Li S, Lao SB, Wang S, *et al.* Control effect of *Orius sauteri* collaborated with *Encarsia formosa* on *Bemisia tabaci* in the greenhouse [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2014, 36 (6): 978–982. [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]
- Li S, Wang J, Huang NX, *et al.* Research progress and prospect on banker plant systems of predators for biological control [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2020, 53 (19): 3975–3987. [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]
- Liang Y, Chen X, Dai H, *et al.* Flower provision reduces intraguild predation between predators and increases aphid biocontrol in tomato [J]. *Journal of Pest Science*, 2022, 95 (1): 461–472.
- Liu JX, Zhu ZY, Tian LX, *et al.* Evaluation of the combined application of *Orius sauteri* and *Metarhizium anisopliae* on controlling *Frankliniella occidentalis* and *Bemisia tabaci* [J]. *Plant Protection*, 2023, 49 (6): 310–316, 322. [刘俊秀, 朱正阳, 田丽霞, 等. 东亚小花蝽携带绿僵菌防控西花蓟马和烟粉虱的效果评价 [J]. 植物保护, 2023, 49 (6): 310–316, 322]
- Luo JX, Zhao JB, Yu YH, *et al.* Risk assessment of strawberry dietary intake in Zhengzhou based on risk monitoring [J]. *Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition)*, 2023, 44 (4): 98–106. [罗俊霞, 赵建波, 于玉红, 等. 基于监测数据的郑州市草莓膳食摄入风险评估 [J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2023, 44 (4): 98–106]
- Ma YY, Zhang F, Wang S, *et al.* Synergistic effect of functional plant *Calendula officinalis* (Asterales: Asteraceae) to the colonization of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in greenhouse [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (2): 276–282. [马亚云, 张帆, 王甦, 等. 功能植物金盏菊对七星瓢虫温室定殖控害的增效作用研究 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (2): 276–282]
- Pan MZ, Liu TX. Banker-plant system for biological control of pests in greenhouse-grown crops [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2019, 56 (5): 917–926. [潘明真, 刘同先. 载体植物在温室作物害虫生物防治中的应用 [J]. 应用昆虫学报, 2019, 56 (5): 917–926]
- Van OA, Tuytens E, Boonen S, *et al.* Dual purpose: Predatory hoverflies pollinate strawberry crops and protect them against the strawberry aphid, *Chaetospion fragaefolii* [J]. *Pest Management Science*,

- 2022, 78 (7): 3051–3060.
- Wang HD, Han B, Han S, *et al.* The application of natural enemy control and bumblebee pollination technology on strawberry in greenhouse [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2021, 37 (2): 370–375. [王宏栋, 韩冰, 韩双, 等. 天敌治虫和熊蜂授粉技术在大棚草莓上的应用 [J]. 中国生物防治学报, 2021, 37 (2): 370–375]
- Wang J, Zhang C, Zhu ZY, *et al.* Control effects of *Orius sauteri* on *Frankliniella occidentalis* in pepper and eggplant flowers in greenhouses [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2023, 39 (2): 264–270. [王杰, 张晨, 朱正阳, 等. 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]. 中国生物防治学报, 2023, 39 (2): 264–270]
- Wang SL, Liu LJ, He BQ, *et al.* Important pests of strawberry in greenhouses in northern China and their integrated control techniques [J]. *China Vegetables*, 2023, 8: 128–132. [王少雨, 刘立娟, 何秉青, 等. 北方设施草莓重要害虫及其综合防治技术 [J]. 中国蔬菜, 2023, 8: 128–132]
- Wu CB, Liu FY, Liu JX, *et al.* Role of *Lagopsis supine* in conserving the arthropod natural enemies of pests [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2022, 59 (2): 303–310. [吴长兵, 刘飞宇, 刘俊秀, 等. 夏至草对天敌昆虫控害能力的促进作用 [J]. 应用昆虫学报, 2022, 59 (2): 303–310]
- Wu YK, Liu B, Pan HS, *et al.* Population densities of *Orius* spp. on different plant species [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2019, 35 (4): 527–535. [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]
- Wyckhuys KA, Lu YF, Morales H, *et al.* Current status and potential of conservation biological control for agriculture in the developing world: Theory and applications in pest management [J]. *Biological Control*, 2013, 65 (1): 152–167.
- Xu Q, Wang S, Li S, *et al.* Conservation Biological Control in Organic Greenhouse Vegetable vol 20 [M]. Integrative Biological Control: Ecostacking for Enhanced Ecosystem Services, 2020: 133–144.
- Yang F, Wang S, Zhang JM, *et al.* Olfactory influences and filed attractions of enhancing plant and herbivore induced defense volatiles to predacious flower bug *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) and parasitoid wasp *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2017, 39 (6): 1250–1257. [杨帆, 王甦, 张君明, 等. 增殖植物和植物诱导抗性挥发物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]
- Yang HW. Review in utilization of insect natural enemies during the period from 1985 to 2015 in China (part 2) [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2015, 31 (5): 613–619. [杨怀文. 我国农业害虫天敌昆虫利用三十年回顾 (下篇) [J]. 中国生物防治学报, 2015, 31 (5): 613–619]
- Zhang AS, Yu Y, Li LL, *et al.* Functional response and searching rate of *Orius sauteri* adults on *Frankliniella occidentalis* nymphs [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26 (8): 1233–1237. [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]
- Zhang F, Li S, Wang S. Progress and model innovation of sustainable use of natural enemy insects to control vegetable pests in protected facilities [J]. *Agricultural Engineering Technology*, 2017, 37 (31): 16–20. [张帆, 李姝, 王甦. 可持续利用天敌昆虫防治设施蔬菜害虫的进展及模式创新 [J]. 农业工程技术, 2017, 37 (31): 16–20]
- Zhang F, Li S, Xiao D. Progress in pest management by natural enemies in greenhouse vegetables in China [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2015, 48 (17): 3463–3476. [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]
- Zhao J, Guo XJ, Tan XL, *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.
- Zhao YY, Tian JC, Zheng XS, *et al.* Feasibility of *Trifolium repens* and *Oxalis corniculata* as the nectar resource plant to *Trichogramma chilonis* [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2017, 29 (1): 106–112. [赵燕燕, 田俊策, 郑许松, 等. 酢浆草和车轴草作为螟黄赤眼蜂田间蜜源植物的可行性分析 [J]. 浙江农业学报, 2017, 29 (1): 106–112]
- Zhu PY, Lv ZX, Geoff G, *et al.* Ecological functions of flowering plants on conservation of the arthropod natural enemies of insect pests in agroecosystem [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2012, 28 (4): 583–588. [朱平阳, 吕仲贤, Geoff Gurr, 等. 显花植物在提高节肢动物天敌控制害虫中的生态功能 [J]. 中国生物防治学报, 2012, 28 (4): 583–588]
- Zhu PY, Sheng XQ, Fang DH, *et al.* Effect of feeding parental adults with plant flowers on growth and predatory capacity of next generation of mired bug *Cyrtorhinus lividipennis* [J]. *China Plant Protection*, 2013, 33 (10): 17–21. [朱平阳, 盛仙俏, 方德华, 等. 黑肩绿盲蝽成虫取食植物花后对下一代生长和捕食能力的影响 [J]. 中国植保导刊, 2013, 33 (10): 17–21]
- Zhu ZY, Di N, Zhang F, *et al.* Research progress and prospect of minute pirate bug *Orius sauteri* [J]. *Journal of Plant Protection*, 2022, 49 (6): 1551–1564. [朱正阳, 邸宁, 张帆, 等. 天敌昆虫东亚小花蝽研究进展与展望 [J]. 植物保护学报, 2022, 49 (6): 1551–1564]