

氯虫苯甲酰胺对稻飞虱及其寄生类天敌的影响*

沈栎阳** 王 晖 韩可洪 蒲 雷 谢美琦 华红霞 蔡万伦***

(华中农业大学植物科学技术学院, 武汉 430070)

摘 要 【目的】研究稻田施用氯虫苯甲酰胺后对非目标害虫——稻飞虱及其寄生类天敌的影响, 为氯虫苯甲酰胺的合理使用提供参考。【方法】2011 和 2012 年在湖北省随州市和孝感市, 选取施用和不施用氯虫苯甲酰胺的稻田各 4 块, 采用吸虫法采集稻田节肢动物, 并比较了施用和不施用氯虫苯甲酰胺药剂稻飞虱及其寄生类天敌优势度、种群密度以及相互关联程度的差异。【结果】2011 年和 2012 年, 在湖北省随州市和孝感市稻田稻飞虱及其寄生类天敌的优势度和种群密度在对照田和施药田之间均没有显著差异。在孝感两年试验中, 对照与施药田中的稻飞虱与寄生类天敌种群数量均呈显著正相关 (2011: 对照田, $R^2=0.249$, $P=0.007$, 施药田, $R^2=0.462$, $P<0.001$; 2012: 对照田, $R^2=0.189$, $P=0.021$, 施药田, $R^2=0.212$, $P<0.014$)。而随州在连续 2 年的观测期内, 无论对照还是施药田中的稻飞虱与其主要寄生性天敌的种群数量均不存在显著的相关关系。【结论】在稻田施用氯虫苯甲酰胺未影响寄生天敌发挥其生态功能, 且不会对非靶标害虫稻飞虱及稻飞虱寄生类天敌种群产生不利影响。

关键词 氯虫苯甲酰胺; 稻飞虱; 寄生类天敌; 稻田节肢动物

Effects of chlorantraniliprole on rice planthoppers and their parasitic natural enemies

SHEN Li-Yang** WANG Hui HAN Ke-Hong PU Lei XIE Mei-Qi
HUA Hong-Xia CAI Wan-Lun***

(College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract 【Objectives】To study the effects of chlorantraniliprole on rice planthoppers and their parasitic natural enemies in paddy fields, together with changes in arthropod community parameters, in order to provide a scientific basis for the rational use of chlorantraniliprole. 【Methods】Four rice fields were treated with chlorantraniliprole and four control rice fields were selected in Suizhou city and Xiaogan city, Hubei province. Arthropods were collected using the suction method and their dominance, population density, and the correlation between rice planthopper abundance and that of their parasitic natural enemies, was compared between treated and control rice fields. 【Results】In most cases, there was no significant difference in the dominance and population density of rice planthoppers and that of their parasitic natural enemies between treated and control fields in 2011 and 2012. There was, however, a significant positive correlation between the number of rice planthoppers and that of their parasitic natural enemies in control and treatment fields in Xiaogan (2011: control field, $R^2=0.249$, $P=0.007$; treated field, $R^2=0.462$, $P<0.001$; 2012: control field, $R^2=0.189$, $P=0.021$; treated field, $R^2=0.212$, $P<0.014$). However, no significant correlation between rice planthopper abundance and that of their parasitic natural enemies was found in the two treatment fields in Suizhou over these two growing seasons. 【Conclusion】The application of chlorantraniliprole to rice fields did not affect the ecological function of parasitic natural enemies of the rice planthopper, and did not adversely affect non-target pests or parasitic natural enemies of the rice planthopper.

Key words chlorantraniliprole; rice planthoppers; parasitic natural enemies; paddy arthropods

*资助项目 Supported projects: 湖北省洪山实验室重大项目“稻-鸭-虾”、“三不一精准”技术与效益研究及产业化 (2021hszd002); 转基因生物新品种培育科技重大专项 (2011ZX08011002)

**第一作者 First author, E-mail: 1812053948@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: wanlunca@mail.hzau.edu.cn

收稿日期 Received: 2022-06-05; 接受日期 Accepted: 2022-08-25

稻飞虱属于半翅目飞虱科,主要包括褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål)、白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) 和灰飞虱 *Laodelphax striatellus* (Fallén), 通过刺吸水稻韧皮部汁液为害(娄永根和程家安, 2011), 常于水稻基部吸取同化产物和水分, 使稻株变黄干枯。褐飞虱和白背飞虱主要分布在长江流域及以南的各个省, 灰飞虱主要分布于华北、华东和华中稻区(钟决龙和南天竹, 2008)。

氯虫苯甲酰胺属于双酰胺类杀虫剂, 由美国杜邦公司开发(Lahm *et al.*, 2005, 2009)。研究表明, 鱼尼丁受体(Ryanodine receptor, RyR) 是昆虫肌肉细胞内质网上的 Ca^{2+} 释放通道, 对肌肉细胞的兴奋-收缩偶联发挥关键作用。氯虫苯甲酰胺能够作用于鱼尼丁受体, 使 RyR 通道持续开放, Ca^{2+} 不受控制地释放到细胞质, 导致细胞质内 Ca^{2+} 水平过高, 昆虫因此麻痹抽搐致死(Cordova *et al.*, 2006)。氯虫苯甲酰胺的靶标昆虫主要有鳞翅目、鞘翅目、双翅目、半翅目等翅目等害虫(徐尚成等, 2008)。

水稻生产上, 防治稻飞虱的农药包括有机磷类、新烟碱类和氨基甲酸酯类等(娄永根和程家安, 2011)。而氯虫苯甲酰胺是防治水稻鳞翅目害虫如二化螟 *Chilo suppressalis*、三化螟 *Tryporyza incertulas*、稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* 的主要化学药剂(殷畅等, 2021), 因此, 稻飞虱是其非目标害虫。有研究表明, 氯虫苯甲酰胺对稻飞虱的 7 d 后防效仅 23.4%-42.4% (张志东等, 2011; 高松林等, 2021); 但氯虫苯甲酰胺 LC_{10} 和 LC_{25} 剂量处理后, 白背飞虱和褐飞虱种群增长被抑制(杨洪等, 2012)。

稻飞虱寄生类天敌有缨小蜂、螯蜂、赤眼蜂、柄翅小蜂等(张晓燕等, 2014)。稻虱缨小蜂 *Anagrus nilaparvatae* 是稻飞虱卵期寄生率最高的寄生蜂, 常年寄生率为 10%-70% (王野岸和庞雄飞, 1986; 祝增荣等, 1993)。稻虱红螯蜂 *Haplogonatopus japonicus* 喜捕食和寄生白背飞虱和褐飞虱的若虫, 具备捕食和寄生的双重能力(王惠长等, 1995; 张晓燕等, 2014)。

目前, 有关氯虫苯甲酰胺对稻田鳞翅目害虫及寄生类天敌影响的报道较少。例如, 氯虫苯甲

酰胺对螟黄赤眼蜂 *Trichogramma chilonis* 各发育阶段毒性低, 为低风险杀虫剂(朱文雅等, 2021)。氯虫苯甲酰胺对松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* 的存活与寄生能力无影响, 对松毛虫赤眼蜂比较安全(张俊杰等, 2014)。毒死蜱、氯虫苯甲酰胺、甲氨基阿维菌素和多杀霉素 4 种农药在亚致死浓度下, 氯虫苯甲酰胺对稻螟赤眼蜂 *Trichogramma japonicum* 和松毛虫赤眼蜂存活率影响最小, 而且不影响寄生蜂的寄生能力(Yang *et al.*, 2019)。那么, 氯虫苯甲酰胺对稻飞虱及其寄生类天敌有何影响, 目前国内外还鲜有报道。本研究通过系统调查施用氯虫苯甲酰胺后稻田节肢动物群落结构、稻飞虱及其寄生类天敌种群动态, 以期科学合理地地进行稻田害虫化学防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

水稻品种为明恢 63 (MH63), 是我国优良的籼型胞质雄性不育恢复系。氯虫苯甲酰胺 (Chlorantraniliprole), 美国杜邦公司生产, 剂型: 悬浮剂, 有效成分含量: 200 g/L。

1.2 试验设计

2011-2012 年, 选择湖北省稻飞虱发生具有代表意义的随州 (113.22°E, 31.42°N) 和孝感 (113.54°E, 30.56°N) 稻区作为试验田。试验设置水稻全生育期不施用农药和施用农药的两个处理, 每个处理设置 4 个重复, 在田间按完全随机区组排列。每个处理的小区面积为 14 m×11 m (孝感) 和 10 m×15 m (随州), 小区间留有 1 m 宽的隔离带, 整个试验区四周种有保护行 (0.5 m), 小区内按照 13.32 cm×29.97 cm 单本插秧, 水肥管理参照当地习惯。具体防治时间见表 1, 每次按 10 mL/667 m² 的剂量施用氯虫苯甲酰胺, 除此外不使用其他任何药剂。水稻移栽 30 d 后, 每隔 10 d 调查一次节肢动物群落, 调查节点若遇到施药时间, 则统一在施药前 24 h 完成调查, 同一小区中不同时间节点上的调查样点避免重合, 取不同稻苑进行, 共调查 7 次。

表 1 稻田氯虫苯甲酰胺施用时间
Table 1 Time of chlorantraniliprole application in rice field

试验地点 Location of trial	年份 Year	防治日期 Date of application	水稻生育期 Rice growth period
随州 Suizhou	2011	7.15	分蘖期 Tillering stage
		8.27	抽穗期 Heading stage
	2012	7.31	分蘖期 Tillering stage
		8.31	抽穗期 Heading stage
孝感 Xiaogan	2011	7.26	分蘖期 Tillering stage
		9.50	抽穗期 Heading stage
	2012	7.28	分蘖期 Tillering stage
		8.22	抽穗期 Heading stage

1.3 节肢动物调查方法

采用 5 点取样法调查每个小区节肢动物的数量, 每个取样点用 100 目尼龙网纱包裹的取样框 (长×宽×高=50 cm × 50 cm × 100 cm) 覆盖 6 蔸水稻, 然后使用二冲程农用喷雾器 (山东省临沂市华盛农机公司, WFB-18AC 型) 改装的背负式吸虫器吸取框内的全部节肢动物, 吸取时间为 3 min (綦立正等, 1993)。将采集的节肢动物置于预先放有 75%酒精的 50 mL 离心管保存, 并带回室内进行种类鉴定和计数。参考何俊华和庞雄飞 (1986) 以及傅强等 (2021) 有关水稻害虫与天敌的分类资料进行鉴定。

1.4 数据统计与分析

两年的试验均在水稻生产期内调查了 7 次 (7 月中至 9 月下旬), 首先对每个小区不同时间点原始数据将前 2 次调查数据、后 5 次调查数据以及全部 7 次分别按物种进行求和合并成水稻生育前期、中后期以及整个观测期的累积原始数据。参照刘志诚等 (2003) 及徐雪亮等 (2011) 对水稻节肢动物群落功能团划分标准, 将获得的原始物种数据按植食类、捕食类、腐食类、寄生类和其他类进行归类, 以便计算稻飞虱和其天敌在各自功能团中的优势度。上述合并后数据除以合并的调查次数得到平均物种构成, 根据取样

数 (每样点 6 蔸), 计算得到对应小区各个时期的物种百蔸虫量, 即种群密度。

根据马克平 (1994) 整理的群落生物多样性测度方法, 按如下公式计算节肢动物物种的功能团中的优势度:

$$\text{优势度}(\%) = P_i / N_i \times 100$$

上式中, P_i 为第 i 个物种的个体数, N_i 为对应功能团总物种个数。

利用 The SAS System for Windows V8 软件, 采用 t -测验的方法分析同一时期同一地点不同处理间的功能团优势度, 物种优势度以及物种密度, 检验均值差异显著性 ($P < 0.05$), WPS 软件完成制图。分别对每各小区各个时间点上的 3 种飞虱和 2 种飞虱寄生性天敌种群数量进行合并, 代表稻飞虱和其寄生性天敌的生物量, 利用 Graphpad 8.0 进行相关分析并完成制图。

2 结果与分析

2.1 施用氯虫苯甲酰胺对稻飞虱及其寄生性天敌优势度的影响

稻飞虱中, 无论在对照田还是施药田, 白背飞虱在植食类功能团中的占比是最高的 (51%-60%), 两年两地褐飞虱均未造成显著为害, 即使在水稻生育期后期, 其优势度没有超过 20% (图 1)。统计比较的结果显示, 使用氯虫苯甲酰胺的处理对 3 种稻飞虱优势度影响很小, 仅在 2011 年随州水稻生育前期, 灰飞虱优势度对照田显著高于施药田 ($t=4.88$, $P=0.0028$) (图 1: A)。从图 1 还可以看出, 绝大多数情况下, 施药田稻虱缨小蜂和稻虱红螯蜂的优势度与对照田没有显著差异, 仅在 2012 年随州试验点水稻生育前期, 稻虱红螯蜂优势度对照田显著高于处理田 ($t=3.17$, $P=0.0192$) (图 1: B)。

2.2 施用氯虫苯甲酰胺对稻飞虱及其寄生类天敌的种群密度的影响

不同处理后稻田稻飞虱及其寄生类天敌种群密度在不同水稻生育期的比较如图 2 所示。在整个水稻生育期内, 白背飞虱的种群密度最高, 褐飞虱种群密度在水稻生育期中后期有明显升

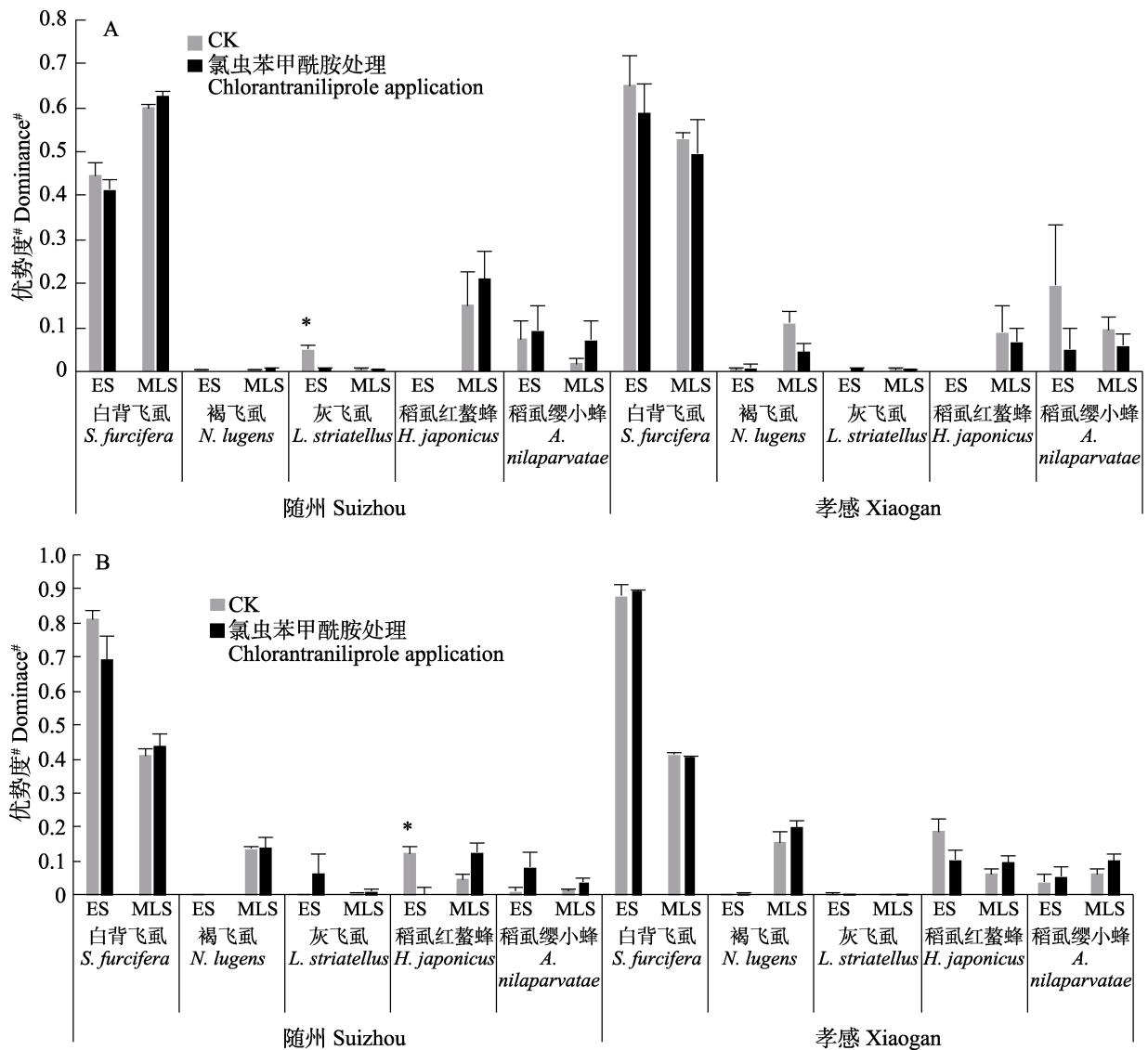


图 1 喷施氯虫苯甲酰胺对稻飞虱及其寄生性天敌优势度的影响

Fig. 1 Impact of chlorantraniliprole application on dominance of planthopper and parasitic natural enemy

A. 2011 年; B. 2012 年. #: 表示在对应功能团中的优势度; ES: 水稻生育期前期;

MLS: 水稻生育期中后期. 柱上标有*表示对照与处理间存在显著差异 ($P < 0.05$, t -测验). 图 2 同。

A. 2011; B. 2012. #: Data are dominance of species in its functional group. ES: Data collected in the early stage of rice; MLS: Data collected in the mid-late stage of rice.

Histograms with * indicate singnificant differences between CK and the treatment field ($P < 0.05$, t -test). The same as Fig. 2.

高,但仍明显低于白背飞虱的数量。处理田与对照田上的 3 种稻飞虱种群密度在两年两地大部分情况下未出现显著差异,仅在 2011 年随州对照田灰飞虱种群数量显著高于氯虫苯甲酰胺处理田 ($t=2.69$, $P=0.0362$) (图 2: A)。类似的,在两年两地大多数调查时间点上,稻飞虱寄生性天敌的种群密度在处理田与对照田上差异不显著,仅在 2012 随州对照田水稻生育前期的稻虱

红螯蜂种群密度显著高于施药田 ($t=3.17$, $P=0.0192$) (图 2: B)。

2.3 施用氯虫苯甲酰胺对稻飞虱及其寄生类天敌的相互关联度的影响

相关分析表明,2011 年(对照田: $R^2=0.249$, $P=0.007$; 施药田: $R^2=0.462$, $P<0.001$) 和 2012 年(对照田: $R^2=0.189$, $P=0.021$; 施药田:

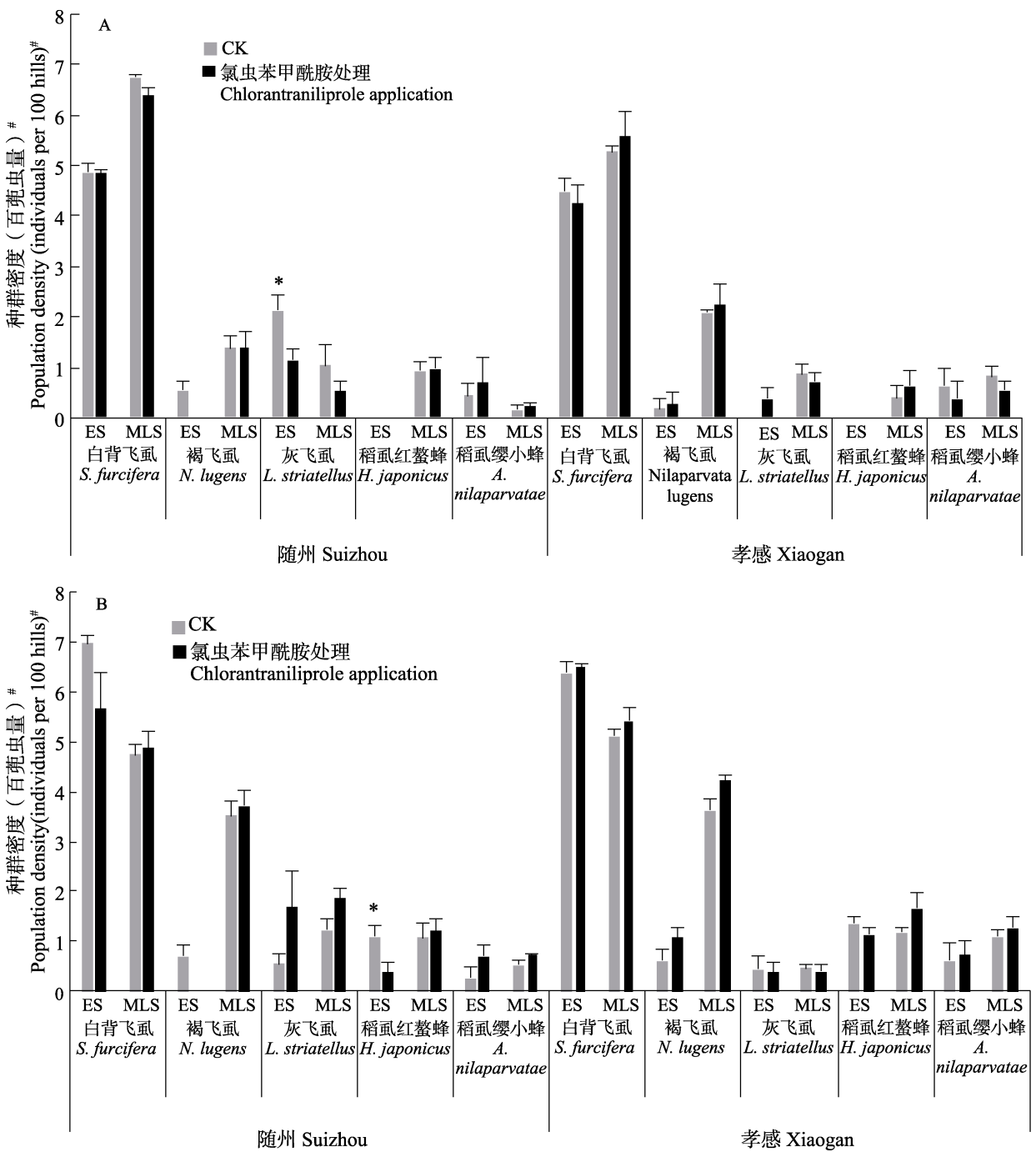


图 2 喷施氯虫苯甲酰胺对稻飞虱及其寄生性天敌种群密度的影响
Fig. 2 Impact of chlorantraniliprole application on density of planthopper and parasitic natural enemy population

A. 2011; B. 2012. #: 数据为自然对数值。
A. 2011; B. 2012. #: Data are natural logarithm values.

$R^2=0.212$, $P<0.014$)) 孝感稻田稻飞虱数量与其寄生性天敌数量呈显著正相关, 且这种正相关关系在两种处理田上表现一致 (图 3: C, D)。而

随州在连续两年的观测期内, 稻飞虱与其主要寄生性天敌的种群数量不存在显著的相关关系 (图 3: A, B)。

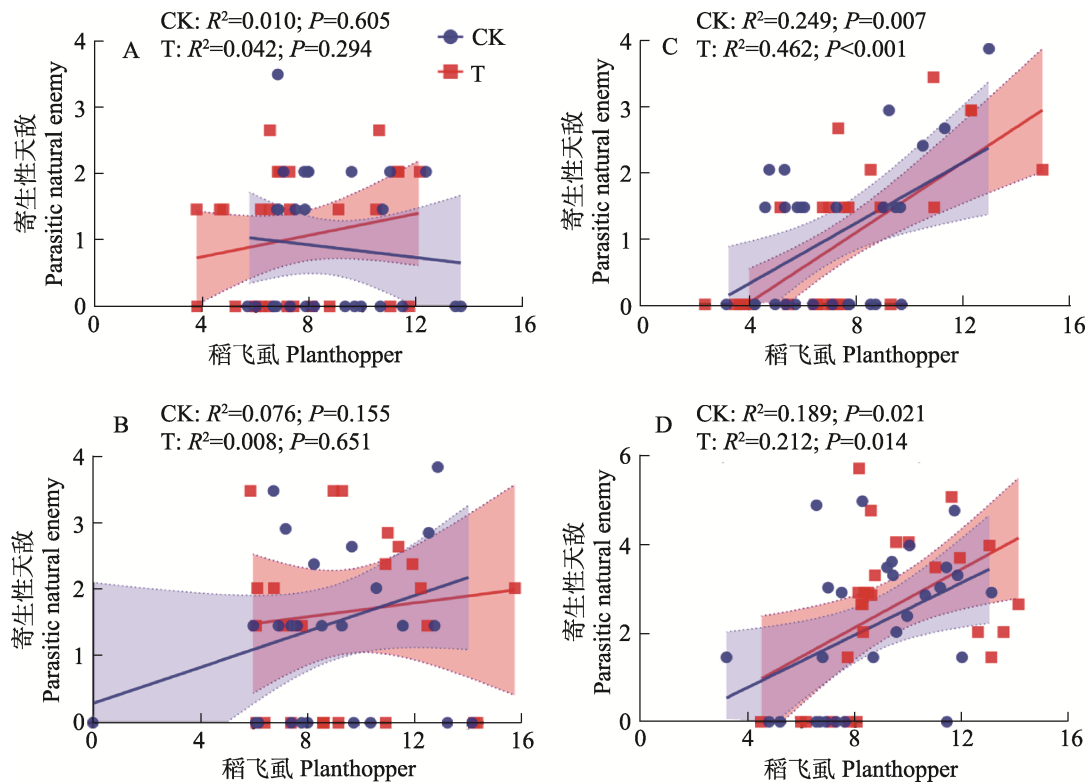


图 3 施用氯虫苯甲酰胺对稻飞虱及其寄生性天敌相互关系的影响

Fig. 3 Impact of chlorantraniliprole application on relationship between planthopper and parasitic natural enemy

A. 随州 (2011); B. 孝感 (2011); C. 随州 (2012); D. 孝感 (2012)。T: 氯虫苯甲酰胺处理; CK: 对照田。

A. Suizhou (2011); B. Xiaogan (2011); C. Suizhou (2012); D. Xiaogan (2012).

T: Field treated with chlorantraniliprole; CK: Control field.

3 讨论

稻飞虱不是氯虫苯甲酰胺靶标害虫。根据中国农药信息网 (<http://www.chinapesticide.org.cn/>) 查询可知, 2022 年 1 月前, 以氯虫苯甲酰胺为原药开发的农药共有 60 个, 主要的防治对象为稻纵卷叶螟和二化螟。研究表明氯虫苯甲酰胺能较好地防治二化螟 (张志东等, 2011; 魏中华和李鹤鹏, 2020), 尤其对二化螟初孵幼虫的防治效果较好 (李宽, 2020)。除了二化螟, 有关氯虫苯甲酰胺对稻纵卷叶螟、玉米螟 *Pyrausta nubilalis* 和草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 也有较好的防治效果 (张立志, 2014; 沈剑等, 2020; 邓世峰等, 2021; 王佳林等, 2021)。而单用氯虫苯甲酰胺处理水稻防治稻飞虱, 仅有不到 45% 的防效 (张志东等, 2011; 高松林等, 2021)。

本文研究结果显示, 无论是水稻生育期前期还是中后期, 单用氯虫苯甲酰胺的稻田中 3 种飞虱的种群密度均与未施用任何杀虫剂的对照无显著差异 (图 2), 其在整个植食类类群中占有极其优势的地位 (图 1), 这说明氯虫苯甲酰胺的施用基本对稻飞虱类群影响不大。

近年来, 大量的研究表明氯虫苯甲酰胺是对成年天敌毒性较小的杀虫剂 (Preetha *et al.*, 2009; Brugger *et al.*, 2010; Pereira *et al.*, 2014)。根据 IOBC (International Organisation for Biological Control) 提出的评估杀虫剂对天敌毒性的标准, 氯虫苯甲酰胺对螟黄赤眼蜂的影响较小, 被归为无害 (Duraimurugan and Lakshminarayana, 2018)。氯虫苯甲酰胺也对一种跳小峰科昆虫 *Copidosoma truncatellum* 安全 (Ramos *et al.*, 2017)。在田间条件下, 当氯虫

苯甲酰胺剂量在 10-50 g/hm² 时它对赤眼蜂科的 *Trichogramma pretiosum* 的影响是可以忽略不计 (Grande *et al.*, 2018)。刘芳等 (2009) 发现在施用氯虫苯甲酰胺后, 田间蜘蛛数量没有下降, 且室内实验发现氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* 和稻虱缨小蜂安全。本研究中, 随州和孝感两地施用氯虫苯甲酰胺后, 稻飞虱的寄生类天敌稻虱缨小蜂和稻虱红螯蜂的种群密度和物种优势度均与对照田没有显著差异。尤其是对稻飞虱和其寄生性天敌相互关系检验发现, 孝感的两年试验均表明两者呈显著正相关 (图 3: C, D), 两种处理田完全一致, 这说明氯虫苯甲酰胺对天敌无论是数量还是生态功能影响均非常小。这可能是因为氯虫苯甲酰胺对稻飞虱天敌的毒性较小, 对寄生类天敌各方面没有造成很大的影响。但研究发现氯虫苯甲酰胺不会影响 *Palmistichus elaeisis* (膜翅目: 姬小蜂科) 成虫的存活率, 但是能减少后代的羽化数量和后代体型的尺寸 (Pereira *et al.*, 2018), 此外亚致死浓度的氯虫苯甲酰胺影响家蚕 *Bombyx mori* 幼虫的生长发育, 也影响了幼虫和蛹的变态发育 (Chen *et al.*, 2020)。这类负面影响结果表明未来需要进一步详细评估氯虫苯甲酰胺对非靶标害虫及其天敌的安全性。

本文通过在不同地区的两年定位试验, 检验了氯虫苯甲酰胺田间施用对稻飞虱及其寄生性天敌的影响。结果表明, 氯虫苯甲酰胺在大田环境下对稻飞虱及其寄生性天敌的优势度、种群密度以及天敌生态功能的发挥影响甚微, 这为其进一步合理使用和安全性评估提供了一定参考基础。

参考文献 (References)

- Brugger KE, Cole PG, Newman IC, Parker N, Scholz B, Suvagia P, Walker G, Hammond TG, 2010. Selectivity of chlorantraniliprole to parasitoid wasps. *Pest Management Science*, 66(10): 1075–1081.
- Chen J, Lu ZT, Li MX, Mao TT, Wang H, Li FC, Sun HN, Dai ML, Ye WT, Li B, 2020. The mechanism of sublethal chlorantraniliprole exposure causing silkworm pupation metamorphosis defects. *Pest Management Science*, 76(8): 2838–2842.
- Cordova D, Benner EA, Sacher MD, Rauh JJ, Sopa JS, Lahm GP, Selby TP, Stevenson TM, Flexner L, Gutteridge S, Rhoades DF, Wu L, Smith RM, Tao Y, 2006. Anthranilic diamides: A new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. *Pesticide Biochemistry & Physiology*, 84(3): 196–214.
- Deng SF, Sun J, Wang XM, Wu JS, Gu Y, Feng CY, 2021. Effect of mixed spraying, of chlorfenoxamide and foliar fertilizer on the control of rice leaf roller. *China Agriculture Technology Extension*, 37(10): 70–71. [邓世峰, 孙娟, 王秀敏, 吴锦丝, 顾烨, 冯成玉, 2021. 氯虫苯甲酰胺与叶面肥混喷对稻纵卷叶螟防治效果的影响. 中国农技推广, 37(10): 70–71.]
- Duraimurugan P, Lakshminarayana M, 2018. Effect of novel insecticides to *Trichogramma chilonis* and *Snellenius maculipennis*, the potential parasitoids of castor semilooper. *Journal of Environmental Biology*, 39(5): 592–596.
- Fu Q, He JC, Lu ZX, Barrion AT, 2021. Identification and Utilization of Rice Pests and Natural Enemies in China. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press. 1–1003. [傅强, 何佳春, 吕仲贤, 阿尔贝托·塔佩·伯里昂, 2021. 中国水稻害虫天敌的识别与利用. 杭州: 浙江科学技术出版社. 1–1003.]
- Gao SL, Hu ZT, Zhang SF, 2021. Control effect of 28% chlorantraniliprole-dinotefuran SC against rice planthopper. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2021(17): 90–91, 93. [高松林, 胡章涛, 章守富, 2021. 28%氯虫苯甲酰胺-呋虫胺悬浮剂对稻飞虱的防效研究. 现代农业科技, 2021(17): 90–91, 93.]
- Grande MLM, Braz ÉC, Bueno A, da Silva DM, De Queiroz AP, Ventura MU, 2018. Effect of increasing rate of insecticides on its selectivity for *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Semina: Ciencias Agrarias*, 39(3): 933–946.
- He JH, Pang XF, 1986. Illustration of Rice Pests and Natural Enemies in Rice Field. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press. 1–296. [何俊华, 庞雄飞, 1986. 水稻害虫天敌图说. 上海: 上海科学技术出版社. 1–296.]
- Lahm GP, Cordova D, Barry JD, 2009. New and selective ryanodine receptor activators for insect control. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 17(12): 4127–4133.
- Lahm GP, Selby TP, Freudenberger JH, Stevenson TM, Myers BJ, Seburyamo G, Smith BK, Flexner L, Clark CE, Cordova D, 2005. Insecticidal anthranilic diamides: A new class of potent ryanodine receptor activators. *Bioorganic & Medicinal*

- Chemistry Letters*, 15(22): 4898–4906.
- Li K, 2020. Control effect of 20% chlorantraniliprole suspension on *Chilo suppressalis* Walker. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2020(21): 129–130. [李宽, 2020. 20%氯虫苯甲酰胺悬浮剂对水稻二化螟的防效研究. 现代农业科技, 2020(21): 129–130.]
- Liu F, Xi BG, Bao SW, Zhang Q, Qin JX, Shi XM, Jiang T, Zhao JL, 2009. Control effectiveness of chlorantraniliprole on *Cnaphalocrocis medinalis* and evaluation of its safety to beneficial arthropods in the rice fields. *Plant Protection*, 35(5): 139–144. [刘芳, 奚本贵, 包善微, 张桥, 秦吉祥, 石细敏, 江涛, 赵俊玲, 2009. 氯虫苯甲酰胺对稻纵卷叶螟的防效及对稻田有益节肢动物的安全性评价. 植物保护, 35(5): 139–144.]
- Liu ZC, Ye GY, Hu C, Datta S, 2003. Impact of transgenic indica rice with a fused gene of *cry1Ab/cry1Ac* on the rice paddy arthropod community. *Acta Entomologica Sinica*, 46(4): 454–465. [刘志诚, 叶恭银, 胡萃, Swapan K. Datta, 2003. 转 *cry1Ab/cry1Ac* 基因籼稻对稻田节肢动物群落影响. 昆虫学报, 46(4): 454–465.]
- Lou YG, Cheng JA, 2011. Basic research on the outbreak mechanism and sustainable management of rice planthoppers. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(2): 231–238. [娄永根, 程家安, 2011. 稻飞虱灾变机理及可持续治理的基础研究. 应用昆虫学报, 48(2): 231–238.]
- Ma KP, 1994. Measurement of biotic community diversity I α diversity (Part 1). *Chinese Biodiversity*, 2(3): 162–168. [马克平, 1994. 生物群落多样性的测度方法 I: α 多样性的测度方法 (上). 生物多样性, 2(3): 162–168.]
- Pereira K, Chediak M, Zanuncio JC, Guedes R, 2018. Chlorantraniliprole impact on survival and progeny quality of the pupa of the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Entomological Society of Canada*, 151(1): 1–7.
- Pereira RR, Picanço MC, Santana PA, Moreira SS, Guedes RNC, Corrêa AS, 2014. Insecticide toxicity and walking response of three pirate bug predators of the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. *Agricultural and Forest Entomology*, 16(3): 293–301.
- Preetha G, Stanley J, Suresh S, Kuttalam S, Samiyappan R, 2009. Toxicity of selected insecticides to *Trichogramma chilonis*: Assessing their safety in the rice ecosystem. *Phytoparasitica*, 37(3): 209–215.
- Qi LZ, Wu JR, Pu FH, Ding JH, 1993. Introduction of a kind of insect suction sampler refitted with atomizing sprayer. *Entomological Knowledge*, 30(3): 184–185. [綦立正, 吴家荣, 浦奉华, 丁锦华, 1993. 介绍一种用弥雾机改装的昆虫吸捕器. 昆虫知识, 30(3): 184–185.]
- Ramos RS, de Araújo VCR, Pereira RR, Martins JC, Queiroz OS, Silva RS, Picanço MC, 2017. Investigation of the lethal and behavioral effects of commercial insecticides on the parasitoid wasp *Copidosoma truncatellum*. *Chemosphere*, 191: 770–778.
- Shen J, Zhou C, Tian XQ, Wang YQ, Ji TC, Wu SM, 2020. Control effect of three dosage forms of chlorantraniliprole on *Cnaphalocrocis medinalis* in Songjiang district. *Shanghai Agricultural Science and Technology*, 2020(4): 121–122. [沈剑, 周成, 田小青, 王艳秋, 计天岑, 吴三妹, 2020. 松江区三种剂型氯虫苯甲酰胺对稻纵卷叶螟的防治效果探讨. 上海农业科技, 2020(4): 121–122.]
- Wang HC, Chen MG, Peng HZ, 1995. Study on parasitism and predation of *Haplogonatus japonicus*. *Tillage and Cultivation*, 13(2): 32–33. [王惠长, 陈明贵, 彭洪忠, 1995. 稻虱红螯蜂寄生和捕食性研究. 耕作与栽培, 13(2): 32–33.]
- Wang JL, Luo XL, Li YH, Zhou ZH, Wang J, Hu SQ, 2021. Efficacy of chlorantraniliprole against *Spodoptera frugiperda*. *Hubei Plant Protection*, 2021(1): 22–23. [王佳林, 罗学良, 李艳华, 邹志华, 王玖, 胡双全, 2021. 氯虫苯甲酰胺对草地贪夜蛾防效试验. 湖北植保, 2021(1): 22–23.]
- Wang YA, Pang XF, 1986. Investigation of the host range of *Anagrus nilaparvatae* (Hymenoptera: Mymaridae). *Natural Enemies of Insects*, 8(4): 225–229. [王野岸, 庞雄飞, 1986. 稻虱缨小蜂寄主范围的调查. 昆虫天敌, 8(4): 225–229.]
- Wei ZH, Li HP, 2020. Evaluation of control effect of different pesticides on *Naranga aeneascens* Moore. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2020(1): 78–80. [魏中华, 李鹤鹏, 2020. 不同药剂对水田稻螟蛉的防治效果评价. 黑龙江农业科学, 2020(1): 78–80.]
- Xu XL, Han Y, Wu G, Cai WL, Yuan BQ, Wang H, Liu FZ, Wang MQ, Hua HX, 2011. Effect of rice transgenic to *cry1Ab/1Ac*, *cry1C*, *cry2A* on *Cnaphalocrocis medinalis* and its predatory natural enemies in the field. *Scientia Sinica(Vitae)*, 41(11): 1095–1104. [徐雪亮, 韩宇, 吴刚, 蔡万伦, 袁本琦, 王晖, 刘方舟, 王满园, 华红霞, 2011. 转 *cry1Ab/1Ac*, *cry1C*, *cry2A* 基因水稻对田间稻纵卷叶螟及其捕食类天敌的影响. 中国科学: 生命科学, 41(11): 1095–1104.]
- Xu SC, Yu YF, Wang XJ, Wan Q, 2008. Rynaxypyr, a new insecticide and its research and development in application. *Modern Agrochemicals*, 7(5): 8–11. [徐尚成, 俞幼芬, 王晓军, 万琴, 2008. 新杀虫剂氯虫苯甲酰胺及其研究开发进展. 现代农药, 7(5): 8–11.]
- Yang H, Wang Z, Jin DC, 2012. Sublethal effects of chlorantraniliprole on the experimental population of the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Hemiptera:

- Delphacidae). *Acta Entomologica Sinica*, 55(10): 1161–1167. [杨洪, 王召, 金道超, 2012. 氯虫苯甲酰胺对白背飞虱实验种群的亚致死效应. *昆虫学报*, 55(10): 1161–1167.]
- Yang YJ, Wang CY, Xu HX, Tian JC, Lu ZX, 2019. Response of *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to insecticides at concentrations sublethal to *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*, 113(2): 1–8.
- Yin C, Bi YY, Han LJ, Fan ZJ, Song SY, Qin FY, 2021. Research progress on action mechanism and lead optimization of diamide insecticides. *World Pesticides*, 43(2): 15–33. [殷畅, 毕莹莹, 韩丽君, 范志金, 宋霜雨, 秦发艺, 2021. 双酰胺类杀虫剂作用机制及其先导优化研究进展. *世界农药*, 43(2): 15–33.]
- Zhang JJ, Du WM, Jin XF, Ruan CC, Zang LS, 2014. Susceptibility of the egg parasitoid *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to three kinds of insecticides commonly used in fields. *Journal of Plant Protection*, 41(5): 555–561. [张俊杰, 杜文梅, 金雪菲, 阮长春, 臧连生, 2014. 松毛虫赤眼蜂对三种农田常用杀虫剂的敏感性. *植物保护学报*, 41(5): 555–561.]
- Zhong JL, Nan TZ, 2008. Status of infestation and control of rice pests and development trend. *Agrochemicals Research and Application*, 12(5): 1–4, 19. [钟决龙, 南天竹, 2008. 我国水稻主要虫害发生、防治的现状及其发展趋势. *农药研究与应用*, 12(5): 1–4, 19.]
- Zhang LZ, 2014. The experimental research on 200 g/L chlorine bug benzamide SC prevention and control of corn borer efficacy. *Pesticide Science and Administration*, 35(1): 54–57. [张立志, 2014. 氯虫苯甲酰胺 200g/L 悬浮剂防治玉米螟药效试验研究. *农药科学与管理*, 35(1): 54–57.]
- Zhang XY, Zhai YF, Lin QC, Sun YX, Li Q, Tao M, Zhou XH, Li LL, Yu Y, 2014. Research progress of controlling action of parasitoids on rice planthoppers. *Journal of Environmental Entomology*, 36(6): 1025–1032. [张晓燕, 翟一凡, 林清彩, 孙玉霞, 李强, 陶玫, 周仙红, 李丽莉, 于毅, 2014. 寄生蜂对稻飞虱控害作用研究进展. *环境昆虫学报*, 36(6): 1025–1032.]
- Zhang ZD, Li C, Liu Y, Liu GF, Peng XM, Sun CW, Leng YJ, He WX, 2011. Controlling effect of chlorantraniliprole SC and its influence on the output of rice. *Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition)*, 36(5): 109–113. [张志东, 李春, 刘勇, 柳光富, 彭晓明, 孙常伟, 冷永健, 何文西, 2011. 氯虫苯甲酰胺 200SC 对水稻的控害作用及对产量的影响. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 36(5): 109–113.]
- Zhu WY, Zhang Y, Li T, 2021. Safety of five insecticides to different development stages of *Trichogramma chilonis* Ishii. *Agrochemicals*, 60(4): 272–276. [朱文雅, 张烨, 李唐, 2021. 5 种杀虫剂对不同发育阶段螟黄赤眼蜂的安全性评价. *农药*, 60(4): 272–276.]
- Zhu ZR, Cheng JA, Chen X, 1993. Host preferences and suitability of *Anagrus nilaparvatae*. *Acta Entomologica Sinica*, 36(4): 430–437. [祝增荣, 程家安, 陈琇, 1993. 稻虱缨小蜂的寄主选择性和适宜性. *昆虫学报*, 36(4): 430–437.]