

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2024.02.008

昆虫性信息素智能迷婚剂防治水稻二化螟效果研究

徐翔¹, 杨德斌², 刘银忠², 熊孝勇³, 冯波⁴

- 四川省农业农村厅植物保护站, 成都 610041;
- 四川省崇州市农业技术推广综合服务中心 植物保护与植物检疫站, 四川 崇州 611230;
- 重庆科投植保科技有限公司, 重庆 400033;
- 绵阳师范学院, 四川 绵阳 621000

摘要: 为探讨昆虫性信息素智能迷婚剂对二化螟的防控效果, 设置智能迷婚剂, 利用性诱剂进行了田间蛾量调查, 并调查了二化螟的危害情况, 发现迷向防治区性诱剂引诱的二化螟总量明显低于药剂防治区, 同时, 迷向防治改变了性诱剂的诱蛾动态. 当田间蛾量较大时, 药剂防治区的诱蛾量明显高于迷向防治区, 且差异具有统计学意义. 迷向法防治后, 水稻二化螟的危害株率明显降低, 防效为 $92.3\% \pm 1.8\%$, 防效明显高于药剂防治区. 研究表明, 昆虫性信息素智能迷婚剂是水稻二化螟的一种高效绿色防控技术, 能大量减少化学农药的使用.

关键词: 二化螟; 交配干扰; 性信息素;

智能迷婚剂

中图分类号: S433.4

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2024)02-0068-06

Study on the Effect of Intelligent Sex Pheromone Mating Disruption Sprayer on Controlling Rice Stem Borer

XU Xiang¹, YANG Debin², LIU Yingzhong²,
XIONG Xiaoyong³, FENG Bo⁴

- Plant Protection Station, Sichuan Department of Agriculture and Rural Affairs, Chengdu 610041, China;
- Plant Protection and Plant Quarantine Station, Chongzhou Comprehensive Service Center of Agricultural Technology Extension, Chongzhou Sichuan 611230, China;
- Chongqing Ketou Plant Protection Technology Co. LTD., Chongqing 400033, China;
- Mianyang Normal University, Mianyang Sichuan 621000, China

收稿日期: 2023-11-17

基金项目: 四川省重点研发项目(2022YFN0044).

作者简介: 徐翔, 正高级农艺师, 主要从事农作物病虫害绿色防控技术研究和推广工作.

通信作者: 冯波, 副研究员.

Abstract: In order to explore the effect of intelligent sex pheromone mating disruption sprayer on controlling rice stem borer *Chilo suppressalis*, intelligent sex pheromone sprayers were set up for disruption the mating. The number of moths was monitored using sex pheromone attractants and the harm of *C. suppressalis* to rice was investigated in the study. The total number of moths attracted by sex pheromone attractants in the sprayer controlling area was significantly lower than that in the pesticide controlling area. At the same time, sex pheromone sprayers changed the dynamics of trapping the moths. The number of moths attracted by sex pheromone in pesticide control area was significantly higher than that in the sprayer controlling area, when the number of moths in the field is large. Compared with pesticide, sex pheromone sprayer significantly reduced the damage rate of *C. suppressalis* and significantly increased the control effect to $92.3\% \pm 1.8\%$. Our results indicate that intelligent sex pheromone mating disruption sprayer is an efficient and green control technology for Rice Stem Borer, and can significantly reduce the use of chemical pesticides.

Key words: Rice Stem Borer; mating disruption; sex pheromone; intelligent sprayer

二化螟(*Chilo suppressalis*)是危害我国水稻的重要害虫之一,目前各地主要依赖化学农药防治.为了解决化学农药防治带来的环境污染和二化螟抗药性快速上升问题,基于性信息素的害虫防控技术已经被广泛应用.昆虫性信息素是昆虫分泌的能引诱同种异性个体进行交尾的微量化学物质.性诱技术是通过释放人工合成的雌蛾性信息素,吸引田间寻求交配的害虫雄蛾,将其诱杀在诱捕器中,使雌蛾失去交配机会,不能有效繁殖后代,达到防治害虫的目的.目前性诱技术已经被广泛应用到蛾类害虫的防控中.例如,盛承发等^[1]发现性诱防控区二化螟的百株卵块数比对照区减少60.0%~66.7%,卵量减退率达到74.2%.焦晓国等^[2]发现与对照区相比,性诱防控区二化螟诱蛾量下降83.75%~84.54%,雌虫交配率下降47.7%~54.1%,卵孵化率下降25.5%,雌雄性比从对照区的1.12~1.14上升为诱捕区的3.84~3.96.苏建伟等^[3]发现性诱防控区的二化螟诱蛾量只有对照区的38.6%,百株枯心率、枯鞘率和白穗率较对照区分别低77.9%,57.0%和44.3%.

除性诱技术外,性信息素迷向技术也开始被用于水稻二化螟的防控.杨辅安等^[4]研究发现田间放置诱芯150~750个/hm²时,二化螟迷向率为71.1%~80.7%;每667 m²放置60个诱芯的大面积迷向示范区中,稻秧田和早稻大田卵块量分别比对照区下降82.4%和73.2%,早稻大田枯鞘丛率比空白对照区下降70.4%.应用性诱剂迷向防治二化螟方法简便,无公害,有望成为不用或少用农药且能控制二化螟危害的有效方法.

昆虫性信息素智能迷婚剂是新一代水稻螟虫交配干扰剂,采用太阳能锂电池供电,通过单片机控制,实现定时、定量喷洒昆虫性信息素于田间,并借气流扩散,干扰二化螟的交配行为,降低下一代虫量,达到防治的目的.徐善忠等^[5]的研究表明,智能迷婚剂对2,3,4代二化螟的防治效果分别为72.52%,55.62%,45.13%,昆虫性信息素交配干扰处理区较常规化学防治区每667 m²减少化学农药制剂用量390 g.为进一步验证昆虫性信息素智能迷婚剂对水稻二化螟的田间防治效果,本研究进行了相关田间试验.

1 材料与方 法

1.1 试验材料

昆虫性信息素智能迷婚剂、干式飞蛾诱捕器和测报专用挥散芯由宁波纽康生物技术有限公

司提供. 迷婚剂包括一罐昆虫性信息素和一个高剂量智能喷射器, 昆虫性信息素中有效活性成分占 $15.0\% \pm 0.5\%$, 其中主要成分顺 11-十六碳烯醛含量达到 $61.0\% \pm 0.5\%$. 40% 氯虫·噻虫嗪水分散粒剂、75% 三环唑可湿性粉剂、30% 苯甲·丙环唑乳油由先正达南通作物保护有效公司提供.

1.2 试验地点

试验选择在四川省崇州市隆兴镇进行. 水稻于 2020 年 5 月 29 日移栽, 移栽后选择水稻品种、土壤类型、播种移栽期、种植密度、水稻长势、水肥和农事管理等条件一致且二化螟常发、重发田块进行试验.

1.3 试验方法

1.3.1 试验处理

试验设 3 个处理, 分别为昆虫性信息素迷向法防治(迷向防治区)、药剂常规防治(药剂防治区)及空白对照区, 每处理设置 3 次重复. 迷向防治区面积 3.4 hm^2 , 水稻移栽后每 0.2 hm^2 设置 1 套昆虫性信息素智能迷婚剂, 共设置 17 套昆虫性信息素智能迷婚剂. 智能喷射器高度距地面 1 m, 气味滞留台朝不同方向, 以利于信息素向各方向扩散. 喷射器已预设当天 16 时开机, 次日 6 时关机, 间隔 15 min 定时定量喷射一次. 药剂防治区面积 1 hm^2 , 按常规方法防治水稻二化螟, 于 2020 年 7 月 28 日每 667 m^2 用 40% 氯虫·噻虫嗪水分散粒剂 $8 \text{ g} + 75\%$ 三环唑可湿性粉剂(20~30)g + 30% 苯甲·丙环唑乳油 20 mg 飞防. 空白对照区面积 0.033 hm^2 . 3 个处理区域田块距离 500 m 以上, 避免干扰. 各处理按常规方法防治非靶标害虫.

1.3.2 二化螟成量调查

在迷向防治区和药剂防治区东、南、西、北、中各区域设置 1 个干式飞蛾诱捕器和测报专用挥发芯, 监测二化螟的成虫量, 诱捕器间距 30 m 以上. 水稻生长前期诱捕器底端距地面 50 cm, 分蘖盛期后低于水稻植株顶部 20 cm. 由于崇州市 2020 年 6 月 28 日一代螟蛾初见. 本试验于 2020 年 7 月 3 日起, 每隔 7 d 调查记录一次每个干式飞蛾诱捕器中的二化螟成虫数量, 每次调查后清空诱捕器, 至 8 月 21 日调查螟害结束.

1.3.3 二化螟危害调查

在各处理区, 于螟虫为害稳定后的 8 月 21 日分别在各处理区东、南、西、北、中随机 5 点取样, 每点调查 20 丛水稻, 共调查 100 丛, 调查记录总丛数、总株数, 二化螟危害株数.

$$\text{危害率}(\%) = \text{危害株数} / \text{调查株数} \times 100\%$$

$$\text{防效}(\%) = (\text{空白对照危害率} - \text{防治后危害率}) / \text{空白对照危害率} \times 100\%$$

1.4 数据处理与统计学分析

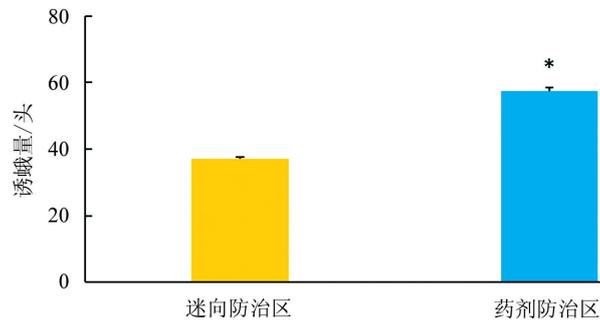
数据分析采用软件 SPSS 17.0, 多组平均数间的方差分析采用 One-way ANOVA 法, 显著性分析采用 Least Significant Difference(LSD)法, 两组平均数间的显著性分析采用 Student 氏 t 检验法. 显著性分析时, $p > 0.05$ 表示组间数据比较差异无统计学意义, $p < 0.05$ 表示组间数据比较差异具有统计学意义.

2 结果与分析

2.1 不同处理二化螟性诱剂诱蛾量情况

由调查结果可知, 迷向防治区二化螟性诱剂引诱的平均诱蛾量为 (37.1 ± 0.7) 头, 明显低于药剂防治区二化螟性诱剂的平均诱蛾量的 (57.5 ± 1.2) 头, 差异具有统计学意义; 迷向防治对水

稻二化螟蛾的迷向率达 35.5%±1.1%(图 1).

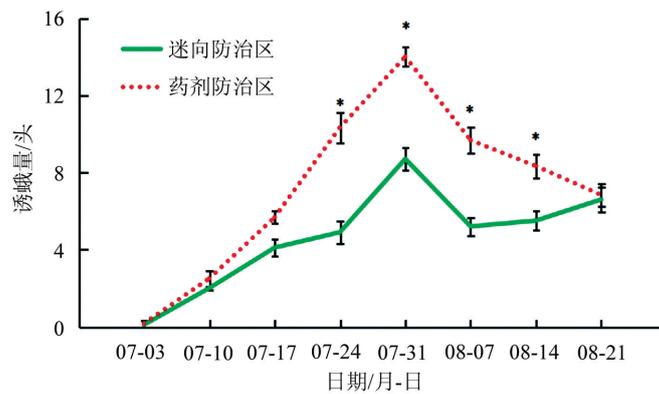


图中“*”表示组间数据比较差异具有统计学意义($p < 0.05$).

图 1 不同处理二化螟性诱剂的诱蛾量比较

2.2 不同处理二化螟性诱剂诱蛾动态变化情况

由试验结果可知,迷向防治区二化螟性诱剂的诱蛾量从 7 月 3 日开始逐渐上升,于 7 月 31 日达到最高,且明显高于其他时间段的诱蛾量,8 月 7 日下降,8 月 14 日及 8 月 21 日又有回升;药剂防治区二化螟性诱剂的诱蛾量前期诱蛾量趋势与迷向防治区类似,同样为逐渐上升且于 7 月 31 日达到最高,之后诱蛾量下降(图 2).同一处理方法不同时间比较,7 月 31 日的诱蛾量明显高于其余日期,7 月 3 日的诱蛾量则明显低于其余日期(表 1).同一时间不同处理方法比较,药剂防治区在 7 月 24 日、7 月 31 日、8 月 7 日、8 月 14 日的诱蛾量明显高于迷向防治区,差异具有统计学意义;而 7 月 3 日、7 月 10 日、7 月 17 日、8 月 21 日的诱蛾量比较,药剂防治区和迷向防治区比较差异无统计学意义(图 2).



图中“*”表示组间数据比较差异具有统计学意义($p < 0.05$).

图 2 不同方法二化螟性诱剂的诱蛾动态比较

表 1 不同处理不同时间二化螟性诱剂诱蛾量比较

头

处理方法	7 月 3 日	7 月 10 日	7 月 17 日	7 月 24 日	7 月 31 日	8 月 7 日	8 月 14 日	8 月 21 日
迷向防治区	0.1±0.1f	2.0±0.4e	4.1±0.6d	4.9±0.6b	8.7±0.5a	5.2±0.5b	5.5±0.7bc	6.6±0.7cd
药剂防治区	0.2±0.2e	2.5±0.4d	5.7±0.3c	10.3±0.8bc	14.0±0.5a	9.7±0.7bc	8.3±0.6bc	6.8±0.6b

注:小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义($p < 0.05$).

2.3 不同处理水稻二化螟发生情况

由试验结果可以看出,迷向法防治区经处理 100 丛水稻中二化螟的危害株数仅为(5.0±1.2)株,危害率为 0.4%±0.1%,与药剂防治区危害株数(9.7±0.9)株和危害率 0.8%±0.1%比较,差异具有统计学意义,且迷向防治区和药剂防治区的危害株数和危害率均明显低于空白对照区.迷向防治区的防效为 92.3%±1.8%,明显高于药剂防治区的防效 84.6%±1.3%,差异具有统计学意义(表 2).

表 2 不同处理水稻二化螟发生情况比较

处理方法	调查株数/株	危害株数/株	危害率/%	防效/%
迷向防治区	1 263.0±12.3	5.0±1.2c	0.4±0.1c	92.3±1.8a
药剂防治区	1 287.3±9.4	9.7±0.9b	0.8±0.1b	84.6±1.3b
空白对照区	1 258.7±17.4	64.7±3.8a	5.1±0.2a	—

注:小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义($p < 0.05$).

3 结论与讨论

本研究在四川省崇州市水稻种植区进行水稻二化螟智能迷婚剂迷向防治后,发现迷向防治区二化螟性诱剂的诱蛾量为(37.1±0.7)头,不仅明显低于药剂防治区的(57.5±1.2)头,而且迷向防治区性诱剂诱蛾量的变化动态明显弱于药剂防治区.药剂防治区在从 7 月 17 日开始至 8 月 21 日诱蛾峰值明显,诱蛾量呈现首先增加到峰值然后从峰值再降低的变化趋势,但是迷向防治区二化螟性诱剂的诱蛾高峰较弱,诱蛾量变化较平缓.迷向法防治水稻二化螟后,100 丛水稻中二化螟的危害株数(5.0±1.2)株,危害率为 0.4%±0.1%,明显低于药剂防治区的危害株数(9.7±0.9)株和危害率 0.8%±0.1%,迷向防治区的防效达 92.3%±1.8%,明显高于药剂防治区的 84.6%±1.3%.

迷向法防治水稻二化螟主要是通过降低田间雌雄蛾的交配率,极大地降低雌蛾的有效产卵量,有效压低田间二化螟种群数量,取得了很好的防控效果.具体而言,迷向法降低田间雌雄蛾交配率可能是通过下列 3 种途径实现.

1)交配干扰可能通过扰乱交配选择降低交配率.冯波等^[6]的研究发现,雌雄蛾以不同比例配对(1:1, 4:1 和 10:10)时,分别有 26.0%~34.5%雄蛾到死均未交配,表明并不是所有田间二化螟雄蛾均能够进行交配.造成部分雄蛾无法交配的原因可能是二化螟雌雄蛾在交配时会对交配对象进行选择.冯波等^[7]的研究也发现,同一日龄雄蛾中,二化螟雌蛾会选择精巢体积更大的雄蛾进行交配,导致已交配雄蛾的精巢体积显著大于未交配雄蛾.交配选择可能是为了使种群具有更强的竞争能力,同时,交配选择却降低了雄蛾的交配率.利用性信息素进行交配干扰时,雌雄蛾之间的交配信号被扰乱,交配选择无法正常实现,必然降低雌雄蛾之间的交配率.

2)交配干扰可能通过延迟交配时间降低交配率.冯波等^[7]的研究发现,雄蛾羽化后即可交配,羽化当晚的交配率为 27.9%±2.7%,1 日龄雄蛾的交配率达 66.7%±5.3%.郭前爽等^[8]通过生殖系统解剖发现,性信息素引诱的田间二化螟雄蛾精巢小于 0~1 日龄未交配雄蛾,大于 2~6 日龄未交配雄蛾.考虑到性信息素引诱雄蛾的解剖时间延后了 12 h,推测田间性信息素引

诱雄蛾中大部分是0~1日龄。利用性信息素进行交配干扰时,在稻田中存在大量的二化螟性信息素,不仅会扰乱雄蛾识别性信息素的能力,而且会扰乱雌蛾的性信息素分泌能力,还会在雄蛾大脑中形成大量虚假分析性信息素的雌蛾,使原本可以大量交配的0~1日龄雄蛾由于找不到雌蛾而无法完成交配,因此,交配干扰时,雄蛾的交配日龄必然推迟。冯波等^[6]的研究发现,从3日龄开始,雄蛾进行首次交配的比例极低。二化螟雄蛾的交配主要发生在3日龄之前,随着雄蛾日龄的增加,二化螟雄蛾的交配率降低。在交配干扰作用下,雄蛾的日龄推迟到3日龄时,则交配率自然就显著下降,因此,交配干扰可以通过推迟雄蛾交配日龄降低交配率。

3)交配干扰可能通过减少交配次数降低交配率。二化螟雄蛾可以进行多次交配,但是能够进行多次交配的雄蛾比例并不高。冯波等^[6]的研究发现,雌雄蛾按1:1,4:1和10:10配对后,多次交配雄蛾比例分别为36.0%,51.3%和37.8%;在进行多次交配雄蛾中,0日龄和1日龄首次交配雄蛾的比例分别为44.4%,主要是因为0日龄和1日龄首次交配雄蛾的精巢很大,大于其余日龄首次交配雄蛾,从而保证了这些雄蛾进行多次交配的能力。利用性信息素进行交配干扰后,原本可以在0日龄和1日龄进行首次交配的雄蛾,由于被性信息干扰后,交配日龄被推迟。郭前爽等^[8]的研究发现,能够连续2晚进行交配的二化螟雄蛾比例较低,因为直到交配后36h,二化螟雄蛾生殖器内含物等级才恢复到未交配状态。当二化螟首次交配日龄被推迟之后,其完成多次交配的可能性会明显降低,因此,交配干扰可能通过减少交配次数降低交配率。

参考文献:

- [1] 盛承发,杨辅安,韦永保,等.性诱剂诱杀二化螟的田间效果试验[J].植物保护,2000,26(5):4-5.
- [2] 焦晓国,宣维健,盛承发.性信息素大面积诱捕法防治东北越冬代水稻二化螟[J].昆虫学报,2005,48(3):370-374.
- [3] 苏建伟,宣维健,盛承发,等.水稻二化螟性信息素技术:大量诱捕二化螟的防治效果研究[J].中国水稻科学,2003,17(2):171-174.
- [4] 杨辅安,盛承发,韦永保,等.二化螟性诱剂迷向防治作用的研究[J].植物保护,2001,27(3):4-6.
- [5] 徐善忠,肖明徽,韦赵海,等.性信息素交配干扰技术在水稻害虫防治中的应用[J].中国植保导刊,2019,39(8):48-51.
- [6] 冯波,刘天伟,陆明红,等.二化螟的多次交配及其对雌蛾产卵量的影响[J].昆虫学报,2020,63(6):759-768.
- [7] 冯波,郭前爽,姚晓明,等.二化螟雄蛾交配行为与精巢大小的关系[J].昆虫学报,2019,62(7):849-856.
- [8] 郭前爽,王春荣,宋显东,等.日龄和交配状态对二化螟雄蛾内生生殖器特征的影响[J].昆虫学报,2019,62(7):838-848.

责任编辑 苏荣艳