

50%氯虫苯甲酰胺悬浮剂拌种对二化螟和稻纵卷叶螟的防治效果*

韩永强^{1**} 李丹丹¹ 邓权权¹ 王龙江¹ 侯茂林^{2***}

(1. 宜春学院生命科学与资源环境学院, 江西省作物生长发育调控重点实验室, 宜春 336000;

2. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

摘要 【目的】为实现二化螟 *Chilo suppressalis* 和稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* 的轻简化防控, 减少田间化学防治次数及用药量。【方法】采用 50%氯虫苯甲酰胺种子处理悬浮剂对水稻种子进行拌种处理, 以 5%氯虫苯甲酰胺悬浮剂和 3%阿维菌素水乳剂大田喷雾作为对照, 以不施药为空白对照, 室内测定拌种处理对种子发芽和稻苗的安全性, 田间测定直播和移栽模式下拌种处理对二化螟和稻纵卷叶螟的防治效果及水稻产量的影响。【结果】50%氯虫苯甲酰胺悬浮剂拌种处理 (150 mL/hm² 和 120 mL/hm²) 对种子发芽及出苗均无影响。直播田播种后 62 d 内, 移栽田移栽后 56 d 内, 150 mL/hm² 拌种处理的螟害株率 ($F \geq 20.886$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$) 和卷叶株率 ($F \geq 7.836$, $df = 4, 14$, $P \leq 0.004$) 均显著低于喷雾对照, 150 mL/hm² 拌种处理对二化螟的防效在 93.33% 以上, 对稻纵卷叶螟的防效在 70.31% 以上。直播和移栽模式下, 150 mL/hm² 拌种处理的有效穗数、穗长、结实率、千粒重和产量均显著高于喷雾对照。【结论】50%氯虫苯甲酰胺悬浮剂拌种对水稻种子发芽安全, 对二化螟和稻纵卷叶螟具有很好的防治效果和持效性, 对水稻具有增产作用, 可作为水稻鳞翅目害虫轻简化防控的主要措施之一。

关键词 氯虫苯甲酰胺; 二化螟; 稻纵卷叶螟; 种子处理; 防治效果

Control of the rice stem borer and rice leaf folder using the seed dressing agent chlorantraniliprole

HAN Yong-Qiang^{1**} LI Dan-Dan¹ DENG Quan-Quan¹
WANG Long-Jiang¹ HOU Mao-Lin^{2***}

(1. Key Laboratory of Crop Growth and Development Regulation Jiangxi Province, College of Life Sciences and Resource Environment, Yichun University, Yichun 336000, China; 2. State Key Laboratory for Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract 【Objectives】To introduce a simple and labor-saving method of controlling the rice stem borer (RSB) and rice leaf folder (RLF) and thereby reduce the frequency of pesticide application and the amount of pesticide applied. 【Methods】Rice seeds were treated with different concentrations of 50% chlorantraniliprole FS. The spray control was 5% chlorantraniliprole SC, or 3% abamectin EW in the field, and the control was no pesticide spray. Germination and emergence were determined in a laboratory. Control of the RSB and RLF, and rice yields achieved under the different seed treatments, were evaluated in both directly seeded, and transplanted, field plots. 【Results】Germination and emergence were not affected by treatment with chlorantraniliprole concentrations of 150 mL/hm² or 120 mL/hm². Treatment of seeds with 150 mL/hm² of chlorantraniliprole resulted in less RSB and RLF damage to rice plants compared to the spray control in directly seeded plots 62 days after sowing, and in transplanted plots 56 days after transplanting. The 150 mL/hm² chlorantraniliprole treatment achieved > 93.33% control of the RSB and > 70.31% control of the RLF. Effective panicle number, panicle length, grain-filling

*资助项目 Supported projects: 江西省重点研发计划 (20202BBFL63009)

**第一作者 First author, E-mail: hanyongqiang1984@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: mlhou@ippcaas.cn

收稿日期 Received: 2022-06-07; 接受日期 Accepted: 2022-08-10

percentage, 1000-grain weight and yield, were all higher in the 150 mL/hm² chlorantraniliprole treatment than in the spray control in both cultivation modes. **[Conclusion]** The results indicate that dressing rice seeds with chlorantraniliprole does not affect germination and is an effective method of controlling both the RSB and RLF, thereby increasing rice yield. This method has great potential as a simple and labor-saving method of controlling lepidopteran pests of rice.

Key words chlorantraniliprole; *Chilo suppressalis*; *Cnaphalocrocis medinalis*; seed treatment; control efficiency

二化螟 *Chilo suppressalis* 和稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* 是我国及东南亚国家水稻上的重要害虫。二化螟在分蘖期危害水稻可造成枯鞘和枯心, 在孕穗期、抽穗期和灌浆成熟期可造成枯孕穗、白穗和虫伤株, 严重影响水稻产量和品质 (侯茂林等, 2013)。稻纵卷叶螟以幼虫纵卷并取食水稻叶片, 形成白色条斑, 影响水稻叶片的光合作用, 严重时可导致水稻减产甚至绝收 (刘欢和侯茂林, 2019)。

目前二化螟和稻纵卷叶螟的防治主要依赖化学农药 (Lou *et al.*, 2013)。氯虫苯甲酰胺是美国杜邦公司开发的第一个具有邻酰胺苯甲酰胺类化学结构的新型高效广谱杀虫剂, 自进入中国市场后已成为防治二化螟和稻纵卷叶螟的主要农药品种, 田间应用以茎叶喷雾为主 (郑雪松等, 2012; 刘腾飞等, 2015)。氯虫苯甲酰胺对二化螟和稻纵卷叶螟的田间防效可达 90% 以上, 且速效性好、持效期长 (刘芳等, 2009; 于凤泉等, 2013; 沈松伟等, 2016; 唐涛等, 2016)。

由于氯虫苯甲酰胺具有优异的自下而上内吸传导特性, 因此可利用这一特性将其开发为种子处理药剂 (陈小军等, 2011)。在国外, 采用 50% 氯虫苯甲酰胺种子处理悬浮剂处理水稻种子, 可显著减少田间稻水象甲 *Lissorhoptrus oryzophilus* 种群数量; 同时, 能增加草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*、小蔗螟 *Diatraea saccharalis*、墨西哥稻螟 *Eoreuma loftini* 和 *Chilo plejadellus* 幼虫的死亡率 (Lanka *et al.*, 2013; Hamm *et al.*, 2014; Adams *et al.*, 2015; Villegas *et al.*, 2019)。50% 氯虫苯甲酰胺种子处理悬浮剂 (路明卫®) 已在我国水稻和玉米上获得登记, 同时正陆续登记在其他作物上用于害虫防治。氯虫苯甲酰胺拌种对玉米和花生地下害虫沟金针虫 *Pleonomus canaliculatus*、铜绿丽金龟 *Anomala corpulenta*

及小地老虎 *Agrotis ypsilon* 的防治效果在 80% 以上 (何发林等, 2019, 2020)。

利用化学药剂处理种子防治水稻害虫的研究已有报道, 主要通过浸种或拌种方式防治二化螟、稻纵卷叶螟、白背飞虱 *Sogatella furcifera* 和褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 等 (唐涛等, 2013; 李伟群等, 2014; 康敏等, 2016; 何东兵等, 2019; 于居龙等, 2019, 2020; 张国等, 2019a, 2019b; 董金和和康启中, 2020)。这些研究表明, 利用药剂处理种子可长效控制水稻害虫的发生, 减少田间施药次数。但氯虫苯甲酰胺用于水稻种子处理防治二化螟和稻纵卷叶螟的研究鲜见报道。本文报道了氯虫苯甲酰胺处理水稻种子对二化螟和稻纵卷叶螟的防治效果, 及其对稻苗的安全性, 以期在生产上应用氯虫苯甲酰胺处理种子防控二化螟和稻纵卷叶螟提供指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试药剂: 50% 氯虫苯甲酰胺种子处理悬浮剂 (50% chlorantraniliprole FS; 科迪华农业科技有限公司提供), 5% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂 (5% chlorantraniliprole SC; 市购, 深圳诺普信农化股份有限公司), 3% 阿维菌素水乳剂 (3% abamectin EW; 市购, 江西正邦作物保护有限公司)。

供试水稻品种: 鄂丰丝苗 (常规稻, 湖北荃银高科种业有限公司) 和晶两优 1212 (杂交稻, 湖南百分农业科技有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验水稻分为直播和移栽 2 种模式。直播水稻品种为鄂丰丝苗, 用种量为 60 kg/hm²。移栽水稻品种为晶两优 1212, 用种

量为 15 kg/hm²。试验设置 150 mL/hm² 和 120 mL/hm² 50%氯虫苯甲酰胺种子处理悬浮剂拌种处理,以 5%氯虫苯甲酰胺悬浮剂(简称喷雾氯虫;450-600 mL/hm²)和 3%阿维菌素水乳剂(简称喷雾阿维;300-450 mL/hm²)大田喷雾作为对照,以不施药为空白对照。

1.2.2 拌种方法 采用人工拌种,用 25 mL 量筒量取 50%氯虫苯甲酰胺种子处理悬浮剂 10 mL 和 8 mL (667 m²用量),用清水补齐至 25 mL。将 4 kg (直播)或 1 kg (移栽)种子与药液同时加入一次性加厚塑料袋(40 cm×60 cm)中,快速翻动混匀,使种子与药液充分接触,待整个袋子中种子呈现均匀蓝色后平铺于纸上,阴干备用。

1.2.3 田间试验 试验于 2020 年在湖南省长沙市长沙县梅花镇五福新村(113°17'29"E;28°7'50"N)进行。试验田选择土壤肥力中等、排灌方便的水稻田,前茬作物为水稻,种植模式为单季中稻,冬季空闲,二化螟常年发生较重。

直播或移栽的 5 种处理,每处理设 3 个小区,小区面积 60 m²,共 15 个小区。各处理小区完全随机排列,小区间筑田埂隔开,防止田水串流。直播各处理种子浸种催芽 3 d 后于 2020 年 5 月 30 日均匀直播。移栽各处理种子浸种催芽 3 d 后于 2020 年 5 月 25 日育秧,6 月 19 日大田人工移栽。空白对照和拌种处理小区不施药,喷雾对照小区分别于 7 月 17 日(直播)和 7 月 31 日(移栽)喷雾防治二化螟和稻纵卷叶螟。直播和移栽各处理小区稻飞虱及水稻病害防治参照当地发布的病虫害情报进行喷雾防治。

1.3 种子发芽率测定

使用常规方法浸种催芽,随机选取 100 粒籽粒饱满的稻种用清水浸种 24 h 后,播于带有 3 层湿润滤纸的培养皿(直径=15 cm,高=1.5 cm)中,并置于室内自然光照和温度下保湿催芽,催芽 72 h 后观察记录出芽种子数,计算发芽率。每处理 3 次重复,每重复 100 粒种子。出芽判断标准:胚芽鞘长度超过 2 mm,则认为该种子已经发芽。发芽率(%)=发芽种子数/供试种子数×100。

1.4 秧苗和根系长势评价

出苗后 20 d,观察拌种处理及空白对照的秧苗和根系长势,每处理随机取 3 点(1 个点为 1 次重复),每点面积约 1 m²,目测秧苗长势;同时,每点连续取 5 株秧苗,用清水冲洗干净,目测根系长势。与空白对照比较,根据秧苗和根系长势优劣打分。评分标准如下:1 分:极明显比空白对照差(拌种处理秧苗和根系长势为空白对照的 20%;即 20%);2 分:明显比空白对照差(50%);3 分:比空白对照差(80%);4 分:比空白对照略差(90%);5 分:与空白对照相当(即 100%);6 分:比空白对照略好(110%);7 分:比空白对照好(120%);8 分:明显比空白对照好(150%);9 分:极明显比空白对照好(200%)(董金和和康启中,2020)。

1.5 二化螟和稻纵卷叶螟防治效果

直播田分别在播种后第 20、第 34、第 48、第 62、第 90 天调查螟害株和卷叶株,移栽田分别在移栽后第 14、第 28、第 42、第 56、第 70 天调查螟害株和卷叶株。

调查方法:每小区采用 5 点取样法,每点连续调查 5 丛,共调查 25 丛,记录各点的螟害株数和卷叶株数,枯鞘、枯心、枯孕穗、白穗、虫伤株均归为螟害株,计算螟害株率、卷叶株率和防治效果。直播田分别于播种后第 48 天和第 62 天调查分蘖数,移栽田分别于移栽后第 14 天和第 28 天调查分蘖数。稻穗全部抽完后,调查有效穗数。每小区 5 点取样法,计数每点连续 5 丛水稻的分蘖数和有效穗数。

螟害株率(%)=(螟害株数/调查总株数)×100,

卷叶株率(%)=(卷叶株数/调查总株数)×100,

防治效果(%)=[(CK-PT)/CK]×100。

其中,CK 为空白对照区螟害株率或卷叶株率,PT 为药剂处理区螟害株率或卷叶株率。

1.6 产量

测产当天,每处理随机选取 90 株稻穗(每小区 30 株,重复取样 3 次),带回室内,测量穗长,计数每穗总粒数、实粒数和空秕数,计算结实率;计数后将每个处理的稻穗分别进行手工脱

粒,待稻谷自然晾干后,随机选取 1 000 粒饱满谷粒,称千粒重,每处理 3 次重复。各小区水稻分别收割并称重,最后以 14.5%的标准含水量折算,记为稻谷实收产量。

1.7 数据处理与分析

试验所得数据采用 SPSS16.0 统计软件进行单因素方差分析 (ANOVA),采用 Tukey HSD 法比较不同处理间的差异显著性。百分数数据在方差分析前进行平方根反正弦转换,以满足方差分析要求。

2 结果与分析

2.1 氯虫苯甲酰胺拌种对水稻种子萌发的影响

与空白对照相比,氯虫苯甲酰胺拌种处理后,直播和移栽水稻种子的发芽率无显著差异 (直播: $F = 0.206$, $df = 2, 8$, $P = 0.819$; 移栽: $F = 0.958$, $df = 2, 8$, $P = 0.436$) (图 1)。这说明氯虫苯甲酰胺拌种对水稻种子发芽安全。

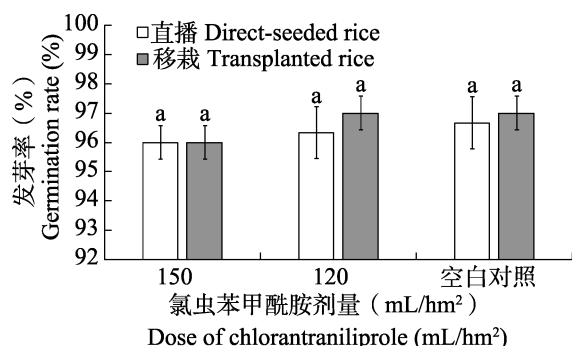


图 1 氯虫苯甲酰胺拌种对水稻种子发芽率的影响

Fig. 1 Effects of seed dressing with different doses of chlorantraniliprole on seed germination

相同颜色柱上标有不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$, Tukey HSD 检验)。

Histograms with different lowercase letters in the same color column indicate significant differences ($P < 0.05$, Tukey HSD test).

2.2 氯虫苯甲酰胺拌种对水稻秧苗和根系长势的影响

待水稻出苗 20 d 后,按照 1.4 中的评分标准对直播和移栽各处理秧苗和根系长势进行评分,结果如表 1 所示。直播和移栽模式下,氯虫苯甲

酰胺拌种处理的秧苗和根系长势均明显好于空白对照,长势较旺。氯虫苯甲酰胺拌种对直播和移栽秧苗未产生药害。

2.3 不同药剂处理对二化螟和稻纵卷叶螟的防治效果

直播田的螟害株率和卷叶株率在不同处理间差异显著 (表 2, 表 3)。直播后第 20、第 34 和第 48 天,氯虫苯甲酰胺拌种处理的螟害株率 ($F \geq 28.640$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$) 和卷叶株率 ($F \geq 16.492$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$) 显著低于其它处理,对二化螟 ($F \geq 6.197$, $df = 3, 11$, $P \leq 0.018$) 和稻纵卷叶螟 ($F \geq 30.423$, $df = 3, 11$, $P < 0.001$) 的防治效果显著高于喷雾对照。直播第 48 天调查结束后,喷雾对照小区对二化螟和稻纵卷叶螟进行了喷雾防治。直播后第 62 天和第 90 天,药剂处理小区的螟害株率 ($F \leq 21.974$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$) 和卷叶株率 ($F \leq 18.204$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$) 显著低于空白对照。第 62 天,150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的螟害株率 ($F = 22.667$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$) 和卷叶株率 ($F = 18.661$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$) 显著低于喷雾对照,对二化螟 ($F = 12.062$, $df = 3, 11$, $P = 0.002$) 和稻纵卷叶螟 ($F = 7.178$, $df = 3, 11$, $P = 0.012$) 的防治效果显著高于喷雾对照。第 90 天,150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的卷叶株率显著低于喷雾阿维 ($F = 18.204$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$),对稻纵卷叶螟 ($F = 10.442$, $df = 3, 11$, $P = 0.004$) 的防治效果显著高于喷雾阿维。说明 150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种对二化螟和稻纵卷叶螟的防治效果优于喷雾对照和空白对照。

移栽田的螟害株率和卷叶株率在不同处理间差异显著 (表 4, 表 5)。移栽后第 14、第 28 和第 42 天,氯虫苯甲酰胺拌种处理的螟害株率 ($F \geq 35.396$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$) 和卷叶株率 ($F \geq 15.931$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$) 显著低于其它处理,对二化螟 ($F \geq 11.997$, $df = 3, 11$, $P \leq 0.002$) 和稻纵卷叶螟 ($F \geq 19.346$, $df = 3, 11$, $P \leq 0.001$) 的防治效果显著高于喷雾对照。移栽第 42 天调查结束后,喷雾对照小区对二化

表 1 氯虫苯甲酰胺拌种对水稻秧苗和根系长势的影响

Table 1 Effects of seed dressing with different doses of chlorantraniliprole on rice seedling and root growth

处理 Treatments	直播 Direct-seeded rice		移栽 Transplanted rice	
	秧苗长势 Seedling growth	根系长势 Root growth	秧苗长势 Seedling growth	根系长势 Root growth
150 mL/hm ² 拌种 Seed dressing 150 mL/hm ²	8.00±0.00	8.00±0.00	8.00±0.00	8.00±0.00
120 mL/hm ² 拌种 Seed dressing 120 mL/hm ²	8.00±0.00	8.00±0.00	8.00±0.00	8.00±0.00
空白对照 Blank control	—	—	—	—

螟和稻纵卷叶螟进行了喷雾防治。移栽后第 56 天和第 70 天, 药剂处理小区的螟害株率 ($F \geq 18.101$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$) 和卷叶株率 ($F \leq 7.836$, $df = 4, 14$, $P \leq 0.004$) 显著低于空白对照。第 56 天, 150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的螟害株率显著低于喷雾对照 ($F = 20.886$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$), 对二化螟 ($F = 7.263$, $df = 3, 11$, $P = 0.011$) 的防治效果显著高于喷雾阿维。表明 150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种对二化螟的防治效果优于喷雾对照和空白对照。

直播后 48-90 d, 移栽后 42-70 d, 氯虫苯甲酰胺拌种处理的螟害株率呈上升趋势, 喷雾对照的螟害株率呈下降趋势 (表 2, 表 4)。氯虫苯甲酰胺拌种处理中, 直播后第 90 天的螟害株率显著高于第 48 天 ($F = 10.476$, $df = 4, 14$, $P = 0.001$); 移栽后第 56 和第 70 天的螟害株率显著高于第 42 天 ($F \geq 9.378$, $df = 4, 14$, $P \leq 0.002$)。喷雾对照中, 直播后第 62 和第 90 天的螟害株率显著低于第 48 天 ($F = 15.017$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$); 移栽后第 56 和第 70 天的螟害株率显著低于第 42 天 ($F \geq 9.085$, $df = 4, 14$, $P \leq 0.002$)。说明随直播或移栽天数延长, 氯虫苯甲酰胺拌种对二化螟的防治效果逐渐降低, 喷雾对照对二化螟的防治效果逐渐升高。

2.4 不同药剂处理对水稻产量和产量构成的影响

不同处理对直播田有效穗数、穗长、每穗粒数、结实率、千粒重和产量有显著影响 (表 6)。150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的水稻有效穗数分别比喷雾氯虫和喷雾阿维的有效穗数显著增加了 4.4% 和 7.8%, 120 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的有效穗数比喷雾阿维的有效穗数显著增加 6.3% ($F = 31.365$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$)。150 mL/hm²

氯虫苯甲酰胺拌种的穗长显著长于其它处理 ($F = 36.846$, $df = 4, 449$, $P < 0.001$)。150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的每穗粒数比喷雾阿维显著增加 8.4% ($F = 5.593$, $df = 4, 449$, $P < 0.001$)。150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的结实率显著高于其它处理 ($F = 13.416$, $df = 4, 449$, $P < 0.001$)。氯虫苯甲酰胺拌种处理的千粒重显著高于其它处理 ($F = 18.390$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$)。150 mL/hm² 和 120 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的产量最高, 分别为 7 580.0 kg/hm² 和 7 271.1 kg/hm²。150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的产量分别比喷雾氯虫和喷雾阿维显著增加 7.0% 和 8.9% ($F = 17.074$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$)。

移栽田有效穗数、穗长、每穗粒数、结实率、千粒重和产量在不同处理间存在显著差异 (表 6)。氯虫苯甲酰胺拌种处理的有效穗数 ($F = 38.278$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$) 和千粒重 ($F = 63.852$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$) 显著高于其它处理。150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的穗长显著长于其它处理 ($F = 48.968$, $df = 4, 449$, $P < 0.001$)。150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的每穗粒数比喷雾氯虫显著增加 7.5% ($F = 3.042$, $df = 4, 449$, $P = 0.017$)。150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的结实率显著高于除 120 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种以外的其它处理 ($F = 22.890$, $df = 4, 449$, $P < 0.001$)。150 mL/hm² 和 120 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的产量最高, 分别为 7 865.2 kg/hm² 和 7 532.5 kg/hm²。150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的产量分别比喷雾氯虫和喷雾阿维显著增加 8.2% 和 14.9%, 120 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的产量比喷雾阿维显著增加 10.1% ($F = 42.293$, $df = 4, 14$, $P < 0.001$)。

表 2 氯虫苯甲酰胺拌种对直播田二化螟的防治效果
Table 2 Control efficiency of seed dressing with chlorantraniliprole against rice stem borer in direct-seeded rice

处理 Treatments	直播后 20 d 20 days after sowing			直播后 34 d 34 days after sowing			直播后 48 d 48 days after sowing			直播后 62 d 62 days after sowing			直播后 90 d 90 days after sowing		
	螟害株率 (%)	防治效果 (%)	螟害株率 (%)	螟害株率 (%)	防治效果 (%)	螟害株率 (%)	螟害株率 (%)	防治效果 (%)	螟害株率 (%)	防治效果 (%)	螟害株率 (%)	防治效果 (%)	螟害株率 (%)	防治效果 (%)	螟害株率 (%)
	Percentage of plants damage by RSB (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)
150 mL/hm ² 拌种	0.00±0.00bB	100.00±0.00aA	0.00±0.00bB	0.00±0.00bB	100.00±0.00aA	0.00±0.00bB	0.00±0.00bB	100.00±0.00aA	0.21±0.11cAB	93.33±3.30aAB	0.42±0.10bA	87.47±3.00aB			
Seed dressing 150 mL/hm ²															
120 mL/hm ² 拌种	0.00±0.00bB	100.00±0.00aA	0.00±0.00bB	0.00±0.00bB	100.00±0.00aA	0.21±0.10bAB	0.42±0.11bcA	93.88±3.10aAB	0.42±0.11bcA	86.91±3.50abAB	0.62±0.18bA	81.29±5.30abB			
Seed dressing 120 mL/hm ²															
喷雾氯虫	0.42±0.10aC	5.66±23.40bB	1.66±0.38aAB	1.66±0.38aAB	20.67±18.00bAB	2.49±0.18aA	26.85±5.10bAB	0.93±0.18bBC	70.64±5.60bcA		0.73±0.10bBC	78.11±3.10abA			
Spray with chlorantraniliprole															
喷雾阿维	0.53±0.10aB	- 21.02±23.40bB	1.39±0.61aAB	1.39±0.61aAB	33.48±29.00bAB	2.25±0.22aA	33.94±6.40bAB	1.17±0.10bAB	63.10±3.20cA		1.07±0.12bAB	67.74±3.60bA			
Spray with abamectin															
空白对照	0.44±0.11aB	-	2.10±0.15aA	2.10±0.15aA	-	3.41±0.25aA	-	-	3.18±0.35aA	-	3.32±0.57aA	-			
Blank control															

RSB: 二化螟。表 4 同。表中数据为平均值±标准误, 同列数据后标有不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$, Tukey HSD 检验), 同行数据后标有不同大写字母表示同一处理不同天数间差异显著 ($P < 0.05$, Tukey HSD 检验)。表 3, 表 4, 表 5 同。
RSB: Rice stem borer. The same as table 4. Data are mean±SE, and followed by different lowercase letters in the same column indicate significant differences between the treatments, while followed by different uppercase letters in the same row indicate significant differences between different days under the same treatment at 0.05 level by Tukey HSD test. The same as table 3, table 4 and table 5.

表 3 氯虫苯甲酰胺拌种对直播田稻纵卷叶螟防治效果
Table 3 Control efficiency of seed dressing with chlorantraniliprole against rice leaf folder in direct-seeded rice

处理 Treatments	直播后 20 d				直播后 34 d				直播后 48 d				直播后 62 d				直播后 90 d			
	卷叶株率 (%)		防治效果 (%)		卷叶株率 (%)		防治效果 (%)		卷叶株率 (%)		防治效果 (%)		卷叶株率 (%)		防治效果 (%)		卷叶株率 (%)		防治效果 (%)	
	Percentage of plants damage by RLF (%)		Control efficacy (%)		Percentage of plants damage by RLF (%)		Control efficacy (%)		Percentage of plants damage by RLF (%)		Control efficacy (%)		Percentage of plants damage by RLF (%)		Control efficacy (%)		Percentage of plants damage by RLF (%)		Control efficacy (%)	
150 mL/hm ² 拌种 Seed dressing 150 mL/hm ²	0.73±0.10bC		77.15±3.00aA		3.45±0.62bAB		78.63±3.90aA		4.78±0.63bA		74.37±3.40aA		4.18±0.44cA		71.40±3.00aA		1.76±0.34cBC		77.91±4.30aA	
120 mL/hm ² 拌种 Seed dressing 120 mL/hm ²	0.93±0.19bB		70.73±6.00aA		5.26±0.48bA		67.35±3.00aA		7.26±1.09bA		61.06±5.80aA		5.48±0.45bcA		62.50±3.10abA		2.28±0.27bcB		71.51±3.40abA	
喷雾氯虫 Spray with chlorantraniliprole	2.81±0.36aC		12.17±11.40bB		15.16±0.89aA		5.99±5.50bB		17.45±1.43aA		6.40±7.70bB		8.62±1.56bB		41.04±10.70bAB		3.53±0.21bcC		55.78±2.70bcA	
喷雾阿维 Spray with abamectin	3.41±0.24aD		- 6.87±7.50bC		13.80±0.95aB		14.41±5.90bBC		19.01±1.47aA		- 2.00±7.90bC		9.39±0.77bC		35.82±5.30bAB		4.29±0.52bD		46.30±6.60cA	
空白对照	3.19±0.72aC		-		16.13±1.88aA		-		18.64±1.25aA		-		14.62±1.08aA		-		7.99±1.28aB		-	
Blank control																				

RLF: 稻纵卷叶螟。表 5 同。
RLF: Rice leaf folder. The same as table 5.

表 4 氯虫苯甲酰胺拌种对移栽田二化螟的防治效果
Table 4 Control efficiency of seed dressing with chlorantraniliprole against rice stem borer in transplanted rice

处理 Treatments	移栽后 14 d				移栽后 28 d				移栽后 42 d				移栽后 56 d				移栽后 70 d			
	虫害株率 (%)		防治效果 (%)		虫害株率 (%)		防治效果 (%)		虫害株率 (%)		防治效果 (%)		虫害株率 (%)		防治效果 (%)		虫害株率 (%)		防治效果 (%)	
	Percentage of plants damage by RSB (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RSB (%)	Control efficacy (%)
150 mL/hm ² 拌种 Seed dressing 150 mL/hm ²	0.00±0.00bB	100.00±0.00aA	0.00±0.00bB	100.00±0.00aA	0.00±0.00bB	100.00±0.00aA	0.00±0.00bB	100.00±0.00aA	0.00±0.00bB	100.00±0.00aA	0.00±0.00bB	100.00±0.00aA	0.06±0.06cB	96.82±3.20aA	0.25±0.06bA	86.79±3.30aB				
120 mL/hm ² 拌种 Seed dressing 120 mL/hm ²	0.00±0.00bB	100.00±0.00aA	0.00±0.00bB	100.00±0.00aA	0.00±0.00bB	100.00±0.00aA	0.00±0.00bB	100.00±0.00aA	0.20±0.00bca	89.87±0.20aAB	0.39±0.11bA	79.22±5.70aB								
喷雾氯虫 Spray with chlorantraniliprole	0.28±0.07aB	23.36±20.10bAB	0.98±0.26aAB	10.45±23.80bAB	1.94±0.27aA	- 6.52±14.80bB			0.56±0.19bB	71.32±9.80abA	0.48±0.14bB	74.39±7.20aA								
喷雾阿维 Spray with abamectin	0.22±0.01aC	40.71±2.90bAB	0.88±0.17aB	19.77±15.40bB	1.74±0.20aA	4.32±11.20bB			0.73±0.11bB	62.88±5.70bA	0.58±0.09bBC	69.38±4.60aA								
空白对照 Blank control	0.36±0.08aB	-	1.09±0.25aA	-	1.82±0.19aA	-			1.96±0.24aA	-	1.89±0.20aA	-								

表 5 氯虫苯甲酰胺拌种对移栽田稻纵卷叶螟的防治效果
Table 5 Control efficiency of seed dressing with chlorantraniliprole against rice leaf folder in transplanted rice

处理 Treatments	卷叶株率 (%)				卷叶株率 (%)				卷叶株率 (%)			
	防治效果 (%)		卷叶株率 (%)		防治效果 (%)		卷叶株率 (%)		防治效果 (%)		卷叶株率 (%)	
	Percentage of plants damage by RLF (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RLF (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RLF (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RLF (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RLF (%)	Control efficacy (%)	Percentage of plants damage by RLF (%)	Control efficacy (%)
移栽后 14 d												
14 days after transplanting												
150 mL/hm ² 拌种 Seed dressing 150 mL/hm ²	0.31±0.06bB	84.61±3.10aA	0.44±0.06bAB	84.92±2.10aA	1.06±0.16bA	71.38±4.40aA	1.12±0.28bA	70.31±7.50aA	0.44±0.16bAB	77.70±8.40aA		
120 mL/hm ² 拌种 Seed dressing 120 mL/hm ²	0.40±0.11bB	80.51±5.40aA	0.59±0.11bAB	79.56±3.80aA	1.25±0.35bAB	66.40±9.30aA	1.51±0.39bA	60.06±10.30aA	0.59±0.10bAB	69.82±5.30aA		
喷雾氯虫 Spray with chlorantraniliprole	2.08±0.30aBC	- 2.26±14.80bB	2.79±0.23aAB	4.03±7.80bB	3.90±0.37aA	- 5.14±9.90bB	1.38±0.22bCD	63.51±5.90aA	0.83±0.12bD	57.51±6.20aA		
喷雾阿维 Spray with abamectin	2.29±0.11aAB	- 12.65±5.30bB	2.45±0.32aAB	15.54±11.20bB	3.41±0.40aA	8.23±10.70bB	1.55±0.32bBC	59.10±8.40aA	0.79±0.19bC	59.52±9.70aA		
空白对照 Blank control	2.03±0.40aAB	-	2.90±0.43aAB	-	3.71±0.51aAB	-	3.79±0.39aA	-	1.96±0.11aB	-		

表 6 氯虫苯甲酰胺拌种对直播田和移栽田水稻产量和产量构成的影响
Table 6 Yield and yield component factors of direct-seeded and transplanted rice under different treatments

处理 Treatments	有效穗数 ($\times 10^4/\text{hm}^2$) Number of effective panicle ($\times 10^4/\text{hm}^2$)		穗长 (cm) Panicle length (cm)		每穗粒数 (粒/穗) Number of grains per panicle		结实率 (%) Grain-filling percentage (%)		千粒重 (g) Thousand-grain weight (g)		产量 (kg/hm^2) Yield (kg/hm^2)	
	直播 Direct-seeded	移栽 Transplanted	直播 Direct-seeded	移栽 Transplanted	直播 Direct-seeded	移栽 Transplanted	直播 Direct-seeded	移栽 Transplanted	直播 Direct-seeded	移栽 Transplanted	直播 Direct-seeded	移栽 Transplanted
	rice	rice	rice	rice	rice	rice	rice	rice	rice	rice	rice	rice
150 mL/hm ² 拌种 Seed dressing 150 mL/hm ²	382.80± 3.90a	326.80± 2.90a	29.00± 0.30a	28.30± 0.20a	247.20± 4.40a	261.80± 5.10a	94.00± 0.30a	92.60± 0.40a	21.76± 0.11a	25.07± 0.02a	7 580.00± 103.60a	7 865.20± 62.90a
	377.80± 2.70ab	313.30± 2.40a	27.10± 0.20b	27.40± 0.10b	240.90± 5.40ab	251.30± 4.40ab	91.50± 0.70b	91.60± 0.40ab	21.36± 0.10a	24.83± 0.06a	7 271.10± 142.60ab	7 532.50± 62.90ab
喷雾氯虫 Spray with chlorantraniliprole	366.70± 2.50bc	298.30± 1.90b	27.20± 0.20b	26.30± 0.20c	239.10± 4.80ab	243.60± 4.90b	91.90± 0.70b	90.00± 0.70b	20.53± 0.09b	24.21± 0.03b	7 081.00± 62.80b	7 271.10± 108.90b
	355.20± 4.40c	285.40± 3.00bc	26.50± 0.20b	26.90± 0.10bc	228.00± 4.10bc	244.30± 4.10ab	90.50± 0.40bc	90.00± 0.70b	20.53± 0.21b	24.22± 0.09b	6 962.20± 103.60b	6 843.40± 108.90c
空白对照 Blank control	339.10± 1.00d	278.50± 4.90c	25.60 ± 0.20c	24.50± 0.30d	220.00± 4.10c	243.00± 4.30b	89.60± 0.60c	85.20± 0.70c	20.45± 0.15b	24.16± 0.03b	6 391.90± 103.60c	6 415.70± 82.30d

表中数据为平均值±标准误，同列数据后标有不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$, Tukey HSD 检验)。
Data are mean±SE, and followed by different lowercase letters in the same column indicate significant differences at 0.05 level by Tukey HSD test.

3 讨论

长期以来,以茎叶喷雾为主的化学防治是防控二化螟和稻纵卷叶螟的重要措施(唐涛等, 2016)。但茎叶喷雾存在药剂用量大、施药频率高、污染环境、害虫产生抗药性等弊端(傅锡敏和薛新宇, 2008; 高希武, 2010)。药剂拌种作为一种高效、环保、省工、省力的精准施药技术,可有效避免上述弊端(张舒和胡洪涛, 2017)。已有报道表明,氯虫苯甲酰胺拌种可有效防治水稻、玉米和花生上的多种害虫(Lanka *et al.*, 2013; Hamm *et al.*, 2014; Adams *et al.*, 2015; 何发林等, 2019, 2020; Villegas *et al.*, 2019; 于居龙等, 2019, 2020)。

本研究发现,氯虫苯甲酰胺拌种对水稻种子发芽没有显著影响;同时,氯虫苯甲酰胺拌种处理的秧苗和根系长势明显优于空白对照,长势较旺。这与其它文献报道的结果相类似。氯虫苯甲酰胺拌种对水稻、玉米和花生种子萌发没有不良影响,对出苗和生长具有促进作用(季正文, 2010; 何发林等, 2019, 2020; 于居龙等, 2019)。氯虫苯甲酰胺拌种水稻的秧苗成秧率和长势均好于空白对照(董金和和康启中, 2020)。

本研究结果表明,直播后 20-62 d, 150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的卷叶株率显著低于对照,对稻纵卷叶螟的防治效果在 71.40%以上;移栽后 14-42 d, 150 mL/hm² 和 120 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的卷叶株率显著低于对照,对稻纵卷叶螟的防治效果在 66.40%-84.92%之间。说明在直播和移栽模式下,氯虫苯甲酰胺拌种对稻纵卷叶螟的防治效果优于喷雾对照和空白对照。其它研究也报道了类似结果。于居龙等(2019)研究发现,不同药剂拌种以氯虫苯甲酰胺的防效最好,当氯虫苯甲酰胺拌种有效药量达 45 g/hm² 时,不同种植模式播种 88 d 后对稻纵卷叶螟的防效均在 90%以上。于居龙等(2020)用氯虫苯甲酰胺拌种(有效药量 60-120 g/hm²),直播、手栽和机插 3 种植植模式,播种后 90-110 d,保叶效果在 82%-97.13%之间,拌种处理的保叶效果及持效期均优于常规喷雾防治。氯虫苯甲酰胺拌种对稻

纵卷叶螟的防效较好,拌种处理的卷叶率(2.9%)明显低于农户自防的卷叶率(12.8%)(董金和和康启中, 2020)。噻呋酰胺、氯虫苯甲酰胺和三氟苯嘧啶混合拌种,对稻纵卷叶螟的保叶防效为 68%-90%,防效与拌种剂量成正比(何东兵等, 2019)。唐涛等(2013)利用氟虫双酰胺拌种,播种后 64 d 对稻纵卷叶螟的防效仍在 63.19%-77.27%之间。

詹国荣等(2012)研究发现,水稻直播后 35-48 d,药剂拌种处理对二化螟的防治效果显著高于空白对照。氯虫苯甲酰胺拌种,对花生和玉米沟金针虫、铜绿丽金龟及小地老虎具有很好的防治效果和持效性(何发林等, 2019, 2020)。本研究也发现了类似结果,氯虫苯甲酰胺拌种对二化螟防效较高,持效期长。直播后 20-62 d,移栽后 14-56 d, 150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种的螟害株率显著低于对照,对二化螟的防治效果在 93.33%以上。表明在不同种植模式下, 150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种对二化螟的防治效果明显高于喷雾对照和空白对照。

本文发现,直播和移栽模式下, 150 mL/hm² 氯虫苯甲酰胺拌种处理的有效穗数、穗长、结实率、千粒重和产量均显著高于喷雾对照和空白对照。这与董金和和康启中(2020)报道的结果相一致。氯虫苯甲酰胺拌种对花生和玉米也具有明显的增产效应(何发林等, 2019, 2020)。水稻增产原因可能与直播和移栽各处理小区稻飞虱及水稻病害的防治措施相同,而氯虫苯甲酰胺拌种降低了二化螟和稻纵卷叶螟的危害有关;也可能与氯虫苯甲酰胺拌种能促进水稻生长(季正文, 2010),增加有效穗数、穗长、每穗粒数、结实率和千粒重(董金和和康启中, 2020)有关,但增产机理有待进一步研究。

湖南一季中稻区,二化螟和稻纵卷叶螟的常规防治至少需要两次或两次以上。本研究利用氯虫苯甲酰胺拌种,播种期一次施药,直播后 90 d 内,移栽后 60 d 内,可有效控制二化螟和稻纵卷叶螟危害,同时能促进水稻生长,具有增产效应。氯虫苯甲酰胺拌种将开放式给药转变为隐蔽式携药,利用其优异的内吸传导特性将药剂输送

至植株各部位,既可有效防控二化螟和稻纵卷叶螟,减少水稻前、中期防治次数;也可避免茎叶喷雾对天敌的伤害,有助于发挥天敌的自然控制作用(于居龙等,2019)。

本文和前人(詹国荣等,2012;唐涛等,2013;李伟群等,2014;康敏等,2016;何东兵等,2019;于居龙等,2019,2020;张国等,2019a,2019b;董金和和康启中,2020)的研究结果表明,药剂拌种能有效降低害虫的危害,减少大田杀虫剂的使用次数和使用量,可在一定程度上降低大面积的面源农药污染,有助于取得较好的生态效益。综上所述,药剂拌种作为一种对环境友好的害虫防治方式,具有作用靶标精准、省时省力、持效期长、对土壤和水体污染小、对种子萌发安全及利于保护天敌等优点,可作为水稻害虫绿色防控的主要措施之一。

参考文献 (References)

- Adams A, Gore J, Musser F, Cook D, Catchot A, Walker T, Awuni GA, 2015. Impact of water management on efficacy of insecticide seed treatments against rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae) in Mississippi rice. *Journal of Economic Entomology*, 108(3): 1079–1085.
- Chen XJ, Fei C, Fan LP, Yang YZ, 2011. Intake transportation function of new insecticide chlorantraniliprole in soybean. *Scientia Agricultura Sinica*, 44(11): 2276–2283. [陈小军, 费春, 樊丽萍, 杨益众, 2011. 氯虫苯甲酰胺在大豆植株中的内吸传导特性. 中国农业科学, 44(11): 2276–2283.]
- Dong JH, Kang QZ, 2020. Effect tests of Lumivia suspension concentrate for seed treatment on insect pests and rice field. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 26(1): 83, 118. [董金和, 康启中, 2020. 路明卫悬浮种衣剂在水稻上的应用效果试验. 安徽农学通报, 26(1): 83, 118.]
- Fu XM, Xue XY, 2008. Consideration on the technology and equipment of plant protection. *Chinese Agricultural Mechanization*, 52(6): 72–76. [傅锡敏, 薛新宇, 2008. 基于我国施药技术与装备现状的发展思路. 中国农机化, 52(6): 72–76.]
- Gao XW, 2010. Current status and development strategy for chemical control in China. *Plant Protection*, 36(4): 19–22. [高希武, 2010. 我国害虫化学防治现状与发展策略. 植物保护, 36(4): 19–22.]
- Hamm JC, Lanka SK, Stout MJ, 2014. Influence of rice seeding rate on efficacies of neonicotinoid and anthranilic diamide seed treatments against rice water weevil. *Insects*, 5(4): 961–973.
- He DB, Zhu YL, Wu JW, Cao SP, Wu XM, 2019. Field control effect of different seed coating insecticides on insect pests and diseases of rice before heading stage. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 60(4): 601–604. [何东兵, 朱友理, 吴佳文, 曹书培, 吴小美, 2019. 不同药剂拌种对水稻穗前病虫害的控制效果. 浙江农业科学, 60(4): 601–604.]
- He FL, Jiang XY, Shang DL, Yao CT, Li XD, Zhang JW, 2019. Control effects of overground and underground insect pests of peanut by seed dressing with chlorantraniliprole. *Acta Phytophylacica Sinica*, 46(1): 239–248. [何发林, 姜兴印, 尚佃龙, 姚晨涛, 李向东, 张吉旺, 2019. 氯虫苯甲酰胺种子处理对花生地上及地下害虫的防治效果. 植物保护学报, 46(1): 239–248.]
- He FL, Sun SA, Yu HY, Qiao ZH, Yao XF, Li XD, Zhang JW, Jiang XY, 2020. Control effect of chlorantraniliprole on three kinds of underground pests in the maize field by seed treatment. *Plant Protection*, 46(1): 253–261. [何发林, 孙石昂, 于灏泳, 乔治华, 姚向峰, 李向东, 张吉旺, 姜兴印, 2020. 氯虫苯甲酰胺拌种对3种玉米地下害虫的防治效果. 植物保护, 46(1): 253–261.]
- Hou ML, Han YQ, Wang XF, Wei SH, 2013. Questions and Answers on Control Technology of Rice Diseases, Insect Pests and Weeds. Beijing: Golden Shield Press. 78–79. [侯茂林, 韩永强, 王锡锋, 魏守辉, 2013. 水稻病虫害防治技术问答. 北京: 金盾出版社. 78–79.]
- Ji ZW, 2010. Evaluation of control effect of chlorantraniliprole on *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée and its influence on rice growth. Master dissertation. Yangzhou: Yangzhou University. [季正文, 2010. 氯虫苯甲酰胺对稻纵卷叶螟防效评价及其对水稻生长发育的影响. 硕士学位论文. 扬州: 扬州大学.]
- Kang M, Zhao JF, Gu ZL, Hou ML, 2016. Field control effect of four seed coating insecticides on the white-backed planthopper. *Plant Protection*, 42(2): 220–224. [康敏, 赵剑锋, 顾中量, 侯茂林, 2016. 4种药剂拌种对白背飞虱的防治效果. 植物保护, 42(2): 220–224.]
- Lanka SK, Ottea JA, Beuzelin JM, Stout MJ, 2013. Effects of chlorantraniliprole and thiamethoxam rice seed treatment on egg numbers and first instar survival of *Lissorhoptrus oryzophilus* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology*, 106(1): 181–188.
- Li WQ, Liu XL, Huang XZ, Chen W, Shang ZF, Xian ZH, 2014. Safety evaluation of 30% pymetrozine FSC on rice and controlling rice planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål). *Journal of Southern Agriculture*, 45(11): 1976–1980. [李伟群, 刘晓亮, 黄秀枝, 陈伟, 尚战峰, 贤振华, 2014. 30%吡蚜酮悬浮种衣剂对水稻的安全性及对稻飞虱的防控效果. 南方农业学报, 45(11): 1976–1980.]
- 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 H, Hou ML, 2019. Progress in research on the relationship between host plants and the occurrence of the rice leaf folder and the degree of crop damage caused by this pest. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(6): 1178–1185. [刘欢, 侯茂林, 2019. 稻纵卷叶螟发生为害与寄主植物间关系的研究进展. 应用昆虫学报, 56(6): 1178–1185.]
- Liu TF, Yang DF, Deng JH, Dong MH, 2015. Degradation of chlorantraniliprole and development on its residue detection and analysis. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 31(3): 221–228. [刘腾飞, 杨代凤, 邓金花, 董明辉, 2015. 氯虫苯甲酰胺的残留降解与检测分析研究进展. 中国农学通报, 31(3): 221–228.]
- Lou YG, Zhang GR, Zhang WQ, Hu Y, Zhang J, 2013. Biological control of rice insect pests in China. *Biological Control*, 67(1): 8–20.
- Shen SW, Chen FJ, Liang BY, Cheng YH, 2016. Field efficacy trials of chlorantraniliprole against major insect pests of rice at middle growth stage. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 57(7): 989–990. [沈松伟, 陈方景, 梁碧元, 程义华, 2016. 氯虫苯甲酰胺防治水稻中期主要害虫的药效试验. 浙江农业科学, 57(7): 989–990.]
- Tang T, Fu W, Wang P, Ma MY, 2016. Evaluation of control efficacy of different insecticides on the striped stem borer and rice leaf-roller in the field. *Plant Protection*, 42(3): 222–228. [唐涛, 符伟, 王培, 马明勇, 2016. 不同类型杀虫剂对水稻二化螟及稻纵卷叶螟的田间防治效果评价. 植物保护, 42(3): 222–228.]
- Tang T, Liu DC, Liu XY, Ma GL, 2013. Study on control efficacies of flubendiamide on rice leaf-roller. *Plant Protection*, 39(3): 182–185. [唐涛, 刘都才, 刘雪源, 马国兰, 2013. 氟虫双酰胺防治水稻稻纵卷叶螟研究. 植物保护, 39(3): 182–185.]
- Villegas JM, Wilson BE, Stout MJ, 2019. Efficacy of reduced rates of chlorantraniliprole seed treatment on insect pests of irrigated drill - seeded rice. *Pest Management Science*, 75(12): 3193–3199.
- Yu FQ, Sun FY, Li ZQ, Shao LY, Yang M, Zhao X, 2013. Control efficacy of different insecticides on the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in crab-culturing paddy fields. *Liaoning Agricultural Sciences*, 2013(6): 63–65. [于凤泉, 孙富余, 李志强, 邵凌云, 杨眉, 赵旭, 2013. 不同药剂对养蟹稻田水稻二化螟的防治效果. 辽宁农业科学, 2013(6): 63–65.]
- Yu JL, Zhang G, Miao K, Zhao LC, Yang HF, Fang JC, Guo HF, Zhuang YQ, Yao KB, Shu ZL, 2019. Control efficiency of *Cnaphalocrocis medinalis* by rice seed treatment with chlorantraniliprole and its safety evaluation. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 21(3): 300–308. [于居龙, 张国, 缪康, 赵来成, 杨红福, 方继朝, 郭慧芳, 庄义庆, 姚克兵, 束兆林, 2019. 氯虫苯甲酰胺拌种对稻纵卷叶螟的防治效果及安全性评价. 农药学报, 21(3): 300–308.]
- Yu JL, Zhang G, Miao K, Zhao LC, Zhuang YQ, Yao KB, Guo HF, Fang JC, Shu ZL, 2020. Pesticide screening and control effect on *Cnaphalocrocis medinalis* by rice seed treatment. *Plant Protection*, 46(1): 270–275. [于居龙, 张国, 缪康, 赵来成, 庄义庆, 姚克兵, 郭慧芳, 方继朝, 束兆林, 2020. 种子处理防治稻纵卷叶螟药剂筛选及效果. 植物保护, 46(1): 270–275.]
- Zhan GR, Shi HP, Hu LD, Ding CH, Hu P, 2012. Study on the control effect of pesticides seed coating on insect pests in direct-seeding rice field. *Modern Agricultural Sciences and Technology*, 2012(2): 141, 143. [詹国荣, 石红平, 胡立冬, 丁朝辉, 胡萍, 2012. 药剂拌种防治直播稻田害虫试验研究. 现代农业科技, 2012(2): 141, 143.]
- Zhang G, Yu JL, Shu ZL, Fang JC, Wu JC, Yao KB, 2019a. Control effects on rice planthopper and safety evaluation of natural enemies by seed dressing with 10% triflumezopyrim SC. *Journal of Southern Agriculture*, 50(12): 2695–2702. [张国, 于居龙, 束兆林, 方继朝, 吴进才, 姚克兵, 2019a. 10%三氟苯嘧啶 SC 拌种水稻对稻飞虱的防效及安全性评价. 南方农业学报, 50(12): 2695–2702.]
- Zhang G, Yu JL, Shu ZL, Zhao LC, Miao K, Zhuang YQ, Yao KB, Fang JC, 2019b. Feasibility evaluation of labor saving control technology of rice planthopper before heading stage. *Plant Protection*, 45(3): 222–229. [张国, 于居龙, 束兆林, 赵来成, 缪康, 庄义庆, 姚克兵, 方继朝, 2019b. 水稻穗前稻飞虱省力化防控技术可行性评价. 植物保护, 45(3): 222–229.]
- Zhang S, Hu HT, 2017. Analysis and outlook of registration situation of rice seed treatment agent in China. *Agrochemicals*, 56(10): 708–711. [张舒, 胡洪涛, 2017. 我国水稻种子处理剂登记现状分析与展望. 农药, 56(10): 708–711.]
- Zheng XS, Lai TC, Shi LB, Lu WP, 2012. Current situation on application of novel diamide insecticides. *Agrochemicals*, 51(8): 554–557, 580. [郑雪松, 赖添财, 时立波, 卢伟平, 2012. 双酰胺类杀虫剂应用现状. 农药, 51(8): 554–557, 580.]