江西双季稻重要病虫害高效防治药剂筛选

王 巍[1]， 谢莉娟[2]， 钟艳平[1]， 李辰彦[1]，
彭文文[2]， 吴自明[1*]， 石绪根[2*]

（1. 江西农业大学农学院，作物生理生态与遗传育种教育部重点实验室，南昌 330045；
2. 江西农业大学农学院，植物化学与植物源农药实验室，南昌 330045）

摘要 为筛选出适宜江西双季稻田常见病虫害的新型高效药剂，选用9种农药进行田间药效试验。结果表明：9种药剂在中高浓度下对防治对象均可达到较好的效果。其中10%溴氰虫酰胺OD 45 g/hm²（有效成分用量，下同）对早稻田二化螟防效最佳，药后28 d防效达93.22%；30%唑虫酰胺SC 67.5 g/hm² 对稻纵卷叶螟防效最好，药后28 d防效达87.50%；10%四氯虫酰胺SC防治螟虫使用成本最低，为108元/hm²。10%氟啶虫酰胺WG 90 g/hm² 对白背飞虱的防效最好，药后26 d防效为90.17%；22%氟啶虫胺腈SC 90 g/hm² 对褐飞虱防效最佳，药后26 d防效为97.54%，且应用成本最低（204元/hm²）。25%吡唑醚菌酯EC 90 g/hm² 对水稻纹枯病、稻瘟病的防效最高，分别为98.13%、96.49%；20%烯肟·戊唑醇SC使用成本最低，为81元/hm²。以上结果可为双季稻田相关病虫害防控药剂的选择提供依据，同时为供试药剂在双季稻田的推广应用提供参考。

关键词 双季稻； 病虫害； 药剂筛选； 田间防效

中图分类号： S435.111 **文献标识码：** B **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2020534

Screening of effective pesticides for control of important diseases and insect pests of double cropping rice in Jiangxi

WANG Wei[1]， XIE Lijuan[2]， ZHONG Yanping[1]， LI Chenyan[1]，
PENG Wenwen[2]， WU Ziming[1*]， SHI Xugen[2*]

（1. *Key Laboratory of Crop Physiological Ecology and Genetic Breeding*, *Ministry of Education*, *College of Agriculture*, *Jiangxi Agricultural University*, *Nanchang* 330045, *China*; 2. *Laboratory of Plant Chemistry and Plant Pesticides*, *College of Agriculture*, *Jiangxi Agricultural University*, *Nanchang* 330045, *China*）

Abstract In order to select new high-efficiency pesticides, which are suitable for common diseases and insect pests control in double-cropping rice fields in Jiangxi, nine kinds of pesticides were selected for field experiment. The test results showed that all the nine pesticides showed good control effects at medium and high concentrations. Among them, cyantraniliprole 10% OD (45 g/hm² active ingredient dosage, the same below) had the best efficacy on *Chilo suppressalis* in early rice field, with the efficacy of 93.22% 28 days after spraying. Tolfenpyrad 30%SC 67.5 g/hm² had the best field efficacy on rice leaf roller, with the efficacy of 87.50% 28 days after spraying. Chlorantraniliprole 10% SC had the lowest cost of 108 yuan/hm². Flonicamid 10%WG 90 g/hm² had the best field efficacy on white-backed planthopper, with the efficacy of 90.17% 26 days after spraying. Sulfoxaflor 22% SC 90 g/hm² had the best control effect on brown planthopper, with the efficacy of 97.54% 26 days after spraying, and it had the lowest cost of 204 yuan/hm². Pyraclostrobin 25% EC 90 g/hm² showed the highest control effect on rice sheath blight and rice blast with the efficacy of 98.13% and 96.49%, respectively. Enestroburin·tebuconazole 20% SC had the lowest cost of 81 yuan/hm². The above results can provide a certain reference for the prevention and control of related diseases and insect pests in double cropping rice fields, as well as a reference for the promotion and application of tested pesticides in double cropping rice fields.

Key words double cropping rice; disease and insect pest; pesticide screening; field efficacy

收稿日期： 2020－10－12 **修订日期：** 2020－11－12
基金项目： 国家重点研发计划（2017YFD0301604，2018YFD0301102）
* 通信作者 E-mail：吴自明 wuzmjxau@163.com；石绪根 shixugen@jxau.edu.cn

水稻位列我国三大粮食作物之首，常年播种面积在 3 000 万 hm^2 左右，年均总产量约 2 亿 t。然而，每年因病虫草危害而引起的潜在损失可占水稻总产量的 10%～30%，尽管防治后每年挽回损失数千万 t，但年实际损失仍达 400 万～500 万 t[1]。二化螟 *Chilo suppressalis*、稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis*、褐飞虱 *Nilaparvata lugens*、白背飞虱 *Sogatella furcifera*、纹枯病、稻瘟病为江西省双季水稻上的几种常见病虫害，在田间经常混合发生[2]，若防治不及时或方法不得当，任一病虫的暴发均足以严重影响水稻产量和品质。虽然目前化学防治仍是防控水稻病虫害不可或缺的重要措施[3]，但长期不合理地使用化学农药存在着许多弊端，如破坏农业生态环境、刺激病虫抗药性上升和导致稻米农药残留超标等。江西省作为全国粮食主产省，同样面临着水稻病虫害种类多、发生率高和防治任务艰巨的局面。程武俊[4]报道了在安徽宣城市应用 10%四氯虫酰胺 SC 防治稻纵卷叶螟时速效性和持效性均较好；在闫超等[5]的研究中 19%溴氰虫酰胺 SC 可作为防治甜瓜蓟马的优先推荐药剂；陈洁琼等[6]指出 15%唑虫酰胺 EW 影响小菜蛾的生长发育与繁殖，对其种群增长有抑制作用。何佳春等[7]在浙江杭州市田间分别应用氟啶虫胺腈、呋虫胺和氟啶虫酰胺等新药防治水稻褐飞虱，均有较好的效果。车喜庆等[8]在辽宁滨海稻区进行药剂筛选试验，发现 250 g/L 吡唑醚菌酯 EC 防治稻瘟病效果最好且有增产效果，75%肟菌·戊唑醇 WG 效果次之；兰杰等[9]发现在水稻孕穗末期与齐穗期喷施 20%烯肟·戊唑醇 SC，可有效防控稻瘟病的发生。以上结果表明上述药剂对各自的防治对象具有良好效果。在江西双季稻种植区常年应用同一药剂使得水稻病虫抗药性问题日益严峻，虽然目前国内防治水稻病虫的田间药效试验报道层出不穷，但不能简单地以此为依据应用在江西本地。因此有必要在同一试验条件下就常用药剂、新型药剂和未广泛在水稻上推广的药剂进行防效比较，为防治水稻病虫提供有力依据。针对江西本地水稻二化螟、稻纵卷叶螟、稻飞虱、纹枯病、稻瘟病等 5 种主要病虫害，在峡江县开展了一系列农药田间药效试验。以期通过田间药效试验筛选出新型、高效、低毒、低残留的农药品种来替代老品种，最终达到减量增效的目的。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

早稻种植品种为‘柒两优 2012’，3 月 30 日机直播；晚稻种植品种为‘井冈软粘’，7 月 8 日播种，8 月 5 日移栽。

1.2　试验药剂

10%溴氰虫酰胺可分散油悬浮剂，美国杜邦公司；30%唑虫酰胺悬浮剂，美国默赛技术公司；10%四氯虫酰胺悬浮剂，中化农化有限公司；22%氟啶虫胺腈悬浮剂，美国陶氏益农公司；20%呋虫胺悬浮剂，日本三井化学 AGRO 株式会社；10%氟啶虫酰胺水分散粒剂，日本石原产业株式会社；75%肟菌·戊唑醇水分散粒剂，拜耳股份公司；25%吡唑醚菌酯乳油，巴斯夫植物保护有限公司；20%烯肟·戊唑醇悬浮剂，沈阳科创化学品有限公司。各试验药剂田间施用剂量分别参照其田间推荐使用量及相关文献设定[7, 10-11]。

1.3　试验设计

本试验的各小区面积一致，均为长 6 m，宽 5 m，面积 30 m^2，田间采用裂区设计，药剂种类为主区，药剂浓度为副区，每个药剂设 3 个浓度水平，每浓度水平设 3 次重复，小区采用随机区组排列。各小区田间筑埂防止蹿水且留有保护行。空白对照（CK）与试验小区水肥管理一致，施药时对照区喷洒相应量的清水。田间实时调查，在观测病虫发生情况后择期施药。施药选用背负式电动喷雾器，雾滴均匀，用水量为 450 L/hm^2。

1.4　调查时间与方法

按照农业农村部田间药效试验准则的要求对试验区发生的二化螟、稻纵卷叶螟、稻飞虱、纹枯病和稻瘟病进行调查，方法如下：

二化螟：在药后 14、28 d 调查枯心率，计算防治效果。共调查 2 次。在调查时采用平行跳跃法五点取样，在每个小区选取 5 点，每点查 10 丛水稻，共调查 50 丛。调查总株数、枯心株数、统计枯心率，与空白对照区枯心率和死亡率比较，计算防治效果。

枯心率＝枯心株数/调查总株数×100%；

防效=(空白对照区枯心率－施药区枯心率)/空白对照区枯心率×100%。

稻纵卷叶螟:在药后 14、28 d,调查卷叶率,计算保叶效果。采用平行跳跃法五点取样,在每个小区选 5 点,每点调查 5 丛水稻,共调查 25 丛。调查卷叶数、统计卷叶率,与空白对照比较,计算防治效果。

卷叶率=卷叶数/调查总叶片数×100%;

防治效果=(空白对照区卷叶率－施药区卷叶率)/空白对照区卷叶率×100%。

稻飞虱:药前调查虫口基数,药后不定期观察作物长势长相和稻飞虱发生为害情况;用药后 5、13、26 d 调查田间虫量消长情况(根据田间虫量适当调整)。平行跳跃法取样,每小区调查 20 点,每点调查 2 丛,采用盘拍法,用涂过肥皂水的白搪瓷盘(40 cm×30 cm)横插到稻丛基部,盘不移动连拍 3 下,记录搪瓷盘中活稻飞虱的数量,计算虫口减退率和防治效果。

虫口减退率=(防治前虫量－防治后虫量)/防治前虫量×100%;

防治效果=(防治区虫口减退率－对照区虫口减退率)/(1－对照区虫口减退率)×100%。

纹枯病和稻瘟病:施药前调查病害发生情况,在药后依据病害发展情况,在第 2 次施药后 7 d 调查 1 次。每小区均按对角线五点取样法取样,每点调查 5 丛水稻[12-13]。

2 结果与分析

2.1 供试药剂对水稻二化螟的防治效果

如表 1 所示,3 种药剂在中等浓度及高浓度下对早稻二化螟均有较好的防效,但在晚稻二化螟的防治中效果有所下降。对比 3 种药剂相同浓度处理的防效:各药剂有效成分用量为 30 g/hm^2 时,早稻药后 28 d 和晚稻药后 14 d 的防效以 10%溴氰虫酰胺 OD(87.41%和 70.10%)最好,但各处理间差异不显著;早稻药后 14 d,10%溴氰虫酰胺 OD 和 30%唑虫酰胺 SC 的防效相同,显著高于 10%四氯虫酰胺 SC 处理的防效;而晚稻药后 28 d 的防效则以 10%四氯虫酰胺 SC 最高,但三者之间无显著差异;各药剂有效成分用量为 45 g/hm^2 时,10%溴氰虫酰胺 OD 仅早稻药后 14 d 的防效(79.50%)略低于其他处理,但相同浓度处理下 3 种药剂的防效之间并无显著差异。

表 1 3 种药剂对早晚稻二化螟的防效1)

Table1 Control effect of three pesticides on rice stem borer in early rice and late rice

制剂 Insecticide	制剂用量/g·(hm^2)$^{-1}$ Dosage	有效成分用量/g·(hm^2)$^{-1}$ Active ingredient	早稻防治效果/% Early rice control efficacy		晚稻防治效果/% Late rice control efficacy	
			药后 14 d 14 d after spraying	药后 28 d 28 d after spraying	药后 14 d 14 d after spraying	药后 28 d 28 d after spraying
10%溴氰虫酰胺 OD cyantraniliprole 10% OD	200	20	73.25 cd	83.55 b	63.10 c	75.97 c
	300	30	75.11 c	87.41 ab	70.10 bc	76.33 c
	450	45	79.50 bc	93.22 a	79.73 ab	85.87 ab
30%唑虫酰胺 SC tolfenpyrad 30% SC	100	30	75.11 c	87.36 ab	68.19 bc	76.09 c
	150	45	85.97 ab	89.36 ab	78.43 ab	80.33 bc
	225	67.5	90.79 a	92.26 a	83.32 a	93.64 a
10%四氯虫酰胺 SC tetrachlorantraniliprole 10% SC	300	30	69.63 d	84.51 b	57.44 c	77.50 c
	450	45	79.61 bc	89.36 ab	75.14 abc	81.51 bc
	675	67.5	87.39 a	90.31 ab	79.63 ab	90.22 ab

1) 同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。
Different lowercase letters in the same column showed significant difference at 0.05 level. The same below.

2.2 对稻纵卷叶螟的防治效果

2019 年试验地早稻稻纵卷叶螟发生量极小,故只调查记录了晚稻稻纵卷叶螟的防治情况。如表 2 所示:各药剂有效成分用量为 45 g/hm^2 时,30%唑虫酰胺 SC 防效最高,药后 14 d 防效为 79.48%,药后 28 d 防效为 82.29%,但与 10%溴氰虫酰胺 OD、10%四氯虫酰胺 SC 的防效并无显著差异。药后 14 d,30%唑虫酰胺 SC 最高浓度(67.5 g/hm^2)处理的防效显著优于其他处理,而各处理药后 28 d 的防效则差异不大。

表 2　3 种药剂对晚稻稻纵卷叶螟的防效

Table 2　Control effect of three pesticides on the rice leaf roller in late rice

制剂 Insecticide	制剂用量/ g·(hm²)⁻¹ Dosage	有效成分用量/ g·(hm²)⁻¹ Active ingredient	晚稻防治效果/% Late rice control efficacy	
			药后 14 d 14 d after spraying	药后 28 d 28 d after spraying
10%溴氰虫酰胺 OD cyantraniliprole 10% OD	200	20	56.01 c	62.50 b
	300	30	64.86 bc	68.75 ab
	450	45	65.67 bc	75.52 ab
30%唑虫酰胺 SC tolfenpyrad 30% SC	100	30	78.03 b	61.46 b
	150	45	79.48 b	82.29 ab
	225	67.5	93.54 a	87.50 a
10%四氯虫酰胺 SC tetrachlorantraniliprole 10% SC	300	30	54.15 c	64.06 ab
	450	45	60.74 bc	70.31 ab
	675	67.5	70.33 b	84.38 ab

2.3　对稻飞虱的防治效果

2019 年试验地晚稻稻飞虱发生量极小,故未做调查统计。

2.3.1　对早稻白背飞虱的防治效果

如表 3 所示:当 3 种药剂有效成分用量均为 75、90 g/hm² 时,仅药后 13 d 时各药剂有效成分用量为 75 g/hm² 的 10%氟啶虫酰胺 WG 比 22%氟啶虫胺腈 SC 防效略低外,其余均以 10%氟啶虫酰胺 WG 的防治效果最好。当有效成分用量为 75 g/hm² 时,3 个供试药剂防效相当,差异不显著;当有效成分用量为 90 g/hm² 时,10%氟啶虫酰胺 WG 药后 13、26 d 的防效显著高于 20%呋虫胺 SC,但与 22%氟啶虫胺腈 SC 的防效并无显著差异。3 个供试药剂对白背飞虱的速效性不强,药后 5 d 各处理的防治效果仅为 37.47%～60.57%;但持效性均较好,药后 13 d 对白背飞虱的防治效果为 64.34%～87.95%;药后 26 d 白背飞虱的虫口减退率可达 80.77%～91.90%。

表 3　3 种药剂对早稻白背飞虱的防效

Table 3　Control effect of three pesticides on early rice white-backed planthopper

药剂 Insecticide	制剂用量/ g·(hm²)⁻¹ Dosage	有效成分用量/ g·(hm²)⁻¹ Active ingredient	药后 5 d 5 d after spraying		药后 13 d 13 d after spraying		药后 26 d 26 d after spraying	
			虫口减退率/% Decreased rate of insect	防效/% Control efficacy	虫口减退率/% Decreased rate of insect	防效/% Control efficacy	虫口减退率/% Decreased rate of insect	防效/% Control efficacy
22%氟啶虫胺腈 SC sulfoxaflor 22% SC	284	62.5	44.57	47.20 b	68.38	67.89 b	86.48	83.58 b
	340	75	42.80	45.51 b	77.60	77.25 ab	89.60	87.37 ab
	410	90	52.35	54.61 ab	86.30	86.09 a	91.41	89.57 a
20%呋虫胺 SC dinotefuran 20% SC	375	75	43.38	46.06 ab	70.73	70.27 b	80.77	76.66 b
	450	90	43.80	46.47 ab	76.80	76.44 b	81.20	77.18 b
	540	108	58.61	60.57 a	87.36	87.17 a	89.38	87.11 ab
10%氟啶虫酰胺 WG flonicamid 10% WG	625	62.5	34.35	37.47 b	64.89	64.34 b	81.68	77.76 b
	750	75	49.17	51.58 ab	77.18	76.83 ab	90.35	88.29 ab
	900	90	56.69	58.74 a	88.14	87.95 a	91.90	90.17 a
空白对照(CK)	—	—	−4.98		1.53		17.62	

2.3.2　对早稻褐飞虱药后调查结果

如表 4 所示:当有效成分用量为 75 g/hm² 时,22%氟啶虫胺腈 SC 防效最佳,显著高于 20%呋虫胺 SC 药后各时期的防效,但与 10%氟啶虫酰胺 WG 在药后 5、26 d 的防效无显著差异。当有效成分用量为 90 g/hm² 时,10%氟啶虫酰胺 WG 药后 5 d 防效达 96.90%,速效性最强,显著高于 22%氟啶虫胺腈 SC 和 20%呋虫胺 SC 同时期的防效。但药后

13、26 d 的防效对比 22%氟啶虫胺腈 SC 和 20%呋虫胺 SC 无显著差异。三者持效性较好，药后 13 d 对褐飞虱的防治效果为 65.87%～82.81%；药后 26 d 对褐飞虱的控制作用可达 86.30%～97.78%。

表 4　3 种药剂对早稻褐飞虱的防效

Table 4　The control effect of three pesticides on early rice brown planthopper

药剂 Insecticide	制剂用量/ g·(hm²)⁻¹ Dosage	有效成分用量/ g·(hm²)⁻¹ Active ingredient	药后 5 d 5 d after spraying		药后 13 d 13 d after spraying		药后 26 d 26 d after spraying	
			虫口减退率/% Decreased rate of insect	防效/% Control efficacy	虫口减退率/% Decreased rate of insect	防效/% Control efficacy	虫口减退率/% Decreased rate of insect	防效/% Control efficacy
22%氟啶虫胺腈 SC sulfoxaflor 22% SC	284	62.5	55.10	60.89 d	73.66	72.80 b	90.82	89.05 c
	340	75	57.14	74.60 c	78.67	77.98 a	96.00	95.52 b
	410	90	72.82	75.11 b	82.81	82.81 a	97.20	97.54 a
20%呋虫胺 SC dinotefuran 20% SC	375	75	38.75	56.44 d	67.02	65.94 c	91.25	89.94 c
	450	90	42.86	75.11 b	73.71	72.85 b	98.12	97.78 a
	540	108	88.23	92.89 a	80.47	79.83 a	98.60	98.35 a
10%氟啶虫酰胺 WG flonicamid 10% WG	625	62.5	66.70	64.40 cd	66.95	65.87 bc	88.33	86.30 c
	750	75	75.00	72.00 bc	71.90	70.98 bc	94.76	93.81 b
	900	90	94.00	96.90 a	77.29	76.55 ab	97.10	96.57 ab
空白对照(CK)	—	—	−11.76		3.17		15.38	

2.4　对水稻纹枯病药效分析

供试药剂对双季稻纹枯病的防治效果如表 5 所示。选取的 3 种药剂最低浓度防治效果均较差，防效仅在 24.50%～71.57%之间。各药剂有效成分用量为 60 g/hm² 时，25%吡唑醚菌酯 EC 防治效果最好(60.73%，96.18%)，显著优于 75%肟菌·戊唑醇 WG 的防效(46.12%，24.50%)，但与 20%烯肟·戊唑醇 SC 的防效(58.27%，92.63%)之间差异不显著。3 种药剂在各自最高浓度下对晚稻纹枯病的防治效果均可达到 90%以上，但在早稻纹枯病的防治中效果并不理想(仅 58.27%～77.85%)。

2.5　对水稻稻瘟病药效分析

2019 年早稻试验中，稻瘟病发生极轻故未做调查记录。晚稻试验结果如表 6 所示：各药剂有效成分用量为 60 g/hm² 时，25%吡唑醚菌酯 EC 的防效最高(96.07%)，其次为 20%烯肟·戊唑醇 SC(92.94%)，而 75%肟菌·戊唑醇 WG 的防效(51.47%)最低，且三者差异显著。但 3 种药剂在各自中、高浓度下对晚稻稻瘟病的防治效果均可达到 88%以上，表现优异。

表 5　3 种药剂对早晚稻纹枯病的防效

Table 5　Control effect of three fungicides on rice sheath blight in early rice and late rice

药剂 Fungicide	制剂用量/ g·(hm²)⁻¹ Dosage	有效成分用量/ g·(hm²)⁻¹ Active ingredient	防效/% Control efficacy	
			早稻 Early rice	晚稻 Late rice
75%肟菌·戊唑醇 WG　trifloxystrobin·tebuconazole 75% WG	80	60	46.12 cd	24.50 d
	120	90	50.17 c	60.93 d
	180	135	77.68 a	95.22 ab
25%吡唑醚菌酯 EC　pyraclostrobin 25% EC	160	40	47.66 cd	71.57 c
	240	60	60.73 b	96.18 ab
	360	90	77.85 a	98.13 a
20%烯肟·戊唑醇 SC　enestroburin·tebuconazole 20% SC	133.5	26.7	44.38 d	62.90 d
	200	40	50.81 c	90.96 b
	300	60	58.27 b	92.63 ab

表 6　3 种药剂对晚稻稻瘟病的防效

Table 6　Control effect of three fungicides on rice blast in late rice

药剂 Fungicide	制剂用量/ g·(hm²)⁻¹ Dosage	有效成分用量/ g·(hm²)⁻¹ Active ingredient	防效/% Control efficacy
75%肟菌·戊唑醇 WG　trifloxystrobin·tebuconazole 75% WG	80	60	51.47 d
	120	90	92.16 b
	180	135	96.47 a
25%吡唑醚菌酯 EC　pyraclostrobin 25% EC	160	40	86.77 c
	240	60	96.07 a
	360	90	96.49 a
20%烯肟·戊唑醇 SC　enestroburin·tebuconazole 20% SC	133.5	26.7	86.74 c
	200	40	88.24 c
	300	60	92.94 b

2.6　不同药剂的使用成本分析

依照田间制剂使用量,对比防治水稻螟虫的 3 种杀虫剂,药后 28 d 达到相似效果所需成本:最高者为 10%溴氰虫酰胺 OD(174 元/hm²),其次为 30%唑虫酰胺 SC(125 元/hm²),最低为 10%四氯虫酰胺 SC(108 元/hm²)。比较 3 种防治稻飞虱的杀虫剂:药后 26 d 达到相似效果所需成本 10%氟啶虫酰胺 WG 最高(428 元/hm²),其次 20%呋虫胺 SC(270 元/hm²),最低是 22%氟啶虫胺腈 SC(204 元/hm²)。在防治水稻病害的 3 种药剂中,达到相似防效所需成本为 25%吡唑醚菌酯 EC(306 元/hm²)高于 75%肟菌·戊唑醇 WG(234 元/hm²),高于 20%烯肟·戊唑醇 SC(81 元/hm²)。

3　结论与讨论

因对自然生物的毒性问题,防治水稻二化螟和稻纵卷叶螟的常用高效药剂氟虫腈在 2009 年被禁用,之后双酰胺类杀虫剂因拥有独特的作用机制和高效防治鳞翅目害虫的特性迅速得到稻农的青睐[14]。但连续的不合理使用,致使我国多地二化螟种群已对氯虫苯甲酰胺等杀虫剂产生了较高甚至极高水平的抗药性,目前尚未有江西地区水稻螟虫对溴氰虫酰胺和四氯虫酰胺产生抗性的报道[15-17]。唑虫酰胺,是原日本三菱化学公司开发的一种新型吡唑杂环类杀虫杀螨剂,广泛高效地用于茶叶、蔬菜、果树、花卉等作物害虫的防治,对鳞翅目害虫同样高效,国内尚未在水稻上登记使用[18-21]。本研究结果表明:30%唑虫酰胺 SC 对稻纵卷叶螟防治效果优于 10%溴氰虫酰胺 OD 和 10%四氯虫酰胺 SC,但三者效果并无显著差异。赵丹丹等[16]研究发现,对氯虫苯甲酰胺表现为 133.6 倍高水平抗性的浙江象山二化螟种群,对溴氰虫酰胺表现为中等水平的交互抗性(30.3 倍),同时对四氯虫酰胺达到了 114.6 倍的高水平交互抗性。江西地区应用氯虫苯甲酰胺防治水稻螟虫已有十多年的历史,江西省农业科学院植物保护研究所常年监测结果显示大部分地区对其已产生了中等水平的抗性,部分地区如丰城县、泰和县甚至产生了 100 倍以上的抗性。一定程度的交互抗性可能是四氯虫酰胺和溴氰虫酰胺在本试验中对螟虫的效果低于唑虫酰胺的原因。但从成本角度考虑,10%四氯虫酰胺 SC 的性价比是 3 种杀虫剂中最高的,且在水稻螟虫防治中应用已有 6 年,容易为农民所接受;10%溴氰虫酰胺 OD 的应用成本略高于 10%四氯虫酰胺 SC,目前在我国水稻上获得登记的仅美国富美实公司的 10%溴氰虫酰胺 OD 和陕西标正作物科学有限公司的 23%溴酰·三氟苯 SC,预计未来登记厂家还会增加,在水稻害虫防治上的应用也会更加普遍。30%唑虫酰胺 SC 在三者中应用成本虽然最高但效果优异,该产品目前在我国尚未在水稻上登记,待其售价降低并登记于水稻后,在水稻害虫的防治上将拥有较大潜力。

稻飞虱作为迁飞性害虫具有暴发成灾的特性,化学防治是唯一有效的应急防控手段。然而在我国水稻种植区特别是江西等双季稻区,吡虫啉、噻嗪酮、异丙威和速灭威等药剂常年连续重复使用,使得稻飞虱的抗药性问题日益严峻[17, 22-25],有些地区甚至出现了无药可用的局面。因此,采用新型杀虫剂或者不同类型的杀虫剂轮用对于延缓和治理稻飞虱抗药性非常必要。本研究选用呋虫胺(新烟碱类)、氟啶虫酰胺(新型吡啶酰胺类)及氟啶虫胺腈(砜亚

胺类)进行了防效对比,其中呋虫胺和氟啶虫胺腈均为昆虫神经系统中烟碱乙酰胆碱受体(nAChR)的激动剂,但氟啶虫胺腈与 nAChR 结合位点独特,与传统新烟碱类及其他杀虫剂无交互抗性[26-28];氟啶虫酰胺通过阻碍害虫吮吸作用而使害虫摄入药剂后很快停止吮吸,最后饥饿而死,其对作物的保护作用非常突出[29]。本试验结果显示:10%氟啶虫酰胺 WG 对白背飞虱的防效最好,这与吴春梅等[30]报道的结果一致,10%氟啶虫酰胺 WG 与 22%氟啶虫胺腈 SC 对褐飞虱的防效高于 20%呋虫胺 SC,这与何佳春等[7]的试验结果相符。上述 3 种药剂对褐飞虱的速效性优于白背飞虱,持效性均比较好。具有不同抗性机制或没有交互抗性的药剂间轮用是治理飞虱抗药性的重要手段,本研究结果表明,22%氟啶虫胺腈 SC、20%呋虫胺 SC 和 10%氟啶虫酰胺 WG 在田间推荐使用的较高剂量下均可有效地控制稻飞虱,这为田间用药提供了多种可能的组合轮用方案。

目前随着水稻直播面积的增大、矮秆水稻品种的推广和肥水管理的不当,纹枯病连年重发[31-32]。尤其在水稻产量高、湿度大的地区,如不及时防治,伴随水稻纹枯病暴发,稻瘟病菌也会随之大量繁殖,严重时造成水稻减产 50%以上,甚至出现绝收现象[33-34]。在生产实践中用于防治水稻病害的杀菌剂众多,其中戊唑醇、井冈霉素等价格低廉,使用广泛[35]。但这些杀菌剂往往施用年限较长,病菌对其抗性较高而导致防治效果下降。甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂是继苯并咪唑和三唑类杀菌剂之后又一类极具发展潜力和市场活力的新型农用杀菌剂,主要作用于真菌线粒体复合物Ⅲ的 Qo 位点,阻止电子传递,从而抑制真菌生长,肟菌酯、吡唑醚菌酯及烯肟菌胺均属此类,且烯肟菌胺为沈阳化工研究院创制的具有自主知识产权的新品种[36-37]。本试验结果显示:25%吡唑醚菌酯 EC 对水稻纹枯、稻瘟病的防效均显著高于 75%肟菌·戊唑醇 WG,这与车喜庆等[38]报道的对稻瘟病的防治结果一致,但与纹枯病防治结论相反。原因可能是肟菌·戊唑醇在江西双季稻区使用时间较长,造成纹枯病病原菌已对其产生了一定水平的抗性。20%烯肟·戊唑醇 SC 在本试验中对水稻纹枯病具有良好的防效,与 25%吡唑醚菌酯 EC 的效果相当;其对稻瘟病的防效显著低于 25%吡唑醚菌酯 EC,但显著高于 75%肟菌·戊唑醇 WG。从成本角度考虑,20%烯肟·戊唑醇 SC 在双季稻区应用时间长、防治效果良好且价格低廉,更易被稻农所接受。75%肟菌·戊唑醇 WG 应用成本略高于 20%烯肟·戊唑醇 SC,但低浓度施用已对纹枯病和稻瘟病防效不佳,高浓度的喷施又会导致资源浪费和环境安全风险。25%吡唑醚菌酯 EC 虽然效果最好,但在三者中应用成本最高;目前吡唑醚菌酯在我国水稻上获得登记的仅为巴斯夫欧洲公司的 9%吡唑醚菌酯 SC 和哈尔滨火龙神农业生物化工有限公司的 2%吡唑酯·咯菌腈·精甲霜 SC,预计随着登记厂家的增加和售价的降低,在水稻纹枯病、稻瘟病的防治中应用会更加普遍。

探索和开发适宜病虫害防治的新型药剂一直为植物保护研究的热点。本试验选用的药剂均较为新颖且在合适剂量下对靶标生物防效显著,所选药剂剂型除吡唑醚菌酯为乳油以外,其他均为可分散油悬浮剂、悬浮剂和水分散粒剂,属于绿色环保剂型,环境相容性好。本研究结果可为水稻螟虫、飞虱、纹枯病和稻瘟病高效防治药剂的优化选择提供参考。

参考文献

[1] 刘万才,刘振东,黄冲,等. 近 10 年农作物主要病虫害发生危害情况的统计和分析[J]. 植物保护,2016,42(5):1-9.

[2] 唐涛,叶波,刘雪源,等. 多靶标杀虫剂——三氟苯嘧啶混配剂对水稻害虫的田间防治效果[J]. 植物保护,2016,42(6):202-207.

[3] 沈瑛,梁天锡,朱培良,等. 稻瘟菌对三环唑的抗药性研究——逐代诱导菌株的分离及其致病性的比较[J]. 植物保护,1993,19(3):4-5.

[4] 程武俊. 10%四氯虫酰胺悬浮剂防治稻纵卷叶螟大田示范药效评价[J]. 安徽农学通报,2018,24(5):62-63.

[5] 闫超,陈晓玲,陈礼浪,等. 6 种药剂对海南设施甜瓜蓟马的防治效果[J]. 中国瓜菜,2020,33(5):49-52.

[6] 陈洁琼,江瑛,陈琼,等. 唑虫酰胺对小菜蛾的亚致死效应研究[J]. 江西农业大学学报,2014,36(5):1048-1053.

[7] 何佳春,李波,谢茂成,等. 新烟碱类及其他稻田杀虫剂对褐飞虱的室内药效评价[J]. 中国水稻科学,2019,33(5):467-478.

[8] 车喜庆,桑海旭,王井士,等. 滨海稻区稻瘟病发生动态及田间药效评价[J]. 中国稻米,2019,25(2):103-105.

[9] 兰杰,梁博,单忠刚,等. 20%烯肟菌胺·戊唑醇悬浮剂防治稻瘟病田间试验[J]. 农药,2010,49(11):842-843.

[10] 梁梦琦. 长江中下游稻区稻瘟病菌对稻瘟灵和吡唑醚菌酯的抗性监测[D]. 北京:中国农业科学院,2018.

[11] 陈秋芳，尹惠平，李伟兵，等. 湖南省水稻二化螟防治药剂筛选研究初报[J]. 中国植保导刊，2017,37(11)：55－57.

[12] 农业部农药检定所. 农药田间药效试验准则(一)杀菌剂防治水稻纹枯病：GB/T17980.20-2000[S]. 北京：中国标准出版社，2000.

[13] 农业部农药检定所. 农药田间药效试验准则(一)杀菌剂防治水稻叶部病害：GB/T17980.19-2000[S]. 北京：中国标准出版社，2000.

[14] 赵平，严秋旭，李新，等. 双酰胺类杀虫剂的现状与展望[J]. 农药科学与管理，2015,36(11)：23－29.

[15] 张帅. 2017 年全国农业有害生物抗药性监测结果及科学用药建议[J]. 中国植保导刊，2018,38(4)：52－56.

[16] 赵丹丹，周丽琪，张帅，等. 二化螟对双酰胺类杀虫剂的抗药性监测和交互抗性研究[J]. 中国水稻科学，2017,31(3)：307－314.

[17] 张帅，舒宽义，黄向阳，等. 水稻二化螟抗药性治理的田间试验研究[J]. 中国植保导刊，2017,37(8)：61－64.

[18] 张一宾. 新颖杀虫杀螨剂——唑虫酰胺[J]. 世界农药，2003,25(6)：43－45.

[19] 王青青，柳璇，姜蔚，等. 唑虫酰胺的残留研究进展及发展趋势[J]. 农药，2016,55(8)：557－560.

[20] 罗鸿，张强，崔清梅，等. 唑虫酰胺在恩施地区防治小绿叶蝉的示范效果[J]. 中国茶叶，2016,38(4)：20－21.

[21] 吴华新，韩敏晖，蒋开杰. 15%唑虫酰胺乳油对抗性小菜蛾的田间防治效果[J]. 农药，2007,46(10)：707－708.

[22] WANG Yanhua，GAO Congfen，XU Zhiping，et al. Buprofezin susceptibility survey，resistance selection and preliminary determination of the resistance mechanism in *Nilaparvata lugens*（Homoptera：Delphacidae）[J]. Pest Management Science，2008,64(10)：1050－1056.

[23] 李淑勇，刘学，高聪芬，等. 防治水稻白背飞虱高毒农药替代药剂的室内筛选及对吡虫啉的抗性风险评估[J]. 中国水稻科学，2009,23(1)：79－84.

[24] 刘泽文，张懿熙，姚香梅，等. 褐飞虱对吡虫啉的抗性机理和靶标分子毒理学[J]. 昆虫学报，2010,53(6)：683－688.

[25] ZHANG Xiaolei，LIU Xiangyang，ZHU Fuxing，et al. Field evolution of insecticide resistance in the brown planthopper（*Nilaparvata lugens* Stål）in China [J]. Crop Protection，2014,58：61－66.

[26] 彭波，司树鼎，栾炳辉，等. 山东省主要苹果产区苹果黄蚜抗药性水平监测[J]. 中国果树，2010(5)：48－51.

[27] 王立，崔丽，王芹芹，等. 氟啶虫胺腈的杀虫作用机理及亚致死剂量影响昆虫生殖的研究进展[C]//陈万权：绿色植保与乡村振兴—中国植物保护学会 2018 年学术年会论文集. 北京：中国农业科学技术出版社，2018.

[28] SPARKS T C，WATSON G B，LOSO M R，et al. Sulfoxaflor and the sulfoximine insecticides：Chemistry，mode of action and basis for efficacy on resistant insects [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology，2013,107(1)：1－7.

[29] 张亦冰. 新颖杀虫剂——氟啶虫酰胺[J]. 世界农药，2010,32(1)：54－56.

[30] 吴春梅，何木兰，石丙楼，等. 50%氟啶虫酰胺水分散粒剂防治水稻稻飞虱田间药效试验[J]. 安徽农学通报，2016,22(6)：92－131.

[31] 胡春锦，李杨瑞，黄思良. 水稻抗纹枯病的研究新进展[J]. 中国农学通报，2004(2)：186－189.

[32] 陈祖佑. 水稻纹枯病的历史、现状和发生趋势[J]. 生物灾害科学，1986(4)：13－14.

[33] WANG Ling，LIU Lianmeng，WANG Zhigang，et al. Genetic structure and aggressiveness of *Rhizoctonia solani* AG1-IA，the cause of shealth blight of rice in southern China [J]. Journal of Phytopathology，2013,161(11/12)：753－762.

[34] WU Wei，LIAO Yuncheng，SHAH F，et al. Plant growth suppression due to sheath blight and the associated yield reduction under double rice-cropping system in central China [J]. Field Crops Research，2013,144：268－280.

[35] 王文桥，韩秀英，张小风，等. 防治小麦纹枯病的杀菌剂筛选[J]. 华北农学报，2007(S2)：230－234.

[36] 张灿，高续恒，周俞辛，等. 线粒体呼吸链复合物Ⅲ抑制剂作用机制和抗性分子机制研究进展[J]. 农药学学报，2019,21(S1)：747－758.

[37] 芦志成，张鹏飞，李慧超，等. 中国农药创制概述与展望[J]. 农药学学报，2019,21(S1)：551－579.

[38] 车喜庆，桑海旭，王井士. 几种杀菌剂对水稻纹枯病及稻瘟病田间药效评价[J]. 北方水稻，2018,48(1)：22－24.

（责任编辑：田　喆）

（上接 290 页）

[29] 任莉，陈坤荣，刘凡，等. 有机硅助剂对咪鲜胺防治油菜菌核病的增效作用[J]. 江西农业学报，2013,25(10)：47－50.

[30] 高峰，王磊，冷鹏，等. 苹果炭疽叶枯病发生规律及综合防控技术[J]. 农业科技通讯，2019(6)：342－345.

[31] 王金翠，张英，温吉利，等. 华北平原气候时空演变特征[J]. 现代地质，2015,29(2)：299－306.

[32] 杨学茹，黄艳琴，谢庆兰. 农药助剂用有机硅表面活性剂[J]. 有机硅材料，2002，16(2)：25－29.

[33] 张蕊，孙宇，杨石有，等. 有机硅助剂对 10 种杀菌剂防治鸡蛋花锈病的增效作用[J]. 植物保护，2020，46(4)：223－227.

[34] 张忠亮，李相全，王欢，等. 六种有机硅助剂对氟磺胺草醚的增效作用及其增效机理初探[J]. 农药学报，2015，17(1)：115－118.

（责任编辑：田　喆）