

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2018.03.010

小型植保无人机超低量喷雾防治稻水象甲

王小武^{1,2}, 丁新华², 付开赞², 吐尔逊·阿合买提², 黄红梅³, 木拉提·塔里木别克³, 何江², 郭文超^{1*}
¹新疆农业科学院微生物应用研究所/新疆特殊环境微生物实验室, 新疆 乌鲁木齐 830091;
²新疆农业科学院植物保护研究所/农业部西北荒漠绿洲作物有害生物综合治理重点实验室,
新疆 乌鲁木齐 830091; ³伊宁县农业技术推广中心, 新疆 伊宁 835100

摘要:【目的】通过建立适宜新疆荒漠绿洲特殊生态环境的稻水象甲超低量喷雾技术,为稻水象甲的大面积统防统治提供新型施药技术。【方法】以小型遥控多旋翼植保无人机(UAV)为施药机械,以稻水象甲常规喷雾防效大于90%的药剂为首选药剂,开展了药剂、施药量、助剂以及施药机型的筛选试验。【结果】施药后3、7、14和21 d虫口密度高于防治指标的样地所占比例依次为35.71%、21.43%、35.71%和78.57%。30%氯虫·噻虫嗪187.5 mL·hm⁻²防效最佳,14 d药效高达93.43%;药后21 d,球孢白僵菌3000 mL·hm⁻²的防效最高,达84.65%。各药剂施药量与防效呈正相关。此外,UAV喷雾防治稻水象甲时,添加助剂的平均防效可提高22.29%~28.49%。【结论】在农业精准施药、绿色生产中,综合考虑供试药剂的施药量、持效期、防效和药后存活虫量,建议以30%氯虫·噻虫嗪SC和14%氯虫·高氯氟CS作为全程以UAV为施药机械防治稻水象甲的首选药剂,在稻水象甲种群发展前中期优先考虑低浓度施药量;同时,为避免UAV在实际作业中药液雾滴发生飘失和流失问题,可以考虑添加飞防助剂提升防效。

关键词: 稻水象甲; 植保无人机; 药剂筛选; 田间防效

Prevention and control of the rice water weevil *Lissorhoptrus oryzophilus* (Coleoptera: Curculionidae) by ultra-low volume spray of plant protection UAV

WANG Xiaowu^{1,2}, DING Xinhua², FU Kaiyun², TURSUN · Ahmat², HUANG Hongmei³,
MULATI · Talimubieke³, HE Jiang², GUO Wenchao^{1*}
¹Microbial Application Institute, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences/Xinjiang Special Environmental Microbiology Laboratory, Urumqi, Xinjiang 830091, China; ²Research Institute of Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Intergraded Management of Harmful Crop Vermin of China North-western Oasis, Ministry of Agriculture, Urumqi, Xinjiang 830091, China; ³Yining Agricultural Technology Extension Center, Yining, Xinjiang 835100, China

Abstract: 【Aim】In order to control rice water weevil overlarge areas, a new ultra-low volume spraying technology was developed, and tested under the special environmental conditions of a Xinjiang desert oasis. 【Method】Selecting and optimizing experiments including pesticides, spray rates, adjuvants and spray equipment were carried out by using a remote-controlled multi-rotor plant protection sprayer as pesticide application machine and conventional pesticides for controlling rice water weevil whose efficiency was higher than 90% as the first agents. 【Result】After pesticide application for 3 d, 7 d, 14 d, and 21 d, the proportion of plots where the density of insect populations was higher than the damage threshold was 35.71%, 21.43%, 35.71%, and 78.57%, respectively. The best control effect (93.43%) was achieved by 30% chlorfenapyr and thiamethoxam with the dosage of 187.5 mL·hm⁻² after 14 d of pesticide application. After pesticide application for 21 d, the control effect by *Beauveria bassiana* with the dosage of 3000 mL·hm⁻² was the highest(84.65%). The spray rate of each agent was positively correlated with the control effect. In addition, when UAV spray was used to control rice weevil, the average control effect of adding adjuvants could increase 22.29%–28.49%. 【Conclusion】To achieve precision while minimising pesticide use, it is recommended that 30% chlorfenidil and thiamethoxam SC and

收稿日期(Received): 2018-06-21 接受日期(Accepted): 2018-07-22
基金项目: 新疆维吾尔自治区创新环境(人才、基地)建设专项——自然科学基金(2017D01B29)
作者简介: 王小武, 男, 硕士研究生。研究方向: 农业昆虫与害虫防治。E-mail: wxw303528@163.com
* 通信作者(Author for correspondence), E-mail: gwc1966@163.com

14% chlorfenidil and high chlorofluorocarbon CS were the first choices against the rice water weevil. In the early and middle development of the rice water weevil population, low-concentration applications were sufficient.

Key words: *Lissorhoptrus oryzophilus*; epvo unmanned aerial vehicle (UAV); insecticide selection; field control

稻水象甲 *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel 是新疆水稻的主要害虫,截至 2017 年初,该象甲已扩散至新疆 4 个地州市的 10 个县市区及新疆建设兵团 2 个师的 4 个团场。在新疆水稻主产区稻水象甲一年发生 1 代,以成虫越冬;成虫主要沿叶脉啃食水稻叶片,幼虫取食根部,从而影响水稻的分蘖,进而延长其生育期,最后影响产量。其危害一般可使水稻减产 10%~30%,严重时可能造成绝收(王小武,2017)。稻水象甲的防治遵循“强化检疫,科学监测,精准防控”的原则,采取以环境友好型化学防治技术为核心,集农业防治、物理防治、生物防治、生态调控等诸多技术相协调的综合防控技术(王小武,2017)。在农业防治方面,因稻水象甲的发生与水条件的关系密切,合理的水层管理(适时排水晒田、重晒田或推迟灌溉时间)有利于抑制稻水象甲种群的发生(王小武,2017;朱晓敏等,2015;Stout et al.,2000);在物理防治方面,为防止稻水象甲成虫活动期随灌溉水传播蔓延,在发生区稻田的出水口设置拦截网(孔径小于或等于 0.5 mm)可限制稻水象甲传播(王小武,2017),也可利用稻水象甲的趋光性,进行黑灯光诱集(王维超,2012;朱晓敏等,2015);在化学防治方面,5%丁硫克百威 GR 对稻水象甲幼虫的防效较好(何永福等,2013;张斌等,2012),5%氯虫苯甲酰胺 SC 和阿维·氟酰胺 SC、1.5%除虫菊素 AS、7.5%鱼藤酮 EC 和 6%乙基多杀菌素 SC 对稻水象甲的防治效果较好(冯明友等,2013;王小武等,2017a);在生物防治方面,3.5×10¹³孢子·hm⁻²绿僵菌 MaL03、100 亿孢子·mL⁻¹白僵菌 OD 对稻水象甲成虫 5~7 d 和 1~15 d 的防效依次为 60%~80% 和 48.26%~82.55%(王小武等,2017a;朱晓敏等,2015)。

目前,新疆在稻水象甲等本地重要农林靶标害虫相关施药技术/植保作业方面仍以传统作业方式为主(手动式、人工背负式、拖拉机、高架车等施药机械);而传统作业方式费时费力费人工、作业困难、施药成本高,与此同时,因农药不合理使用、使用量逐年递增,传统植保机械施药存有“跑、漏、冒、滴”、效率及安全性能低下等问题,使得喷洒的药液

60%间接流入到土壤、环境中,这给我国农业生态安全带来了严峻挑战(陈晓明等,2016;高云飞,2016;中华人民共和国农业部,2015)。因此,传统作业方式已难以适应迅速有效控制暴发性重大病虫害的要求,也已成为制约实现水稻全程机械化目标的主要技术瓶颈。植保无人机(unmanned aerial vehicle,UAV)具作业效率高、适用能力强、安全性能高等特点,且避免了喷洒作业人员暴露于农药的危险,旋翼产生的向下气流有助于增加雾流对作物的穿透性而增强了防治效果(茹煜等,2012;王小武,2017)。但是,新疆在无人机施药技术研究方面起步较晚,与国内外相关领域研究差距较大。为此,研究适宜密植型、高秆型作物的新型施药技术迫在眉睫。

本研究以全自助、手控 UAV 为施药机械,选取 2 种飞防专用助剂,以混配稻田常规喷雾防治稻水象甲防效介于 85%~95%的药剂(20%氯虫苯甲酰胺悬浮剂)为首选药剂,研究符合新疆水稻生产实际的稻水象甲防控技术(药剂、助剂和施药机械),以期将化学农药用量控制在最低限度,持续有效地控制该虫的发生与扩散(王小武,2017),最终为新疆密植型、高秆型作物的安全生产提出技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验地点

新疆伊犁州察布查尔县那达齐乡(E80°9'42"-91°01'45",N40°14'16"-49°10'45"),土地肥力中等。2016 年 4 月 13 日开始育秧,5 月 19—26 日移栽。于水稻抽穗开花期,第 1 代稻水象甲虫口密度高于防治指标 5.82 头·m⁻²时,选择播期基本一致、土质及水肥管理等栽培条件相同、水稻长势和稻水象甲发生相似、未进行化学防虫的水稻田进行试验。

1.2 材料

1.2.1 供试水稻品种 农林 315。

1.2.2 供试药剂 20%氯虫苯甲酰胺 SC,美国杜邦公司;22%噻虫·高氯氟 CS,先正达(苏州)作物保护有限公司;6%阿维·氯苯酰 SC,先正达(苏州)作物保护有限公司;14%氯虫·高氯氟 CS,先正达(苏州)作物保护有限公司;30%氯虫·噻虫嗪

SC,先正达(苏州)作物保护有限公司;1.2%烟碱·苦参碱 EC,北京鑫农科技有限公司;100 孢子·mL⁻¹球孢白僵菌 OF,山西省科谷生物农药有限公司。

1.2.3 飞防助剂 10%脂肪醇乙氧基化物,深圳诺普信农化股份有限公司;15%有机硅聚氧乙烯醚化合物,北京广源益农化学有限责任公司。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 用小型无人机 3WTXC6-3 型(简称“全自动 UAV1”)和 3WTXC8-5 型(简称“手控 UAV2”)(四川驼峰通用航空有限公司)进行作业,

其机型的具体技术参数详见表 1。试验前用彩旗区分出小区边界顶点;先将一架次所需农药、飞防专用助剂加入配药罐内一次性配好后直接加入飞机药箱,使用前充分搅拌。试验共设 20 个处理(含清水对照),各处理药液及其用量详见表 2。每个小区面积为 1333.4 m²,重复 3 次,各小区随机区组排列。每个处理 4000.2 m²,处理间留约 3 m 的空白区(不喷药)。于 2016 年 8 月 3 日下午 19:00 时(无风)进行一次性施药。

表 1 直升飞机喷药技术参数(2016 年,新疆伊犁)
Table 1 Technical parameters of helicopter spraying in Yili, Xinjiang, 2016

机型 Helicopter type	喷头流量 Nozzle flow/ (mL·min ⁻¹)	雾滴直径 Drop diameter/ μm	喷幅宽度 Spray width/ m	飞行速度 Flight speed/ (m·s ⁻¹)	最大施药量 Maximum application rate/L	飞行时间 Flight duration/ min	每架次喷洒面积 Spray area/hm ²
3WTXC6-3 型(二喷头) 3WTXC6-3 (two nozzle)	150~500	50~200	2.0~3.0	0~8	5.0	8~15	0.35~0.60
3WTXC8-5 型(四喷头) 3WTXC8-5 (four nozzle)	300~1000	50~200	3.0~4.0	0~8	5.0	0~12	0.6~1.0

机型 Helicopter type	飞行高度 Flight altitude/ m	飞行半径 Flying radius/ m	喷洒高度 Spray height/ m	温度范围 Temperature range/ ℃	飞控增稳系统 Flight control stabilization system	可靠性有效度 Reliability effectiveness/%
3WTXC6-3 型(二喷头) 3WTXC6-3 (two nozzle)	0~200	0~300	0.5~5.0	-5~45	GPS 定位,超标准稳定系统 GPS positioning, super standard stability system	≥93
3WTXC8-5 型(四喷头) 3WTXC8-5 (four nozzle)	0~200	0~300	0.5~5.0	-5~45	GPS 定位,超标准稳定系统 GPS positioning, super standard stability system	≥93

1.3.2 调查方法 每个小区设置 5 个样点,每个样点 1 m²,每个样点通过直接观察法调查 10 株,采用“Z”字形取样(王小武等,2017b),每株统计水稻穗部和叶尖的虫量,共有 50 株。在喷药前对成虫基数进行调查,药后 3、7、14 和 21 d 调查活虫基数,调查时间为 18:00—22:00。

虫口减退率/%=(施药前活虫数-施药后活虫数)/施药前活虫数×100

防治效果/%=(处理区虫口减退率-对照区虫口减退率)/(100-对照区虫口减退率)×100

1.4 数据分析

采用 Microsoft office Excel 2010 计算虫口减退率、平均防治效果,并统计药后 3、7、14 和 21 d 样地虫口密度高于防治指标的比例。采用 SPSS 20.0 统计分析软件对试验数据进行方差分析,显著性分析采用 Duncan 氏新复极差法,文中涉及的图形采用 OriginPro 8 软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 飞防药剂种类筛选情况分析

各处理间稻水象甲的药后虫口密度、虫口减退率以及防效差异均显著($P<0.05$)(图 1,表 3)。

虫口密度方面:施药前各处理的虫口密度均高于防治指标(新疆稻区稻水象甲的防治指标为 5.82 头·m⁻²),施药后 3、7、14 和 21 d 虫口密度高于防治指标的样地所占比例依次为 35.71%、21.43%、35.71%和 78.57%。100 孢子·mL⁻¹球孢白僵菌 OF(药液量为 2250 和 3000 mL·hm⁻²)处理后,3、7、14 和 21 d 稻水象甲虫口密度均较高,依次为(21.2±1.1081)和(19.7±3.4026)头·m⁻²、(16.6±1.6424)和(13.1±0.7662)头·m⁻²、(11.9±1.1837)和(6.4±1.0686)头·m⁻²、(16.0±1.1902)和(11.6±0.8012)头·m⁻²,而处理 1~11,药后 3、7、14 和 21 d 稻水象甲虫口密度介于 1.2~12.0 头·m⁻²(图 1)。

表 2 稻水象甲飞防各处理药剂及施药情况 (2016 年,新疆伊犁)
Table 2 Characteristics of pesticide applications against *Lissorhoptrus oryzophilus* in Yili, Xinjiang, 2016

处理编号 Treatment No.	药剂 Pesticide	施药剂量 Dosage/ (mL · hm ⁻²)	兑水量 Water added/ (mL · hm ⁻²)	助剂种类 Type of additive	助剂用量 Aided agents amout/ (mL · hm ⁻²)
1	20% 氯虫苯甲酰胺 SC 20% chlorantraniliprole SC	150	1500	—	300
2	22% 噻虫 · 高氯氟 CS 22% thiamethoxam · cyhalothrin CS	225	1500	—	300
3	22% 噻虫 · 高氯氟 CS 22% thiamethoxam · cyhalothrin CS	300	1500	—	300
4	6% 阿维 · 氯苯酰 SC 6% avermectin · chlorantraniliprole SC	450	1500	—	300
5	6% 阿维 · 氯苯酰 SC 6% avermectin · chlorantraniliprole SC	600	1500	—	300
6	14% 氯虫 · 高氯氟 CS 14% chloramphenicol · chlorofluoride CS	150	1500	—	300
7	14% 氯虫 · 高氯氟 CS 14% chloramphenicol · chlorofluoride CS	187.5	1500	—	300
8	30% 氯虫 · 噻虫嗪 SC 30% chlorantraniliprole · thiamethoxam SC	150	1500	—	300
9	30% 氯虫 · 噻虫嗪 SC 30% chlorantraniliprole · thiamethoxam SC	187.5	1500	—	300
10	1.2% 烟碱 · 苦参碱 EC 1.2% nicotine · matrine EC	1500	1500	—	300
11	1.2% 烟碱 · 苦参碱 EC 1.2% nicotine · matrine EC	2250	1500	—	300
12	100 孢子 · mL ⁻¹ 球孢白僵菌 OF 100 spores · mL ⁻¹ <i>Beauveria bassiana</i> OF	2250	1500	—	300
13	100 孢子 · mL ⁻¹ 球孢白僵菌 OF 100 spores · mL ⁻¹ <i>Beauveria bassiana</i> OF	3000	1500	—	300
14	20% 氯虫苯甲酰胺 SC 20% chlorantraniliprole SC	187.5	350	助剂 1 Additive 1	300
15	20% 氯虫苯甲酰胺 SC 20% chlorantraniliprole SC	187.5	350	助剂 2 Additive 2	150
16	20% 氯虫苯甲酰胺 SC 20% chlorantraniliprole SC	187.5	350	—	—
17	20% 氯虫苯甲酰胺 SC 20% chlorantraniliprole SC	187.5	1500	助剂 1 Additive 1	300
18	20% 氯虫苯甲酰胺 SC 20% chlorantraniliprole SC	187.5	1500	助剂 2 Additive 2	150
19	20% 氯虫苯甲酰胺 SC 20% chlorantraniliprole SC	187.5	1500	—	—
CK	清水 Water	—	1500	—	—

助剂 1 和助剂 2 分别为 10% 脂肪醇乙氧基化物和 15% 有机硅聚氧乙烯醚化合物;处理 14~16 和 17~19 施药机型分别为全自动 UAV1 和手控 UAV2。
Additive 1 and additive 2 are 10% fatty alcohol ethoxylates and 15% organosilicon polyoxyethylene compounds, respectively; Spray equipment of treatment No.14-16 and 17-19 were self-service UAV1 and manual UAV2, respectively.

防效方面:除 1.2% 烟碱 · 苦参碱 EC 外,其他各药剂药后 14 d 的防效达最高,21 d 后各药剂防效均有不同程度降低(表 3)。30% 氯虫 · 噻虫嗪 SC 药液量为 187.5 mL · hm⁻² 时防效最佳,14 d 药效高达 93.43%;14% 氯虫 · 高氯氟 CS(药液量为 187.5 和 150 mL · hm⁻²)、6% 阿维 · 氯苯酰 SC(药液量为 600 mL · hm⁻²)、100 孢子 · mL⁻¹ 球孢白僵菌 OF(药液量为 3000 mL · hm⁻²) 和 22% 噻虫 · 高氯氟 CS(药液量为 300 mL · hm⁻²) 的防效次之,药后 14 d 防效分别达 93.27%、92.44%、90.09%、89.71% 和 81.90%;1.2% 烟碱 · 苦参碱 EC(药液量为 1500 mL · hm⁻²) 和 1.2% 烟碱 · 苦参碱 EC(药液量为 2250 mL · hm⁻²) 药后 14 d 的防效也较为理想,分别为 79.89% 和 80.95%。此外,药后 21 d,100 孢子 · mL⁻¹ 球孢白僵菌 OF 药液量为 3000 mL · hm⁻² 的防效最高,达 84.65%;14% 氯虫 · 高氯氟 CS(药液

量为 187.5 mL · hm⁻²)、30% 氯虫 · 噻虫嗪 SC (药液量为 187.5 mL · hm⁻²)、1.2% 烟碱 · 苦参碱 EC (药液量为 2250 mL · hm⁻²) 和 6% 阿维 · 氯苯酰 SC (药液量为 600 mL · hm⁻²) 的防效则分别为 83.20%、79.97%、78.04% 和 77.77%。

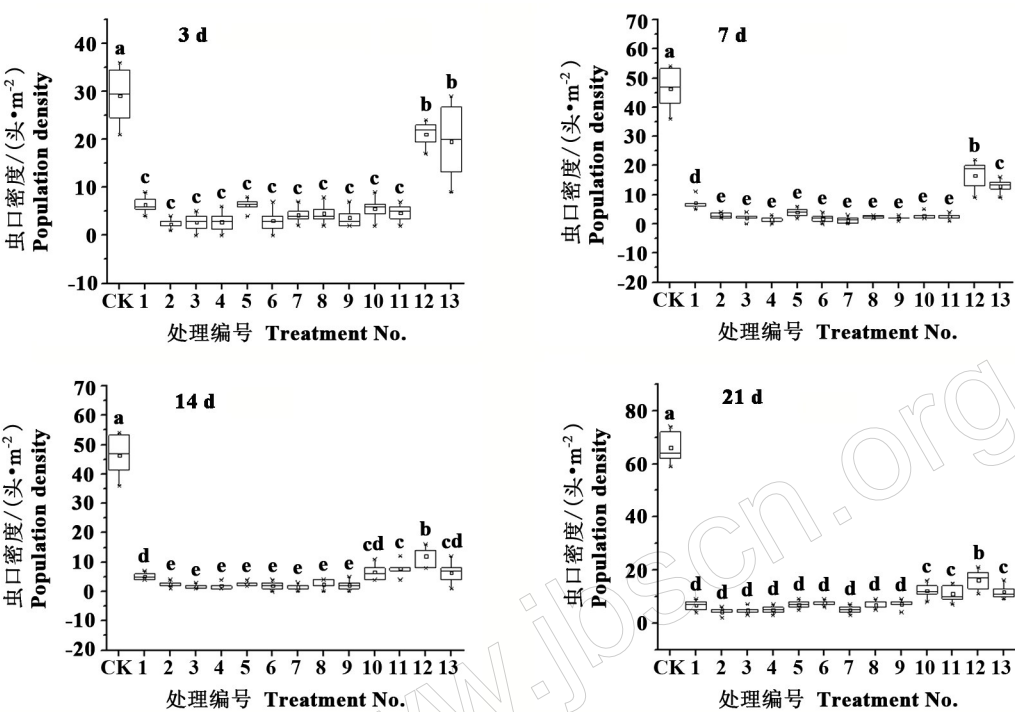


图 1 处理 1~13 施药后 3、7、14 和 21 d 的虫口密度 (2016 年,新疆伊犁)

Fig.1 Population density of *Lissorhoptrus oryzophilus* after pesticide applications for 3 d, 7 d, 14 d, and 21 d in Yili, Xinjiang, 2016

表 3 不同飞防药剂种类施药后的虫口减退率和防效 (2016 年,新疆伊犁)

Table 3 Reduction rate and control effect after different pesticide applications against *Lissorhoptrus oryzophilus* in Yili, Xinjiang, 2016

处理编号 Treatment No.	3 d		7 d		14 d		21 d	
	虫口减退率	防效	虫口减退率	防效	虫口减退率	防效	虫口减退率	防效
	Reduction rate/ %	Control effect/ %	Reduction rate/ %	Control effect/ %	Reduction rate/ %	Control effect/ %	Reduction rate/ %	Control effect/ %
1	42.94	37.40e	37.87	57.24d	55.62	74.18b	7.27	55.13d
2	42.86	37.31e	32.54	53.58d	41.80	66.14c	-3.17	50.07d
3	45.71	40.44d	56.67	70.18c	68.89	81.90b	4.44	53.76d
4	40.97	35.24e	67.59	77.70c	58.33	75.76b	-6.48	48.47e
5	57.78	53.68c	74.07	82.16b	82.96	90.09a	54.07	77.77b
6	80.52	78.63a	87.94	91.70a	87.01	92.44a	50.22	75.91b
7	70.24	67.35b	90.74	93.63a	88.43	93.27a	65.28	83.20a
8	66.95	63.74b	81.93	87.56ab	82.33	89.72a	51.81	76.68b
9	79.84	77.88a	88.71	92.23a	88.71	93.43a	58.60	79.97a
10	69.05	66.04b	84.92	89.62a	65.43	79.89b	32.72	67.44c
11	80.15	78.22a	88.95	92.39a	67.25	80.95b	54.62	78.04ab
12	-25.56	37.76e	1.79	32.41e	29.47	58.97d	5.08	54.07d
13	46.01	40.77d	63.97	75.21c	82.31	89.71a	68.28	84.65a
CK	8.85	-	-45.31	-	-71.88	-	-106.64	-

同列数据后附不同字母者表示在 0.05 水平上差异显著 (邓肯氏新复极差法)。
Different letters after numbers in the same column mean significant differences at 0.05 level tested by Duncan's new multiple rage tests.

施药量方面:各药剂施药量与防效呈正相关,即施药量越大,防效越强。药后 21 d,100 孢子 · mL⁻¹球孢白僵菌 OF (施药量为 3000 mL · hm⁻²)、14% 氯虫 · 高氯氟 CS (施药量为 187.5 mL · hm⁻²)、30% 氯虫 · 噻虫嗪 SC (施药量为 187.5 mL · hm⁻²) 和 1.2% 烟碱 · 苦参碱 EC (施药量为 2250

mL · hm⁻²) 防效差异不显著 ($P>0.05$), 但均高于 78.04% (表 3)。

2.2 飞防机型及专用助剂种类筛选情况分析

5250 mL · hm⁻² 兑水量的全自助 UAV1 与 15000 mL · hm⁻² 兑水量的手控 UAV2 相比, 药后虫口密度、防效差异不显著 ($P>0.05$) (图 2, 表 4)。由表 4 可知, 对于全自助 UAV1, 添加助剂 300 mL · hm⁻² 时, 可使其药后 3、7、14 和 21 d 的防效显著

提升 20.60%~33.24%, 平均提高 28.49%; 添加助剂 150 mL · hm⁻² 时, 可使其药后 3、7、14 和 21 d 的防效显著提升 2.00%~33.15%, 平均提高 22.29%。对于手控 UAV2, 添加助剂 300 mL · hm⁻² 时, 可使其药后 3、7、14 和 21 d 的防效显著提升 1.05%~33.75%, 平均提高 23.51%; 添加助剂 150 mL · hm⁻² 时, 可使其药后 3、7、14 和 21 d 的防效显著提升 15.06%~34.08%, 平均提高 27.33%。

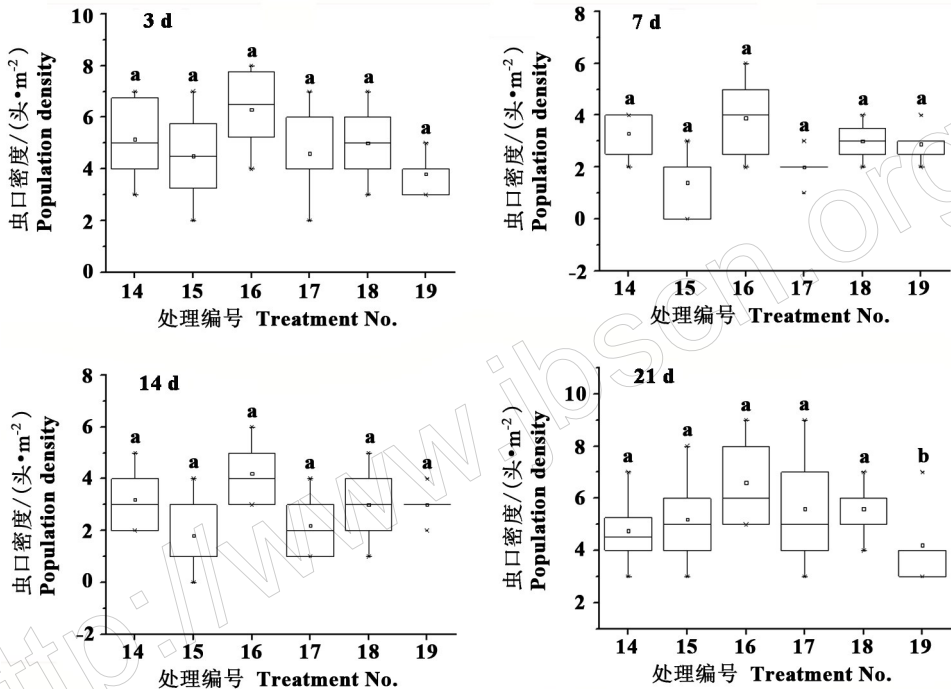


图 2 添加不同助剂后 3、7、14 和 21 d 的虫口密度 (2016 年, 新疆伊犁)

Fig.2 Population density of *Lissorhoptrus oryzophilus* after addition of different adjuvants for 3 d, 7 d, 14 d and 21 d in Yili, Xinjiang, 2016

处理 14~16 和 17~19 施药机型分别为全自助 UAV1 和手控 UAV2。

Spray equipment of treatment No.14~16 and 17~19 were self-service UAV1 and manual UAV2, respectively.

表 4 添加飞防专用助剂后的虫口减退率和防效 (2016 年, 新疆伊犁)

Table 4 Reduction rate and control effect against *Lissorhoptrus oryzophilus* after addition of different adjuvants in Yili, Xinjiang, 2016

处理编号 Treatment No.	3 d		7 d		14 d		21 d	
	虫口减退率	防效	虫口减退率	防效	虫口减退率	防效	虫口减退率	防效
	Reduction rate/ %	Control effect/ %	Reduction rate/ %	Control effect/ %	Reduction rate/ %	Control effect/ %	Reduction rate/ %	Control effect/ %
14	54.28	49.84a	70.92	79.99b	71.48	83.41a	57.96	79.66a
15	27.42	20.37c	79.26	85.73a	71.33	83.32a	17.56	60.11b
16	17.42	18.37c	48.63	55.92c	47.33	50.17b	15.56	46.60d
17	24.73	17.42c	67.27	77.48b	67.27	80.96a	7.27	55.13c
18	37.50	31.43b	62.50	74.19b	65.28	79.80a	27.78	65.05b
19	18.42	16.37c	38.26	43.73d	31.33	49.32b	5.56	30.97e
CK	8.85	-	-45.31	-	-71.88	-	-106.64	-

处理 14~16 和 17~19 施药机型分别为全自助 UAV1 和手控 UAV2。同列数据后附不同字母者表示在 0.05 水平上差异显著 (邓肯氏新复极差法)。

Spray equipment of treatment No.14~16 and 17~19 were self-service UAV1 and manual UAV2, respectively. Different letters after numbers in the same column mean significant differences at 0.05 level tested by Duncan's new multiple rage tests.

综上,添加飞防专用助剂可使稻水象甲田间防效显著提升 22.29%~28.49%。其中,对于全自助 UAV1 建议添加助剂 300 mL·hm⁻²,其平均防效提升 28.49%;对于手控 UAV2 则建议添加助剂 150 mL·hm⁻²,其平均防效提升 27.33%。

3 讨论与结论

目前,稻水象甲化学防治中常用的杀虫剂单剂有双酰胺类、拟除虫菊酯类、新烟碱类、氨基甲酸酯类、缩氨基脲类、有机磷、沙蚕毒素类和大环内酯抗生素类等(高俊全等,2010;罗志英等,2010;王小武等,2017a;叶照春等,2012;张斌等,2012;周小玲等,2016),其中,双酰胺类和新烟碱类杀虫剂最常用。氯虫苯甲酰胺为作用于鱼尼丁受体的双酰胺类杀虫剂,不仅对鳞翅目害虫高效(郑雪松等,2012),还对鞘翅目害虫具有较强的防效。如 20% 氯虫苯甲酰胺 SC 和 20% 氯虫·噻虫嗪 SC 药后 7 d 对稻水象甲成虫的防效达到 100%(周小玲等,2016),40% 氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪 WG 是比较理想的防治稻水象甲的药剂(张国良等,2011),5% 氯虫苯甲酰胺 SC 和阿维·氟酰胺 SC 对稻水象甲具有较好的防效(冯明友等,2013),40% 氯虫·噻虫嗪 WG 对稻水象甲幼虫有较好的防效(张斌等,2012)。新烟碱类杀虫剂作为烟碱乙酰胆碱受体(nAChRs)的激动剂,对昆虫神经系统 nAChRs 选择性地起作用,已被作为新疆北部县市鞘翅目昆虫防治的首选药剂(卢伟平等,2011);陈小均等(2014)研究发现,吡虫啉对稻水象甲幼虫的防效优于成虫。本试验结果显示,水稻抽穗开花期不同药剂喷雾防治稻水象甲药后 3、7、14 和 21 d 的防效差异显著。其中,30% 氯虫·噻虫嗪(双酰胺类和新烟碱类复配剂)、14% 氯虫·高氯氟(双酰胺类和拟除虫菊酯类复配剂)、6% 阿维·氯苯酰 SC(大环内酯抗生素类和双酰胺类复配剂)、1.2% 烟碱·苦参碱 EC(新烟碱类和植物源类复配剂)和 100 孢子·mL⁻¹球孢白僵菌 OF 对稻水象甲均具有较理想的防治效果,这与前人研究结果(王小武等,2017a;张国良等,2011;周小玲等,2016)基本一致。此外,与其他药剂相比,14% 氯虫·高氯氟 CS、30% 氯虫·噻虫嗪 SC 和 1.2% 烟碱·苦参碱 EC 药后 3~21 d 持效期较长,且防效均高于 63.74%。综合考虑供试药剂的施药量、持效期、防效和药后存活虫量,建议在生产中交替使用 14% 氯虫·高氯氟 CS 和 30% 氯

虫·噻虫嗪 SC 来防治稻水象甲。

植保无人机因其施药效率高、作业时不损伤作物和劳动强度低,是一种重要且及时有效的施药机械(薛新宇等,2013)。高圆圆等(2013a)研究表明,植保无人机超低量喷雾防治小麦吸浆虫 *Sitodiplosis mosellana* (Gehin),防效可达 81.6%;同一药剂相同剂量加不同助剂,其防效也存在差异;同时,高圆圆等(2013b)认为,喷雾高度 2.5 m 时 10% 毒死蜱超低容量液剂的防治效果最好,高达 80.7%。薛新宇等(2013)、荀栋等(2015)均认为,水稻孕穗期飞机防治稻飞虱 *Nilaparvata lugens* Stal、稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee、纹枯病 *Thanatephorus cucumeris* 等整体效果优于传统防治。刘慧强等(2014)认为,在农药用药量相同时,加入 5 g 飞防专用助剂,药后 7 和 15 d 的防效依次为 70.34% 和 86.88%。本研究表明:不同机型(全自助、手控 UAV)和添加 2 种不同助剂进行低空低量高浓度喷雾防治稻水象甲的效果差异不显著;与常规 UAV 喷雾相比,添加助剂后,稻水象甲田间防效显著提升 22.29%~28.49%。

综上所述,在新疆荒漠绿洲特殊生态环境下,全自助、手控 UAV 均可作为防治稻水象甲的施药机械。本试验供试 7 种药剂中,30% 氯虫·噻虫嗪 SC 和 14% 氯虫·高氯氟 CS 可作为全程以 UAV 为施药机械防治稻水象甲的首选药剂;考虑到施药成本,建议在稻水象甲种群发展的前中期优先选用低浓度的施药量;同时,为避免 UAV 在实际作业中药液雾滴发生飘失和流失问题,可以考虑添加飞防助剂提升防效;而 6% 阿维·氯苯酰 SC、1.2% 烟碱·苦参碱 EC 和 100 孢子·mL⁻¹球孢白僵菌 OF 可作为备选药剂。

参考文献

- 陈小均,廖国会,何海永,吴石平,何永福,杨学辉,谭清群,王莉爽,袁洁,2014. 吡虫啉和丁硫克百威拌种对稻水象甲的防控效果. 贵州农业科学, 42(9): 112~115.
- 陈晓明,王程龙,薄瑞,2016. 中国农药使用现状及对策建议. 农药科学与管理, 37(2): 4~8.
- 冯明友,冷云星,王庆伟,杨大勇,胡海,2013. 不同药剂对稻水象甲成虫和幼虫的防治效果. 贵州农业科学, 41(4): 80~82.
- 高俊全,孙宇,邢春强,宋烨华,2010. 几种中低毒杀虫剂

- 防治稻水象甲成虫的效果研究. 河北农业科学, 14(10): 48-49.
- 高圆圆, 张玉涛, 张宁, 牛亮, 郑万文, 袁会珠, 2013a. 小型无人机低空喷洒在小麦田的雾滴沉积分布及对小麦吸浆虫的防治效果初探. 作物杂志 (2): 139-142.
- 高圆圆, 张玉涛, 赵酉城, 李学辉, 杨代斌, 袁会珠, 2013b. 小型无人机低空喷洒在玉米田的雾滴沉积分布及对玉米螟的防治效果初探. 植物保护, 39(2): 152-157.
- 高云飞, 2016. 植保无人机, 或将成为推动农业植保升级的“蒸汽机”. 中国农村科技 (4): 52-55.
- 何永福, 廖国会, 袁洁, 陈小均, 李凤良, 程英, 江兆春, 胡吉锋, 张忠民, 2013. 不同药剂防治稻水象甲幼虫田间试验. 农药, 52(1): 60-62.
- 刘慧强, 董雪娟, 费朝品, 成月龙, 2014. 小型植保无人机施药防治稻飞虱的田间效果. 中国植保导刊, 34(1): 45-46.
- 卢伟平, 刘萍, 姜卫华, 李国清, 2011. 4种新烟碱类杀虫剂对马铃薯甲虫的触杀毒力比较. 农药, 50(2): 137-140.
- 罗志英, 曹伟雄, 胡辉庭, 2010. 多种药剂防治稻水象甲田间药效筛选试验. 硅谷 (4): 4, 3.
- 茹煜, 贾志成, 范庆妮, 车军, 2012. 无人直升机远程控制喷雾系统. 农业机械学报, 43(6): 47-52.
- 王维超, 2012. 稻水象甲发生规律与防治措施. 现代农业科技 (5): 209-210.
- 王小武, 2017. 新疆稻水象甲传播、扩散及防控技术研究. 硕士学位论文. 石河子: 石河子大学.
- 王小武, 丁新华, 吐尔逊·阿合买提, 付开赞, 何江, 付文君, 郭文超, 2017a. 不同生物药剂对稻水象甲的毒力、拒食活性及防效分析. 生物安全学报, 26(1): 68-74.
- 王小武, 丁新华, 吐尔逊, 付开赞, 何江, 李广阔, 高海峰, 白微微, 郭文超, 2017b. 新疆荒漠绿洲稻区稻水象甲幼虫、蛹的空间分布型及抽样技术. 西北农业学报, 26(9): 1385-1394.
- 薛新宇, 秦维彩, 孙竹, 张宋超, 周立新, 吴萍, 2013. N-3型无人直升机施药方式对稻飞虱和稻纵卷叶螟防治效果的影响. 植物保护学报, 40(3): 273-278.
- 荀栋, 张兢, 何可佳, 杨浩娜, 刘洋, 曹佳, 周庆, 2015. TH80-1 植保无人机施药对水稻主要病虫害的防治效果研究. 湖南农业科学 (8): 39-42.
- 叶照春, 张忠明, 何永福, 廖国会, 陈小均, 何海永, 吴石平, 江兆春, 胡吉峰, 袁洁, 2012. 防治稻水象甲成虫药剂室内筛选. 农药, 51(8): 611-615.
- 张斌, 耿坤, 余杰颖, 莫莉娅, 2012. 不同药剂防治稻水象甲幼虫田间试验初报. 农药科学与管理, 33(10): 57-59.
- 张国良, 彭孟军, 李忠良, 刘学仙, 张宗泽, 石年珍, 2011. 40%氯虫苯甲酰胺·噻虫嗪水分散粒剂防治稻水象甲效果研究. 现代农业科技 (6): 168-170.
- 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.
- 中华人民共和国农业部, 2015. 到2020年农药使用量零增长行动方案. 青海农技推广 (2): 3-5.
- 周小玲, 肖筱成, 熊健生, 曾敬富, 桂良杰, 黄翔, 颜秋梅, 刘林珠, 范小明, 2016. 防治水稻稻水象甲药剂筛选试验效果研究. 农技服务, 33(9): 90-91.
- 朱晓敏, 骆家玉, 田志来, 2015. 我国稻水象甲研究进展与展望. 吉林农业科学, 40(5): 79-84.
- STOUT M J, RICE W C, RIGGIO R M, RING D R, 2000. The effects of four insecticides on the population dynamics of the rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel. *Journal of Entomological Science*, 35(1): 48-61.

(责任编辑:杨郁霞)