

◆ 专论:植保无人机(特约稿) ◆

日本防治稻瘟病的航空植保登记药剂及其 对我国的启示

王冰洁, 潘波, 姜蕾*, 林勇*

(中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 农业农村部热带作物病虫害综合治理重点实验室, 海口 571101)

摘要:我国航空植保技术发展迅猛,对无人机飞防农药制剂的开发与应用提出新挑战,而我国航空植保药剂的研发还在起步阶段。日本航空植保药剂研发和应用水平居世界前列,对我国航空植保药剂选择、研发与应用具有十分重要的参考借鉴价值。本文介绍了日本防治水稻稻瘟病飞防药剂的种类、剂型和无人机施用量,并统计了这些药剂和剂型在国内的登记情况,以及我国不同药剂防治水稻稻瘟病的防效,最终筛选出有潜力成为我国防治水稻稻瘟病航空植保药剂——30%稻瘟灵水乳剂、2%春雷霉素可溶液剂、2%和4%的春雷霉素水剂、20%和40%三环唑悬浮剂、500 g/L甲基硫菌灵悬浮剂、22%春雷·三环唑悬浮剂、20%井冈·三环唑悬浮剂、7%春雷·井冈水剂,并为我国航空植保药剂的登记提出建议,为减少我国飞防药剂开发成本、降低用药风险及进一步拓宽我国飞防药剂的种类提供参考。

关键词:航空植保;无人机;飞防药剂;稻瘟病;剂型

中图分类号:S 48; TQ 455 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1671-5284.2023.03.008

Aviation Plant Protection Registered Agents Against Rice Blast in Japan and the Enlightenment for China

WANG Bingjie, PAN Bo, JIANG Lei*, LIN Yong*

(Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Key Laboratory of Integrated Pest Management of Tropical Crops, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Haikou 571101, China)

Abstract: In China, aviation plant protection technology is developing rapidly, presenting a new challenge to the research and application of plant protection unmanned aerial vehicles (UAVs) agents. However, the research and development of aviation plant protection agents in China are still in the initial stage. The research and development of Japanese aviation plant protection agents ranked among the world's highest. It has a significant reference value for selecting, developing and applying aviation plant protection agents in China. The types, formulations and application amount of UAVs for rice blast control in Japan were introduced, the registration situation of these agents and pesticide formulations, and the control effect of different agents against rice blast in China were analyzed in this study. Finally, we screened out the potential aviation plant protection agents for rice blast control, such as isoprothiolane 30% EW, kasugamycin 2% SL, kasugamycin 2%, 4% AS, tricyclazole 20%, 40% SC, 500 g/L thiophanate-methyl SC, kasugamycin and tricyclazole 22% SC, jinggangmycin and tricyclazole 20% SC, kasugamycin and validamycin 7% AS, and put forward some suggestions for Chinese aviation plant protection registered agents. It provided a reference for reducing the development cost and application risk, and further broadening the types of aerial protection agents in China.

Key words: aviation plant protection; unmanned aerial vehicles (UAVs); aerial protection agent; *Magnaporthe oryzae*; pesticide formulation

收稿日期:2022-10-18

基金项目:中国热带农业科学院基本科研业务费专项资金(1630042022015)

作者简介:王冰洁(1993—),女,河南濮阳人,硕士,助理研究员,主要从事农药毒理与现代施药技术研究。E-mail:wangbingjie1993@163.com

通信作者:姜蕾(1982—),女,山东青岛人,博士,副研究员,主要从事农药毒理与现代施药技术研究。E-mail:tina266045@126.com

共同通信作者:林勇(1964—),男,黑龙江鸡西人,博士,研究员,主要从事农药毒理与现代施药技术研究。E-mail:linyongty@163.com

随着我国农业现代化加速发展,植保无人飞机的应用越来越广泛^[1]。据全国农业技术推广服务中心统计,2021年我国植保无人飞机的保有量突破16万架,作业面积已经突破0.93亿hm²次^[2]。植保无人飞机已经广泛用于水稻、小麦、玉米、甘蔗、果树、茶树等农业生产中的病虫害防治,其中在大田作物上的应用最为广泛^[3-8]。但是目前我国大多使用常规药剂用于植保无人飞机施药,蒸发快和飘移风险大,容易发生药害^[9]。我国航空植保药剂的研发还在起步阶段,缺乏飞防专用药剂是我国航空植保的瓶颈,飞防用农药制剂的开发与应用成为新挑战。

日本是植保无人飞机飞防最成熟的国家,从20世纪90年代起,日本在大田作物、果树和蔬菜的病虫害防治上开始应用植保无人直升机^[10]。日本不仅在植保无人飞机作业安全方面积累了大量经验,而且航空植保药剂研发和应用水平也居世界前列,截至2021年3月,日本登记的航空植保药剂(包括不同农药、相同农药的不同剂型和含量、复配药剂)有293种^[11-12]。日本航空植保药剂主要是在已登记常规药剂中筛选并加工出适合航空植保作业的药剂,可以节约研发成本,对我国航空植保药剂选择、研发与应用,具有十分重要的参考借鉴价值。日本植保无人飞机在水稻上的应用最为广泛,占植保无人飞机使用面积的87%^[13],其80%左右航空植保药剂都是登记在水稻上^[11]。

水稻是世界上重要的粮食作物之一,稻瘟病是一种水稻生产上危害严重的真菌性病害,在水稻整个生长周期内均可发生,是制约水稻产量和品质的

重要因素之一^[14]。控制稻瘟病的发生对粮食生产安全至关重要。因此,本文以水稻稻瘟病为对象,综述了日本防治稻瘟病的药剂、剂型及其在我国的登记情况,并通过对我国已经发表关于植保无人飞机防治稻瘟病的研究,明确我国已登记的与日本同种类农药制剂,哪些可以直接或补充试验扩增为飞防药剂,对进一步拓宽国内在飞防上应用药剂的种类,减少开发成本和降低飞防药剂使用风险具有重要的指导意义。

1 日本登记用于防治水稻稻瘟病的飞防药剂

日本航空植保药剂研发和应用水平居世界前列,据日本农林水产航空协会《产业用无人航空飞机农药使用手册》显示^[11],日本登记用于防治水稻稻瘟病的飞防药剂单剂有10种(表1),主要有稻瘟灵、春雷霉素、三环唑、咯嗪酮、四氯苯酞、噻菌灵、醚菌酯、苯氧菌胺、替布氟唑、甲基硫菌灵;剂型主要是悬浮剂、粒剂、液剂和乳剂。登记的飞防药剂均可用于常规施药,植保无人飞机施用量大多为稀释8倍使用。

日本登记用于防治水稻稻瘟病的飞防混合药剂有10种(表2),主要有春雷霉素·三环唑、三环唑·噻菌灵、噻菌灵·四氯苯酞、春雷霉素·井冈霉素、春雷霉素·三环唑·井冈霉素、三环唑·井冈霉素·噻菌灵、四氯苯酞·四氯苯酞·氟酰胺、四氯苯酞·戊菌隆、三环唑·井冈霉素·噻菌灵,其中除了春雷霉素·井冈霉素剂型是液剂,其他农药剂型均为悬浮剂。登记的药剂全部可用于常规施药,植保无人飞机施用量大多为稀释8倍使用。

表 1 日本登记用于防治水稻稻瘟病的农药单剂

农药名称	英文通用名	剂型	总含量/%	无人飞机施用量
稻瘟灵	Isoprothiolane	乳剂	40	稀释8倍, 8 L/hm ²
		粒剂	36	10~15 kg/hm ²
春雷霉素	Kasugamycin	液剂	2.3	稀释8倍, 8 L/hm ²
三环唑	Tricyclazole	悬浮剂	20	稀释6~8倍, 8 L/hm ²
			8	稀释5~8倍, 8 L/hm ²
咯嗪酮	Pyroquilon	粒剂	12	10 kg/hm ²
			24	5 kg/hm ²
四氯苯酞	Fthalide	悬浮剂	20	稀释5~8倍, 8 L/hm ²
			20	10 kg/hm ²
噻菌灵	Thiabendazole	粒剂	40	5 kg/hm ²
			40	5 kg/hm ²
醚菌酯	Kresoxim-methyl	悬浮剂	8	稀释8倍, 8 L/hm ²
苯氧菌胺	Metominostrobin	粒剂	15	10 hm ²
			60	2.5 kg/hm ²
替布氟唑	Tebufloquin	悬浮剂	15	稀释8倍, 8 L/hm ²
甲基硫菌灵	Thiophanate-methyl	悬浮剂	40	稀释4~8倍, 8 L/hm ²

表 2 日本登记用于防治水稻稻瘟病的复配制剂

农药名称	英文通用名	剂型	总含量	无人飞机施用量
春雷霉素·三环唑	Kasugamycin·Tricyclazole	悬浮剂	8%三环唑和1.37%春雷霉素	稀释8倍, 8 L/hm ²
三环唑·噁菌腈	Tricyclazole·Ferimzone	悬浮剂	8%三环唑和15%噁菌腈	稀释8倍, 8 L/hm ²
噁菌腈·四氯苯酞	Ferimzone·Fthalide	悬浮剂	20%噁菌腈和15%四氯苯酞	稀释8倍, 8 L/hm ²
春雷霉素·井冈霉素	Kasugamycin·Validamycin	液剂	2.3%春雷霉素盐酸盐和4%井冈霉素A	稀释8倍, 8 L/hm ²
春雷霉素·三环唑·井冈霉素	Kasugamycin·Tricyclazole·Validamycin	悬浮剂	1.37%春雷霉素盐酸盐、8%三环唑和5%井冈霉素A	稀释8倍, 8 L/hm ²
三环唑·井冈霉素	Tricyclazole·Validamycin	悬浮剂	20%三环唑和5%井冈霉素A	稀释8倍, 8 L/hm ²
井冈霉素·噁菌腈·四氯苯酞	Validamycin·Ferimzone·Fthalide	悬浮剂	5%井冈霉素A、20%噁菌腈和15%四氯苯酞	稀释8倍, 8 L/hm ²
四氯苯酞·氟酰胺	Fthalide·Flutolanil	悬浮剂	20%四氯苯酞和20%氟酰胺	稀释6~8倍, 8 L/hm ²
四氯苯酞·戊菌隆	Fthalide·Pencycuron	悬浮剂	13%四氯苯酞和10%戊菌隆	稀释4倍, 8 L/hm ²
三环唑·井冈霉素·噁菌腈	Tricyclazole·Validamycin·Ferimzone	悬浮剂	8%三环唑、5%井冈霉素A和15%噁菌腈	稀释8倍, 8 L/hm ²

2 日本登记在水稻稻瘟病的飞防药剂在我国的登记情况

据中国农药信息网,目前我国用于防治水稻稻瘟病的飞防药剂还未有登记。我国登记用于防治水稻稻瘟病的常规化学农药单剂共有21种,其中与日本相同成分的药剂有三环唑、稻瘟灵、春雷霉素、甲

基硫菌灵和醚菌酯(表3),但剂型种类有些许不同,相较于日本,我国农药剂型种类和含量更多样,日本登记制剂大多只有1种或2种剂型,我国登记药剂剂型多为3~4种,而日本登记的噁菌灵在我国主要登记在果树上用于防治青霉病(*Penicillium italicum*)、冠腐病等,咯嗉酮、四氯苯酞、苯氧菌胺和替布氟啉在我国均未登记。

表 3 日本登记用于防治水稻稻瘟病的农药单剂在我国的登记情况

农药名称	英文通用名	剂型	总含量
三环唑	Tricyclazole	可湿性粉剂	75%、20%
		悬浮剂	20%、40%
		水分散粒剂	75%
		颗粒剂	8%
		乳油	40%、30%
稻瘟灵	Isoprothiolane	可湿性粉剂	40%、30%
		水乳剂	30%
		展膜油剂	40%、30%
		颗粒剂	30%
春雷霉素	Kasugamycin	可湿性粉剂	2%、4%、6%、10%
		水剂	2%、4%、6%
		水分散粒剂	2%、20%
		可溶液剂	2%、4%、6%
甲基硫菌灵	Thiophanate-methyl	悬浮剂	36%、500 g/L、50%
		可湿性粉剂	70%、50%
		水分散粒剂	70%
		悬浮剂	250 g/L、30%、50%
醚菌酯	Kresoxim-methyl	水分散粒剂	50%
		可湿性粉剂	40%
		微囊悬浮剂	10%

我国登记用于防治水稻稻瘟病的常规化学农药复合制剂有109种，其中与日本相同成分的药剂有3种，分别为春雷·三环唑、井冈·三环唑和春雷·井冈，剂型为可湿性粉剂、悬浮剂、水分散粒剂等

(表4)，而三环唑·嘧菌胺、嘧菌胺·四氯苯酞、春雷霉素·三环唑、井冈霉素·三环唑、井冈霉素·井冈霉素·嘧菌胺、四氯苯酞、四氯苯酞·氟酰胺和四氯苯酞·戊菌隆在我国没有登记。

表 4 日本登记用于防治水稻稻瘟病的混剂在我国的登记情况

农药名称	英文通用名	剂型	总含量
春雷·三环唑	Kasugamycin·Tricyclazole	可湿性粉剂	20%三环唑和2%春雷霉素, 10%三环唑和3%春雷霉素, 9%三环唑和1%春雷霉素, 24.4%三环唑和3.6%春雷霉素
		悬浮剂	20%三环唑和2%春雷霉素
		水分散粒剂	30%三环唑和9%春雷霉素
井冈·三环唑	Tricyclazole·Validamycin	可湿性粉剂	4%井冈霉素和16%三环唑, 10%井冈霉素和30%三环唑
		悬浮剂	5%井冈霉素和15%三环唑
		颗粒剂	1%井冈霉素A和5%三环唑
春雷·井冈	Kasugamycin·Validamycin	水剂	2%春雷霉素和5%井冈霉素

3 我国不同药剂对水稻稻瘟病的防效

近年来,我国应用植保无人飞机防治水稻稻瘟病有不少相关报道。张海艳等^[15]于2019年发现善思纳米农药(主要成分包括辛菌胺、氨基寡糖素和呋虫胺)对水稻稻瘟病的防效在80%左右;翟宏伟^[16]研究发现生物药剂枯草芽孢杆菌、吡唑醚菌酯、肟菌·戊唑醇和嘧菌酯4种农药对水稻穗颈瘟的防效均在76%以上;王庆胜等^[17-18]研究确定了9%吡唑醚菌酯微囊悬浮剂对水稻叶瘟病防治的最佳施药量,在最佳施药量时的防效为70%以上,而2%春雷霉素水剂和40%嘧菌·戊唑醇悬浮剂混合使用对水稻穗颈瘟的防效为90%以上,林丽等^[19]研究表明75%肟菌·戊唑醇水分散粒剂和30%肟菌·戊唑醇悬浮剂的防效为85%以上,250 g/L嘧菌酯悬浮剂+32%氟环·嘧菌酯悬浮剂的防效只有20%左右,但有研究表明250 g/L嘧菌酯悬浮剂对水稻穗颈瘟的防效为80%左右^[16,18]。

三环唑是目前使用最广泛、效果最稳定的药剂之一,75%三环唑可湿性粉剂对稻瘟病的防治效果在60%~95%之间^[20-26]。40%稻瘟灵乳油对稻瘟病7~14 d的防效为15%~27%^[21], 但另有研究发现40%稻瘟灵乳油对稻瘟病的防效为81.56%~87.89%^[24,27],30%稻瘟灵乳油对稻瘟病的防效为70%左右^[28]。春雷霉素对水稻稻瘟病的防效不太稳定,2%春雷霉素可溶液剂对水稻稻瘟病14 d的防效60%左右^[21],20%春雷霉素水剂对水稻稻瘟病的防效为70%左右^[22],4%春雷霉素水剂防效为33.3%~62.4%^[23,25],6%春雷霉素水剂防效较差,为17.44%~

57.42%^[26-27]。500 g/L甲基硫菌灵悬浮剂对水稻稻瘟病14 d的防效60%左右^[21]。22%春雷·三环唑悬浮剂对水稻稻瘟病的防效为88%以上^[23]。近几年,醚菌酯对水稻稻瘟病防效文献较少,多用吡唑醚菌酯防治水稻稻瘟病。

4 日本植保无人飞机防治稻瘟病用药对我国的启示

日本航空植保药剂主要是在已登记常规药剂中筛选并加工出适合航空植保作业的药剂,因而具有两大优点:第一,如果某种药剂是航空植保用药剂,也可以作为常规药剂使用,只是作为航空药剂应用时,在适用作物和防治病虫害种类等作用对象和靶标对象往往少于作为常规场景使用时;第二,由于在药剂配方设计和加工时考虑到了飞防作业环境,所以在使用时一般不需要再添加飞防助剂,若需要稀释,用水即可。

航空植保施药对农药剂型和制剂性能有严格的要求,农药剂型选择不当,可能会造成喷头堵塞。日本登记的航空植保药剂多为悬浮剂和液剂,据我国现有植保无人飞机施药文献报道大多也是使用悬浮剂、水剂和可溶液剂等。航空植保施药喷雾雾滴飘移风险大,需筛选强沉降性、耐挥发性、抗飘移性的农药剂型,或在常规药剂中添加飞防助剂以促沉降、抗蒸发飘移。

根据日本防治稻瘟病药剂种类、剂型的选择和我国防治水稻稻瘟病的文献报道,筛选出适宜我国登记用于航空植保药剂为30%稻瘟灵水乳剂,2%春

雷霉素可溶液剂,2%和4%的春雷霉素水剂,20%、40%三环唑悬浮剂,500 g/L甲基硫菌灵悬浮剂和22%春雷·三环唑悬浮剂,20%井冈·三环唑悬浮剂,7%春雷·井冈水剂等。

在我国农药登记时,可根据航空植保施药对农药剂型的要求,借鉴日本的方法,采用增加施药方法的登记方式,即筛选已登记的常规药剂添加飞防助剂,增加无人机低容量的喷雾方式,检测雾滴沉积分布,并标记施药量、施液量、作业高度、作业速度等相关数据。

5 展望

我国航空植保发展迅猛,对无人机飞防用农药制剂的开发与应用提出新挑战。目前,我国登记的农药制剂还没有标识是否适合航空植保作业、农药制剂使用方法及其靶标对象。从我国登记的常规农药制剂中筛选航空药剂时,选择参考与日本登记相同种类的航空植保农药制剂,可以减少开发成本和降低使用风险。明确哪些农药有效成分及剂型适合航空植保作业或改良加工可以成为飞防药剂;我们需要明确哪些作物的哪些种类的病、虫、草害可以适用飞防作业;明确我国已登记且与日本同种类农药制剂,哪些可以直接或补充试验扩增为飞防药剂。同时,通过自主创新,可进一步拓宽国内在飞防上应用药剂的种类和登记使用作物对象。日本航空植保药剂的应用对我国航空植保药剂选择、研发与应用具有十分重要的参考借鉴价值。

参考文献

- [1] 袁会珠,薛新宇,闫晓静,等.植保无人机低空低容量喷雾技术应用与展望[J].植物保护,2018,44(5): 152-158; 180.
- [2] 马英剑,徐勇,孙利,等.我国航空植保的发展现状及展望[J].农药,2022,61(7): 469-477.
- [3] 陈盛德,兰玉彬,周志艳,等.小型植保无人机喷雾参数对橘树冠层雾滴沉积分布的影响[J].华南农业大学学报,2017,38(5): 97-102.
- [4] 蒙艳华,兰玉彬,李继宇,等.单旋翼油动植保无人机防治小麦蚜虫参数优选[J].中国植保导刊,2017,37(12): 66-71; 74.
- [5] 乔春雨.苹果园无人机喷药技术方案优化及效果分析[D].杨凌:西北农林科技大学,2019.
- [6] 王娟,兰玉彬,姚伟祥,等.单旋翼无人机作业高度对槟榔雾滴沉积分布与飘移影响[J].农业机械学报,2019,50(7): 109-119.
- [7] 王冰洁,潘波,姜蕾,等.植保无人机作业参数对雾滴在火龙果树冠层沉积分布的影响[J].中国农业科技导报,2020,22(10): 101-109.
- [8] WANG C L, HERBST A, ZENG A J, et al. Assessment of spray deposition, drift and mass balance from unmanned aerial vehicle sprayer using an artificial vineyard[J]. Science of the Total Environment, 2021, 777:146181.
- [9] 高赛超.植保无人机喷雾助剂评价方法研究与应用[D].北京:中国农业科学院,2019.
- [10] 林勇,姜蕾,刘迎,等.旋翼无人机防除病虫害作业规范[M].海口:海南出版社,2018:1-8.
- [11] 林勇,姜蕾,潘波,等.产业用无人航空飞机农药使用手册[M].海口:海南出版社,2021:1-56.
- [12] 林勇,姜蕾,潘波,等.植保旋翼无人机安全操作指南[M].海口:海南出版社,2019:12-13.
- [13] 袁会珠,杨峻,林勇,等.日本植保无人机施用农药制剂登记管理情况分析[J].农药科学与管理,2021,42(3): 3-7; 11.
- [14] 周海平,张帆,陈凯,等.水稻种质资源稻瘟病抗性全基因组关联分析[J].作物学报,2023,49(5): 1170-1183.
- [15] 张海艳,兰玉彬,文晟,等.植保无人机水稻田间农药喷施的作业效果[J].华南农业大学学报,2019,40(1): 116-124.
- [16] 翟宏伟.应用大疆植保无人机和电动喷雾器防治水稻稻瘟病对比试验[J].北方水稻,2020,50(2): 38-41.
- [17] 王庆胜.利用无人机变量喷药技术防治水稻稻瘟病研究[J].现代化农业,2022(5): 20-22.
- [18] 石鑫,周洋洋,陈奕璇,等.多旋翼无人机在水稻病害防治中的应用效果[J].中国植保导刊,2021,41(9): 78-80.
- [19] 林丽,金培云,蒋丽君,等.不同药剂飞防水稻稻瘟病和稻曲病的效果[J].农技服务,2021,38(7): 31-32.
- [20] 商文奇.水稻稻瘟病防治方法研究进展[J].辽宁农业科学,2021(1): 33-39.
- [21] 高海峰,陈利,白微微,等.9种杀菌剂对新疆荒漠绿洲稻区水稻稻瘟病的防治效果评价[J].新疆农业科学,2018,55(11): 2105-2111.
- [22] 王喜刚,郭成瑾,曹淑娟,等.5种杀菌剂对稻瘟病的田间防效评价[J].中国植保导刊,2021,41(11): 74-76.
- [23] 杨家龙,何成.22%春雷·三环唑悬浮剂(韩稻福)防治水稻稻瘟病田间药效试验[J].上海农业科技,2021(6): 126-127.
- [24] 吕连庆,顾小刚,廖荣才.不同杀菌剂对水稻稻瘟病的防治效果研究[J].现代农业科技,2021(14): 104-105; 109.
- [25] 陆亚萍.不同药剂对稻瘟病防治效果试验[J].农业技术与装备,2021(8): 85-86; 88.
- [26] 关洪丹,朱爱萍,许佳君.不同药剂防治水稻稻瘟病田间药效试验[J].上海农业科技,2020(3): 115-116.
- [27] 张顺旭,陆爽,武雯,等.不同药剂防治水稻稻瘟病田间药效试验简报[J].上海农业科技,2020(2): 104-105.
- [28] 符美英,芮凯,罗激光,等.苯甲·啞菌酯防控海南稻瘟病效果初探[J].中国植保导刊,2021,41(12): 76-77; 82.

(责任编辑:金兰)