

孙亦诚,李新宇,孙国俊,等.不同植保机械施药防控水稻病虫效果差异[J].江苏农业科学,2021,49(17):110-115.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.17.019

# 不同植保机械施药防控水稻病虫效果差异

孙亦诚<sup>1</sup>,李新宇<sup>2</sup>,孙国俊<sup>1</sup>,段云辉<sup>1</sup>,张海艳<sup>1</sup>,韩敏<sup>1</sup>,张铭<sup>3</sup>

(1.江苏省常州市金坛区种植业技术推广中心,江苏常州 213200; 2.江苏省常州市农业技术推广中心,江苏常州 213001;  
3.江苏省常州市金坛区指前镇农村工作局,江苏常州 213234)

**摘要:**为比较不同植保机械施药效果差异,于2016、2017年开展高地隙喷杆喷雾机、担架式机动喷雾器和背负式机动弥雾机等3种常用植保机械施药防控稻纵卷叶螟(*Cnaphalocrocis medinalis* Guenee)、水稻纹枯病[*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk.]试验。结果表明,在2016年3种不同植保机械施用20%甲维·茚虫威悬浮剂防控五(3)代稻纵卷叶螟,施药量为80%~100%时防效均较高,且稳定;施用50%噻呋·甲硫悬浮剂防控纹枯病,高地隙喷杆喷雾机施药量为80%~100%时病株率防效和病指防效均达100%,其防效和稳定性明显优于其他2种植保机械。2017年,施用240 g/L噻呋酰胺悬浮剂防控纹枯病,3种植保机械均随着噻呋酰胺用药量的降低,防效显著降低;高地隙喷杆喷雾机和担架式机动喷雾器在施用噻呋酰胺药量为100%时对纹枯病的病株率防效、病情指数防效均分别高于86%、91%,两者之间无显著差异,并显著高于背负式机动弥雾机的对应处理;担架式机动喷雾器和背负式机动弥雾机在施用噻呋酰胺药量为75%时对纹枯病的病株率防效和病情指数防效均显著低于高地隙喷杆喷雾机的对应处理。

**关键词:**SWAN3WP-500型高地隙喷杆喷雾机;FST-30C担架式机动喷雾器;FST-800A型背负式机动弥雾机;稻纵卷叶螟;纹枯病;防效

**中图分类号:**S491 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)17-0110-06

化学防控农作物有害生物是保障农作物安全生产的高效手段之一。关于不同化学农药防控不

同农作物病虫草害<sup>[1-3]</sup>和施药技术方法<sup>[4-5]</sup>的研究很多。农作物病虫草的化学防治,一方面必须选择针对性强的高效农药,另一方面也须要注重施药技术方法,然而,化学农药的施用始终离不开植保机械喷洒,使用植保机械对农作物进行病虫草害的防治,是保障作物产量的重要途径之一<sup>[6]</sup>。关于不同植保机械试验研究已开展很多。崔龙飞等报道了植保机械大型喷杆及其摆式悬架减振系统动力学特性<sup>[7]</sup>;张海星等研究了自走式旋翼气流静电喷杆喷雾机喷雾性能<sup>[8]</sup>;2019年,崔龙飞等研究了植保

收稿日期:2021-01-18

基金项目:国家重点研发计划子课题(编号:2016YFD0200503-4);  
江苏省重点研发计划(编号:BE2019343);江苏现代农业产业技术  
体系建设项目[编号:JATS(2018)054]。

作者简介:孙亦诚(1989—),女,江苏常州人,硕士,农艺师,从事农作物病虫防控技术研究工作。E-mail:742961690@qq.com。

通信作者:孙国俊(1965—),推广研究员,从事农作物病虫草监测和防控技术推广工作。E-mail:jtszbz@163.com。

[8]姚廷山,周常勇.柑橘溃疡病菌的分离研究[J].中国南方果树,2009,38(3):47-49.

[9]方中达.植病研究方法[M].3版.北京:中国农业出版社,1998.

[10]李云锋,李祥.柑橘溃疡病菌离体叶接种检验法的研究[J].华中农业大学学报,2000,19(5):421-423.

[11]Al-Saadi A,Reddy J D,Duan Y P,et al. All five host-range variants of *Xanthomonas citri* carry one *pthA* homolog with 17.5 repeats that determines pathogenicity on citrus, but none determine host-range variation[J]. Molecular Plant-microbe Interactions, 2007,20(8):934-943.

[12]温寿星,黄镜浩,陈瑾,等.叶片结构与柑橘溃疡病抗性的初步研究[J].中国农学通报,2009,25(13):66-69.

[13]李敏,段硕.叶片微形态结构特征与柑橘溃疡病抗性的关

系[J].中国南方果树,2013,42(2):1-5.

[14]邹华松,柔伟,吴薇.柑橘溃疡病抗感病性机制研究进展[J].森林与环境学报,2018,38(2):234-239.

[15]易继平,向进,周华众.柑橘潜叶蛾与柑橘溃疡病的关系研究[J].华中农业大学学报,2019,38(3):32-38.

[16]任建国,黄思良,岑贞陆,等.21种药剂对柑橘溃疡病的防治试验[J].中国南方果树,2005,34(3):13-15.

[17]姚廷山,周彦,周常勇.应用铜制剂防治柑橘溃疡病的研究进展[J].园艺学报,2016,43(9):1711-1718.

[18]蔡子坚,高与桢,李韬,等.使用铜制剂刺激柑橘红蜘蛛剧增的诱因研究[J].中国柑桔,1993,22(4):32-33.

[19]黄振东,严得胜,陈道茂.噻菌铜对橘全爪螨繁殖影响的研究[J].中国南方果树,2002,31(5):14-15.

机械喷杆运动与喷雾沉积分布变异系数的关系<sup>[9]</sup>; 2011 年,吕晓兰等研究了植保机械喷雾技术参数对雾滴沉积分布的影响<sup>[10]</sup>。很多试验研究仅限于不同植保机械自身的机械性能<sup>[11]</sup>、喷雾性能和雾滴沉积分布等方面<sup>[12-14]</sup>,涉及植保机械在农田施药防控病虫效果的研究较少<sup>[15]</sup>。众所周知,我国的农药生产技术领先于国际水准,而植保机械的更新和换代、农药的施用技术严重落后于我国高质量发展发展的农药生产水平,已严重妨碍了农作物病、虫、草害的高效防控,从而导致农药利用率参差不齐、有效性差,并时常造成农药残留超标、环境污染、作物药害、操作者中毒等事故发生<sup>[6,16-19]</sup>。植保施药机械与其他农业作业机械不同,其性能的优劣和使用技术涉及到农产品安全。本试验旨在比较当前稻麦生产中使用频率较高的 3 种植保机械施药防控水稻病虫效果的差异,为大面积病虫防控技术指导和推广提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验点位于江苏省常州市金坛区指前镇建春村(31°39′41.8″ N, 119°28′23.5″ E),海拔高度为 10 m,属亚热带湿润季风性气候,年均气温为 15.5℃,年均湿度为 78%,年降水量为 1 084.7 mm。试验田长年夏水稻(*Oryza sativa* L.)与冬小麦(*Triticum aestivum* L.)轮作。水稻品种为武运粳 23 号,5 月 22 日播种,6 月 12 日机插栽植。

### 1.2 供试机具及农药

试验主要仪器有 SWAN3WP-500 型高地隙喷杆喷雾机(埃森农机常州有限公司),药箱容量为 500 L,施药时行走速度为 1 km,施药压力为 1 MPa,药液流量为 13.55 L/min,喷幅为 12 m,锥形喷头距离作物冠层 30 cm;FST-30C 担架式机动喷雾器(中国富士特有限公司),施药时机械施药压力为 2.5 MPa,设定流量为 16 L/min,喷幅约为 12 m;FST-800A 型背负式机动弥雾机(四冲程,中国富士特有限公司),药箱容量为 25 L,施药时机械施药压力为 2 MPa,设定流量为 4 L/min。

试验主要农药有 20% 甲维·茚虫威悬浮剂(甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 4%,茚虫威 16%,江苏东宝农化股份有限公司)、50% 噻呋·甲硫悬浮剂(噻呋酰胺 15%,甲基硫菌灵 35%,江苏苏滨生物农化有限公司)、240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂(东台市东南农

药化工有限公司)。

### 1.3 试验处理

试验共 10 个处理,重复 3 次,随机排列,每个处理小区面积为 667 m<sup>2</sup>,小区间人工筑高 20 cm 宽 30 cm 田埂并覆膜防止串水,试验水稻田南端设灌水沟,北端设排水沟,肥水统一管理,除除草和试验用药外所有小区水稻均未进行其他病虫防治用药。2016 年试验:五(3)代稻纵卷叶螟(*Cnaphalocrocis medinalis* Guenee),7 月 20—25 日为成虫蛾高峰,8 月 1 日用药防治低龄幼虫(卵孵高峰),药剂为 20% 甲维·茚虫威悬浮剂;水稻纹枯病[*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk.],8 月 1 日用药,药剂为 50% 噻呋·甲硫灵悬浮剂,防控对象及施药处理见表 1。2017 年试验:为探明不同植保机械施药质量的差异,2017 年的试验设计在 2016 年的基础上进行了优化,药剂改成了单剂,每公顷施药量差距拉大,防控对象为水稻纹枯病,8 月 9 日施药,药剂为 240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂,具体处理见表 2。

### 1.4 病虫防效调查

3 代稻纵卷叶螟:8 月 5 日调查卷叶率和残留虫量,每个处理取 3 点调查,每点随机调查 30 穴绿叶数、卷叶数、活虫数;水稻纹枯病:8 月 24 日调查,每个处理取 4 点调查,每点随机调查 30 穴病株数和危害程度。

### 1.5 数据处理与分析

调查稻纵卷叶螟卷叶数与活虫数,依据标准 GB/T 17980.2—2000《农药 田间药效试验准则(一)杀虫剂防治稻纵卷叶螟》中的公式计算保叶效果和杀虫效果。卷叶率=卷叶数/调查总叶数×100%;虫量防效=(对照虫口数-处理虫口数)/对照虫口数×100%;保叶率=(对照区的卷叶率-处理区的卷叶率)/对照区的卷叶率×100%。

调查纹枯病病株数及病情指数级数,计算病株率、病情指数及防效。病株率=病株数/调查总株数×100%;病害严重程度分别为 1 级:基部叶片、叶鞘发病;2 级:倒第 3 叶以下各叶叶鞘或叶片发病;3 级:倒第 2 叶以下各叶叶鞘或叶片发病;4 级:剑叶叶鞘或叶片发病;5 级:全株发病枯死。病情指数= $\Sigma$ (各级发病株数×各级代表值)/(调查总株数×最高级代表值)×100;防效=[对照区病株率(病情指数)-处理区病株率(病情指数)]/对照区病株率(病情指数)×100%。

利用 SPSS 18.0 软件对不同机械防治不同病虫

表 1 2016 年不同植保机械施药处理

施药机械	处理	防控对象及施药量
SWAN3WP-500 型高地隙喷杆喷雾机	B100	3 代稻纵卷叶螟:20% 甲维·茚虫威悬浮剂 150 g/hm <sup>2</sup> ;纹枯病:50% 噻呋·甲硫悬浮剂 300 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
	B90	3 代稻纵卷叶螟:20% 甲维·茚虫威悬浮剂 135 g/hm <sup>2</sup> ;纹枯病:50% 噻呋·甲硫悬浮剂 270 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
	B80	3 代稻纵卷叶螟:20% 甲维·茚虫威悬浮剂 120 g/hm <sup>2</sup> ;纹枯病:50% 噻呋·甲硫悬浮剂 240 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
FST-30C 担架式机动喷雾器	S100	3 代稻纵卷叶螟:20% 甲维·茚虫威悬浮剂 150 g/hm <sup>2</sup> ;纹枯病:50% 噻呋·甲硫悬浮剂 300 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
	S90	3 代稻纵卷叶螟:20% 甲维·茚虫威悬浮剂 135 g/hm <sup>2</sup> ;纹枯病:50% 噻呋·甲硫悬浮剂 270 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
	S80	3 代稻纵卷叶螟:20% 甲维·茚虫威悬浮剂 120 g/hm <sup>2</sup> ;纹枯病:50% 噻呋·甲硫悬浮剂 240 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
FST-800A 型背负式机动弥雾机	M100	3 代稻纵卷叶螟:20% 甲维·茚虫威悬浮剂 150 g/hm <sup>2</sup> ;纹枯病:50% 噻呋·甲硫悬浮剂 300 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
	M90	3 代稻纵卷叶螟:20% 甲维·茚虫威悬浮剂 135 g/hm <sup>2</sup> ;纹枯病:50% 噻呋·甲硫悬浮剂 270 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
	M80	3 代稻纵卷叶螟:20% 甲维·茚虫威悬浮剂 120 g/hm <sup>2</sup> ;纹枯病:50% 噻呋·甲硫悬浮剂 240 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
	CK	不用药

注:3 代稻纵卷叶螟与纹枯病防控农药混配施用。

表 2 2017 年不同植保机械施药处理

施药机械	处理	施药量
SWAN3WP-500 型高地隙喷杆喷雾机	B100	240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂 300 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
	B75	240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂 225 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
	B50	240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂 150 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
FST-30C 担架式机动喷雾器	S100	240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂 300 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
	S75	240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂 225 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
	S50	240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂 150 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
FST-800A 型背负式机动弥雾机	M100	240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂 300 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
	M75	240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂 225 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
	M50	240 g/L 噻呋酰胺悬浮剂 150 g/hm <sup>2</sup> ;药剂兑水量为 600 L/hm <sup>2</sup>
	CK	不用药

效果进行单因素方差分析(one-way ANOVA),并进行最小显著性差异法(LSD)检验,利用 Origin 8.0 软件作图。

2 结果与分析

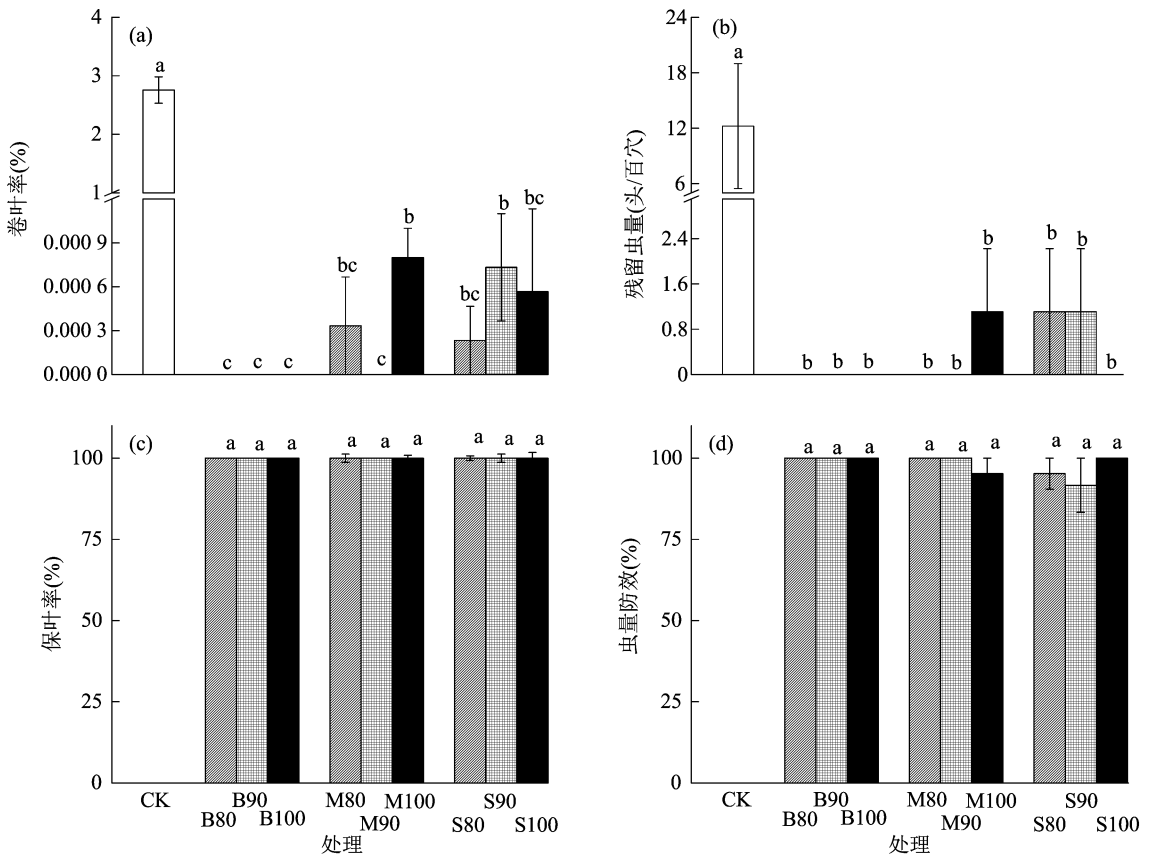
2.1 稻纵卷叶螟防效

药后第 5 天调查不同机械不同施药量处理后 3 代稻纵卷叶螟危害的卷叶率和残留虫量均较不施药处理显著降低(图 1-a、图 1-b)。虽然不同机

械(SWAN3WP-500 型高地隙喷杆喷雾机、FST-30C 担架式机动喷雾器、FST-800A 型背负式机动弥雾机)不同施药量(100%、90%、80%)处理间 3 代稻纵卷叶螟的残留虫量、保叶率和虫量防效均无显著差异,但 FST-30C 担架式机动喷雾器和 FST-800A 型背负式机动弥雾机的同一机械同一施药量处理的重复间调查数值波动较大(图 1)。

2.2 水稻纹枯病防效

2016 年试验结果表明,药后第 24 天调查不同



图中数据均为均值±标准差, 不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平上差异显著。下图同

图1 2016 年 3 种植保机械不同施药量防控 3 代稻纵卷叶螟效果

机械不同施药量处理后水稻纹枯病病株率和病情指数较不用药处理显著降低(图 2-a、图 2-b)。SWAN3WP-500 型高地隙喷杆喷雾机不同施药量(100%、90%、80%)处理间水稻纹枯病的病株率、病情指数、病株率防效和病情指数防效均无显著差异;FST-30C 担架式机动喷雾器不同施药量(100%、90%、80%)处理间水稻纹枯病的病株率、病情指数、病株防效和病情指数防效也无显著差异;FST-800A 型背负式机动弥雾机不同施药量(100%、90%、80%)处理间水稻纹枯病的病株率、病情指数、病株防效和病情指数防效有显著差异。可以看出,SWAN3WP-500 型高地隙喷杆喷雾机不同施药量处理防控水稻纹枯病效果的稳定性不仅明显好于 FST-30C 担架式机动喷雾器和 FST-800A 型背负式机动弥雾机,且防效明显高于 FST-30C 担架式机动喷雾器和 FST-800A 型背负式机动弥雾机(图 2)。

2017 年试验结果(图 3)表明,除 FST-30C 担架式机动喷雾器噻呋酰胺施药量为 50% 处理外,不同机械(SWAN3WP-500 型高地隙喷杆喷雾机、

FST-30C 担架式机动喷雾器、FST-800A 型背负式机动弥雾机)不同噻呋酰胺施药量(100%、75%、50%)处理后第 15 天的水稻纹枯病病株率和病情指数均显著低于不用药对照处理;同一植保机械随着噻呋酰胺用药量的降低,病株率和病情指数显著提高。SWAN3WP-500 型高地隙喷杆喷雾机在噻呋酰胺用药量为 75% 时的病株率和病情指数均显著低于了 FST-30C 担架式机动喷雾器和 FST-800A 型背负式机动弥雾机的相应用药量处理(图 3-a、图 3-b)。同一植保机械随着用药量的增加病株率防效和病情指数防效显著提高(图 3-c、图 3-d)。除 SWAN3WP-500 型高地隙喷杆喷雾机和 FST-30C 担架式机动喷雾器噻呋酰胺施药量为 100% 处理的病株率防效和病情指数防效无差异外,SWAN3WP-500 型高地隙喷杆喷雾机噻呋酰胺不同用药量(B100、B75、B50)处理的病株率防效和病情指数防效均分别高于甚至显著高于 FST-30C 担架式机动喷雾器的不同用药量处理(S100、S75、S50)和 FST-800A 型背负式机动弥雾机的不同用药量处理(M100、M75、M50)。SWAN3WP-500 型

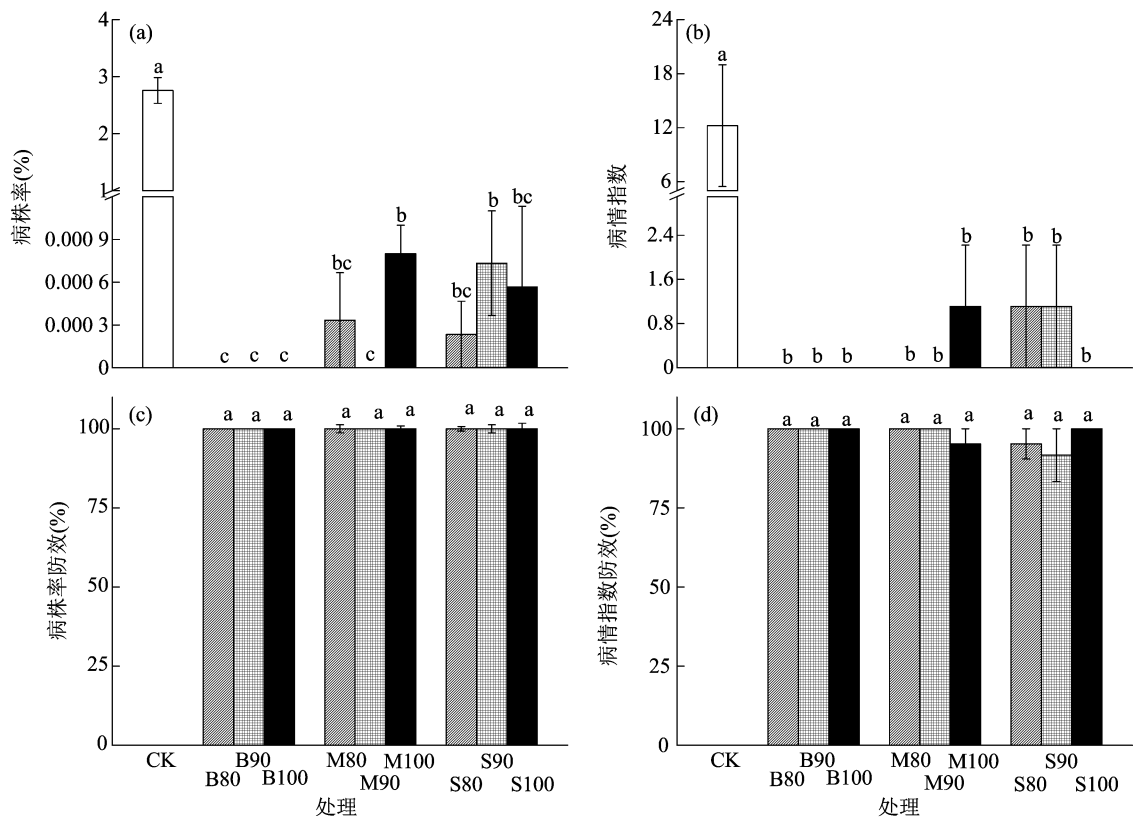


图2 2016 年 3 种植保机械不同施药量防控水稻纹枯病效果

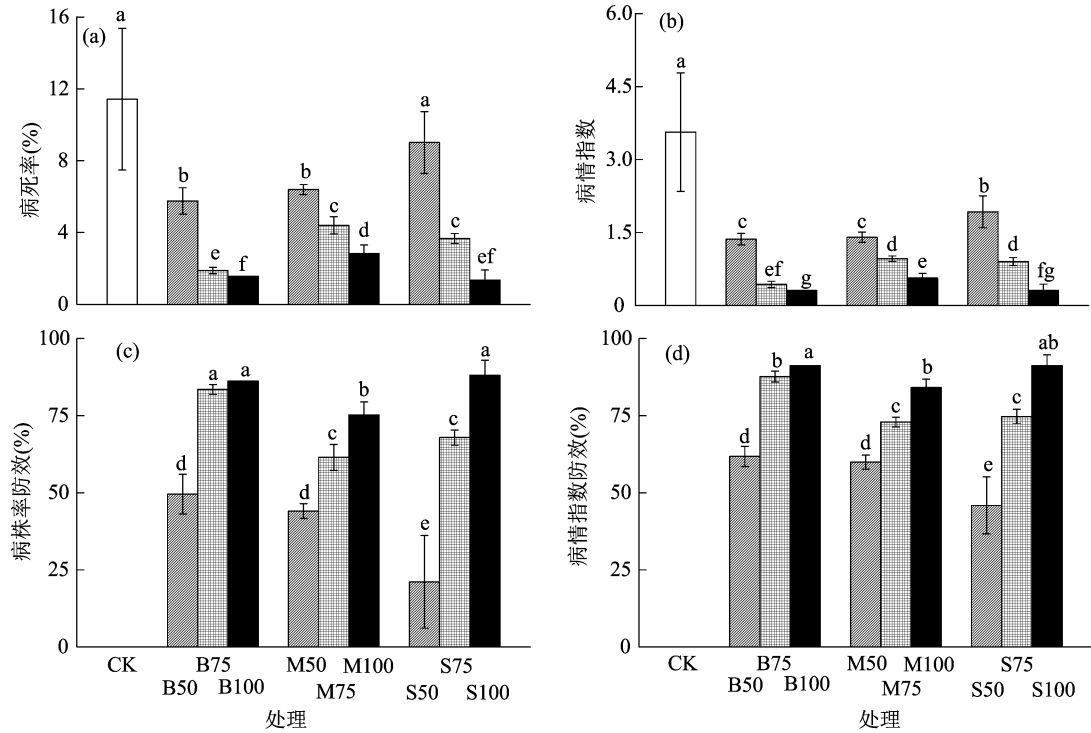


图3 2017 年 3 种植保机械不同施药量防控水稻纹枯病效果

高地隙喷杆喷雾机噻呋酰胺用量在 100%、75% 时的病株率防效无显著差异;SWAN3WP-500 型高地隙喷杆喷雾机和 FST-30C 担架式机动喷雾器在

噻呋酰胺用量为 100% 时的病株率防效和病情指数防效也无显著差异。综合分析不同处理间的标准差,SWAN3WP-500 型高地隙喷杆喷雾机在噻呋

酰胺用药量为 100% 时,病株率、病株率防效、病情指数、病指防效在小区重复间调查数据无差异值。FST-30C 担架式机动喷雾器同一用药量处理小区重复间的病株率和病情指数标准差普遍大于 FST-800A 型背负式机动弥雾机、SWAN3WP-500 型高地隙喷杆喷雾机,这应该是担架式植保机、弥雾机因人为不均衡摆动喷头而造成喷药不均匀的结果。

### 3 结论与讨论

试验结果表明,在五(3)代稻纵卷叶螟轻发生危害的情况下(百穴虫量 $\leq 30$ 头)<sup>[20]</sup>,虽然不同植保机械并喷雾不同浓度农药防控五(3)代稻纵卷叶螟的保叶率和虫量防效均分别达 99%、91% 以上,处理间无显著差异,但调查数据分析结果表明,FST-30C 担架式机动喷雾器和 FST-800A 型背负式机动弥雾机会因人为摆动喷头而造成防效的均匀性有差异。2016 年不同植保机械喷雾不同浓度农药防控水稻纹枯病的结果更突显了这一结论。当然,病虫害防治效果的好差不仅仅受施药机械的影响,防治所用农药也至关重要。本研究同样表明,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐<sup>[21]</sup>、茚虫威对鳞翅目害虫幼虫具有较高的致死活性,是替代传统有机磷类、有机氮类杀虫剂和治理害虫抗药性的理想药剂<sup>[22-23]</sup>。

施药质量的提高主要是要提高药液的着靶率和分布均匀性等。李新宇研究表明,高地隙喷杆喷雾机在水稻上下冠层雾滴的分布一致性较好,雾滴着靶的均匀性和稳定性也显著优于背负式弥雾机,因此,其防效稳定性和均匀性更好,效果也较高<sup>[24]</sup>。2017 年不同植保机械喷雾不同浓度农药防控水稻纹枯病的结果与上述研究结论一致。研究结果进一步表明,在保障防效的前提下,利用 SWAN3WP-500 型高地隙喷杆喷雾机喷雾 50% 噻呋·甲硫悬浮剂、20% 甲维·茚虫威悬浮剂防控水稻纹枯病、稻纵卷叶螟可减量 20% 施药。当然防控不同病虫害的防效除受不同植保机械施药质量的影响,也受不同农药、病虫害发生危害程度和防控时机等诸多因素的影响,大面积病虫害防控时是否可减量 20% 施药尚需进一步试验验证。

### 参考文献:

[1] 张海艳,段云辉,韩敏,等. 几种杀菌剂防控小麦赤霉病穗腐及籽粒脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)毒素的评价[J]. 植物保护, 2021, 47(1): 259-264, 272.

[2] Godara R K, Williams B J, Webster E P, et al. Evaluation of imazosulfuron for broadleaf weed control in drill-seeded rice[J]. Weed Technology, 2012, 26(1): 19-23.

[3] 赵胜园,杨现明,杨学礼,等. 8 种农药对草地贪夜蛾的田间防治效果[J]. 植物保护, 2019, 45(4): 74-78.

[4] Valverde B E, Chaves J, Garita I, et al. Modified herbicide regimes for propanil-resistant junglerice control in rain-fed rice[J]. Weed Science, 2001, 49(3): 395-405.

[5] Singh M, Bhullar M S, Chauhan B S. The critical period for weed control in dry-seeded rice[J]. Crop Protection, 2014, 66: 80-85.

[6] 贾卫东,张磊江,燕明德,等. 喷杆喷雾机研究现状及发展趋势[J]. 中国农机化学报, 2013, 34(4): 19-22.

[7] 崔龙飞,薛新宇,丁素明,等. 大型喷杆及其摆式悬架减振系统动力学特性分析与试验[J]. 农业工程学报, 2017, 33(9): 61-68.

[8] 张海星,茹煜. 自走式旋翼气流静电喷杆喷雾机喷雾性能测试[J]. 农机化研究, 2017, 39(7): 164-168, 179.

[9] 崔龙飞,薛新宇,乐飞翔,等. 喷杆运动与喷雾沉积分布变异系数关系试验研究[J]. 农机化研究, 2019, 41(6): 169-174.

[10] 吕晓兰,傅锡敏,吴萍,等. 喷雾技术参数对雾滴沉积分布影响试验[J]. 农业机械学报, 2011, 42(6): 70-75.

[11] 袁会珠,王忠群,孙瑞红,等. 喷洒部件及喷雾助剂对担架式喷雾机在桃园喷雾中的雾滴沉积分布的影响[J]. 植物保护, 2010, 36(1): 106-109.

[12] 杨希娃,代美灵,宋坚利,等. 雾滴大小、叶片表面特性与倾角对农药沉积量的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(3): 70-73.

[13] 袁会珠,王国宾. 雾滴大小和覆盖密度与农药防治效果的关系[J]. 植物保护, 2015, 41(6): 9-16.

[14] 李卫琼,李世峰,李涵. 农药雾滴在作物上的沉积量及其分布规律的研究概述[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2010, 25(1): 113-117.

[15] 张铁,董祥,尹素珍,等. 轻便型高地隙喷杆喷雾机大豆田间施药试验[J]. 农业机械学报, 2016, 47(增刊1): 182-188.

[16] 席运官,钦佩. 有机农业生态工程[M]. 北京:化学工业出版社, 2002.

[17] 杨学军,严荷荣,徐赛章,等. 植保机械的研究现状及发展趋势[J]. 农业机械学报, 2002, 33(6): 129-131, 137.

[18] 何雄奎. 大力发展我国植保机械与施药技术[N]. 科学时报, 2003-5-28(3).

[19] 徐重新,刘敏,张霄,等. 农药危害风险及其残留检测用广谱特异性抗体研究进展[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(2): 489-496.

[20] 刁春友,朱叶芹,张芳,等. 农作物主要病虫害预测预报与防治[M]. 南京:江苏科学技术出版社, 2006.

[21] 钟国华,彭维燕,陈文团,等. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对蔬菜害虫的控制作用[J]. 植物保护, 2006, 32(1): 55-58.

[22] 王芹芹,崔丽,王立,等. 茚虫威对草地贪夜蛾的毒力及解毒酶的诱导作用[J]. 植物保护, 2020, 46(1): 78-81.

[23] 王建军,董红刚. 新型高效杀虫剂茚虫威毒理学研究进展[J]. 植物保护, 2009, 35(3): 20-22.

[24] 李新宇. 机插稻田应用不同植保机械施药的雾滴沉积分布及对水稻纹枯病的防效初探[J]. 农业科技通讯, 2020(11): 70-74.