

# 雾滴密度与喷雾方式对毒死蜱防治 褐飞虱效果的影响

董玉轩<sup>1,2</sup> 顾中言<sup>1\*</sup> 徐德进<sup>1</sup> 徐广春<sup>1</sup> 许小龙<sup>1</sup>

(1. 江苏省农业科学院植物保护研究所, 南京 210014; 2. 扬州大学园艺与植物保护学院, 扬州 225009)

**摘要:** 分别选用实心圆锥雾和扇形雾 TP6501E 两种喷头, 以 3WP-2000 型行走式喷雾塔模拟对水稻植株压顶喷雾和侧向喷雾, 探究雾滴密度、喷雾方式对 48% 毒死蜱乳油防治褐飞虱效果的影响。结果表明: 压顶喷雾当底层雾滴密度分别达到 99.4 个/cm<sup>2</sup> 和 94.9 个/cm<sup>2</sup>, 且 48% 毒死蜱乳油有效剂量分别高于 68.00 mg/m<sup>2</sup> 和 55.64 mg/m<sup>2</sup> 时, 对褐飞虱的防治效果达 80%; 侧向喷雾当底层雾滴密度分别在 10.4 ~ 49.0 个/cm<sup>2</sup> 和 12.3 ~ 55.4 个/cm<sup>2</sup> 范围内, 且 48% 毒死蜱乳油有效剂量分别在 41.21 ~ 82.42 mg/m<sup>2</sup> 和 72.12 ~ 82.42 mg/m<sup>2</sup> 区间内对褐飞虱的防治效果均高于 80%。相同有效剂量条件下, 侧向喷雾的防效高于压顶喷雾。采用侧向喷雾方式时, 水稻基部较易获得高密度雾滴, 药剂在低有效剂量条件下即可取得预期防治效果。

**关键词:** 雾滴密度; 喷雾方式; 毒死蜱; 褐飞虱; 防治效果

## Influence of droplet densities and spray methods on the efficiency of chlorpyrifos against brown planthopper

Dong Yuxuan<sup>1,2</sup> Gu Zhongyan<sup>1\*</sup> Xu Dejin<sup>1</sup> Xu Guangchun<sup>1</sup> Xu Xiaolong<sup>1</sup>

(1. Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, Jiangsu Province, China; 2. College of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu Province, China)

**Abstract:** The influence of the droplet densities and spray methods on the control efficiency of 48% chlorpyrifos EC against the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, was investigated using the spray tower of 3WP-2000 choosing cone nozzle and fan nozzle TP6501E. The results showed that the control efficacy might attain 80% when the densities reached 99.4 particle/cm<sup>2</sup> and 94.9 particle/cm<sup>2</sup> respectively, while the effective dose of 48% chlorpyrifos EC were above 68.00 mg/m<sup>2</sup> and 55.64 mg/m<sup>2</sup> respectively when spray downwards. The efficacy all exceeded 80% when the droplet densities were 10.4 - 49.0 particle/cm<sup>2</sup> and 12.3 - 55.4 particle/cm<sup>2</sup> respectively, and the effective dose of 48% chlorpyrifos EC were 41.21 - 82.42 mg/m<sup>2</sup> and 72.12 - 82.42 mg/m<sup>2</sup> respectively when spray laterally. The control efficacy of spraying laterally was significant higher than that of spraying downwards with the same effective dose. The base of rice can easily get high droplet density to ensure satisfactory efficiency at low dose when spray laterally.

**Key words:** droplet density; spray method; chlorpyrifos; *Nilaparvata lugens*; control efficacy

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200903033), 江苏省农业科技自主创新项目(CX(09)624)

作者简介: 董玉轩, 男, 1986年生, 硕士研究生, 研究方向为农药使用技术, email: yuxuandong2008@163.com

\* 通讯作者(Author for correspondence), email: guzy@jaas.ac.cn

收稿日期: 2011-06-07

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 是我国水稻生产的重要害虫之一,以刺吸方式为害水稻从而导致减产<sup>[1]</sup>。化学防治一直被认为是褐飞虱综合防治中最有效的措施<sup>[2-3]</sup>,农药的合理使用不仅能增强施药效果,而且可以把农药对人类生存环境的直接和间接影响降到最低。然而在施药过程中农民使用的剂量经常远大于推荐剂量,特别是喷雾作业中常以作物的叶片被喷湿至药液流淌作为喷雾均匀的指标<sup>[4]</sup>,致使农药有效利用率只有 20%~30%,其余 70%~80% 的农药流失到土壤、水源中<sup>[5]</sup>。不科学的施药方法既浪费水和农药,同时又会严重污染环境。雾滴密度和喷雾方式与防治效果关系密切。Uremis 等<sup>[6]</sup>研究了施药方法对乙草胺和烟嘧磺隆防治玉米田中杂草效果的影响,结果表明施药方法对靶标区域的雾滴沉积密度有显著影响,但对杂草的防治效果没有显著影响;袁会珠等<sup>[7]</sup>报道了雾滴沉积密度、药液浓度对氧乐果防治麦蚜的影响,证明在雾滴密度高于 102 个/cm<sup>2</sup> 条件下药液浓度在 1~10 g/L 的范围内均可取得较好的防治效果;Cadogan 等<sup>[8]</sup>论证了在不同有效剂量、不同雾滴密度下虫酰肼对云杉色卷蛾的防治效果,证明低于推荐剂量 29% 的条件下仍可取得满意的防治效果。这些研究结果均表明农药喷雾需要一定的雾滴沉积密度才能保证防治效果,但雾滴密度超过一定数值后有剂量浪费现象。

褐飞虱常在水稻生长发育的后期为害,此时水稻冠层的叶片互相遮盖,药液难以进入水稻基部区域。生产上常通过增加施药量来提高防治效果,但尚未见水稻基部雾滴密度对褐飞虱防治效果影响的报道。为此,本研究以 3WP-2000 型行走式喷雾塔模拟对水稻植株压顶喷雾和侧向喷雾,探究雾滴密度和喷雾方式对 48% 毒死蜱乳油防治褐飞虱效果的影响,以期稻田农药科学施用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试水稻:品种为南粳 44 号,常规方法育苗。苗龄达到 30 日后移栽至高度 15 cm、直径 20 cm 的塑料盆中,生长至孕穗期进行试验。

供试虫源:室内连续饲养多代的褐飞虱,试验时在每盆水稻上转接入褐飞虱 3 日龄若虫 80~100 头。

供试药械等:48% 毒死蜱(chlorpyrifos)乳油,美国陶氏益农公司;水敏纸,瑞士先正达作物保护公司;3WP-2000 型行走式喷雾塔、实心圆锥雾喷头(流量为

140 mL/min,0.3 MPa)、扇形雾喷头 TP6501E(流量为 390 mL/min,0.3 MPa),农业部南京农业机械化研究所;HP G4050 型扫描仪,美国惠普公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 喷雾方法与剂量设计

在 3WP-2000 型行走式喷雾塔内进行模拟试验,采用压顶喷雾和侧向喷雾两种方式,每种方式分别选用实心圆锥雾和扇形雾两种喷头。压顶喷雾时喷头置于喷雾塔上方距水稻顶端 25 cm,48% 毒死蜱乳油用量分别设为 1 030、1 159、1 288、1 417、1 546 mL/hm<sup>2</sup>,即单位面积上有效剂量约分别为 49.45、55.64、61.82、68.00、74.18 mg/m<sup>2</sup>,施液量分别为 1 500、1 350、1 200、1 050、900、750 L/hm<sup>2</sup>。侧向喷雾时喷头置于喷雾塔侧面距水稻基部高度 10 cm,48% 毒死蜱乳油制剂用量分别设为 858、1 073、1 288、1 503、1 718 mL/hm<sup>2</sup>,即单位面积上有效剂量约分别为 41.21、51.52、61.82、72.12、82.42 mg/m<sup>2</sup>;圆锥雾喷头施液量分别为 450、375、300、225、150、75 L/hm<sup>2</sup>,扇形雾喷头施液量分别为 900、750、600、450、300、150 L/hm<sup>2</sup>。每处理重复 3 次。

#### 1.2.2 喷雾塔试验参数的确定

用清水喷雾试验测定喷头距水稻冠层 30 cm 时的有效喷幅。试验中有效行走距离设置为 1.1 m。根据有效行走距离及喷幅,建立田间施液量和机器喷液量间的对应关系式。喷液量 = 施液量(喷雾面积/10 000)。

#### 1.2.3 雾滴密度的采集与测定

将水敏纸粘贴于 76 mm × 26 mm 的载玻片上,利用本实验室研制的雾滴采集装置(图 1),将载玻片以与地面垂直方向插入插槽,压顶施药时分别在距离喷头 25 cm 和水稻基部 10 cm 处采集雾滴,侧向施药时只在距离水稻基部 10 cm 处采集。根据预备试验得知侧向喷雾时水敏纸正对雾流方向将会被药液完全润湿,无法分析雾滴密度,因此侧向喷雾时的水敏纸均背对雾流方向。采集后放入盛有硅胶颗粒的载玻片盒中晾干,用 HP G4050 型扫描仪扫描。利用通用图像处理软件分析单位面积上的雾滴密度<sup>[6,9]</sup>。对相同喷液量下水敏纸雾滴密度进行统计分析,计算平均数。

#### 1.2.4 结果调查及数据处理

试验前调查每盆水稻上的褐飞虱基数,喷雾 3 天后调查各处理活虫数,采用 Microsoft Excel 软件计算防治效果,并采用 DPS 7.05 数据处理软件的

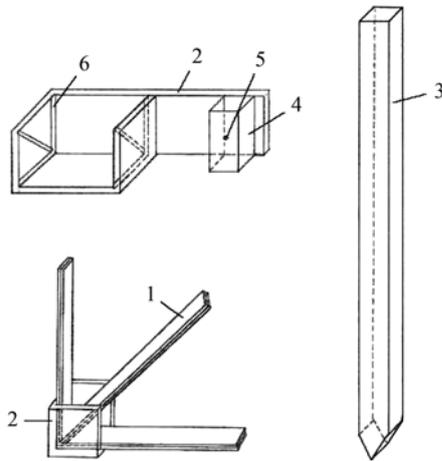


图1 农药喷雾雾滴采集装置

Fig. 1 Pesticide spray droplet collection device

注:1.载玻片;2.载玻片载体;3.插杆;4.箍;5.螺孔;6.载玻片槽。Note: 1. Glass slide; 2. glass slide carrier; 3. plunger; 4. hoop; 5. screw hole; 6. glass slide groove.

Duncan 氏新复极差法进行差异显著性分析。防治效果(%) = [1 - (处理组防后虫量 × 对照组防前虫量) / (处理组防前虫量 × 对照组防后虫量)] × 100。

表1 圆锥及扇形雾喷头压顶喷雾和侧向喷雾的雾滴密度

Table 1 Droplet densities of cone nozzle and fan nozzle when spray downwards and laterally

施液量 Volume rate(L)	压顶喷雾 Spray downwards				侧向喷雾 Spray laterally			
	圆锥雾喷头 Cone nozzle		扇形雾喷头 Fan nozzle		圆锥雾喷头 Cone nozzle		扇形雾喷头 Fan nozzle	
	上层 Upper layer	底层 Sublayer	上层 Upper layer	底层 Sublayer	施液量(L) Volume rate	底层 Sublayer	施液量(L) Volume rate	底层 Sublayer
1500	180.8 ± 8.1 a	99.4 ± 12.4 a	139.5 ± 6.2 a	94.9 ± 1.8 a	450	49.0 ± 2.4 a	900	55.4 ± 4.3 a
1350	172.8 ± 7.2 b	90.2 ± 6.9 ab	121.7 ± 5.6 b	84.3 ± 3.7 b	375	39.1 ± 1.9 b	750	44.0 ± 2.8 b
1200	156.5 ± 8.2 c	83.3 ± 6.4 bc	107.2 ± 2.4 c	75.6 ± 2.3 c	300	32.8 ± 3.5 c	600	29.2 ± 0.6 c
1050	139.7 ± 4.1 d	76.3 ± 6.8 cd	84.5 ± 1.7 d	60.2 ± 2.4 d	225	20.6 ± 2.5 d	450	19.6 ± 0.7 d
900	126.8 ± 8.5 e	70.9 ± 6.9 cd	71.3 ± 3.0 e	53.5 ± 2.8 e	150	10.4 ± 1.6 e	300	12.3 ± 1.2 e
750	96.3 ± 4.7 f	63.7 ± 5.4 d	66.9 ± 2.4 e	40.2 ± 2.9 f	75	6.1 ± 0.7 f	150	7.7 ± 0.5 e

注:表格中数据为平均数 ± 标准误,同列数据后不同字母表示在  $P < 0.05$  水平差异显著(Duncan 氏新复极差法)。Note: Data in the table are mean ± SE, different letters behind the data within the same column indicate significant difference at  $P < 0.05$  level by the Duncan's new multiple range test.

## 2.2 雾滴密度对毒死蜱防治褐飞虱效果的影响

### 2.2.1 压顶喷雾

48% 毒死蜱乳油有效剂量为 49.45、55.64、61.82 mg/m<sup>2</sup> 的条件下,圆锥雾喷头雾滴密度为 63.7 个/cm<sup>2</sup> 时防治效果分别为 15.78%、24.89%、40.62%,雾滴密度提高至 99.4 个/cm<sup>2</sup> 时防治效果分别为 52.31%、70.55%、74.22%,显著高于低密度下防治效果( $P < 0.05$ );相同有效剂量条件下,扇形雾喷头雾滴密度为 40.2 个/cm<sup>2</sup> 时防治效果分别

## 2 结果与分析

### 2.1 两种喷头不同施液量条件下的雾滴密度

压顶喷雾时,圆锥雾喷头施液量为 750 L/hm<sup>2</sup> 时上层和底层的雾滴密度分别为 96.3 个/cm<sup>2</sup> 和 63.7 个/cm<sup>2</sup>,当施液量增加至 1500 L/hm<sup>2</sup> 时上层和底层的雾滴密度分别增加至 180.8 个/cm<sup>2</sup> 和 99.4 个/cm<sup>2</sup>,两种施液量下同层雾滴密度具有显著性差异( $P < 0.05$ );扇形雾喷头施液量为 750 L/hm<sup>2</sup> 时上层和底层的雾滴密度分别为 66.9 个/cm<sup>2</sup> 和 40.2 个/cm<sup>2</sup>,当施液量增加至 1500 L/hm<sup>2</sup> 时上层和底层的雾滴密度分别增加至 139.5 个/cm<sup>2</sup> 和 94.9 个/cm<sup>2</sup>,显著大于低施液量条件下同层雾滴密度( $P < 0.05$ )。侧向喷雾时,圆锥雾喷头在施液量为 450 L/hm<sup>2</sup> 时的雾滴密度是 75 L/hm<sup>2</sup> 时的 8.0 倍;扇形雾喷头在施液量为 900 L/hm<sup>2</sup> 时的雾滴密度是 150 L/hm<sup>2</sup> 时的 7.2 倍。两种喷头的雾滴密度均随施液量增加而增加,各喷头下不同施液量之间雾滴密度同样具有显著性差异( $P < 0.05$ )(表 1)。

为 44.38%、47.90%、51.79%,雾滴密度提高至 94.9 个/cm<sup>2</sup> 时的防治效果分别为 78.72%、81.33%、85.50%,同样显著高于低密度下防治效果( $P < 0.05$ )(图 2)。当圆锥雾喷头与扇形雾喷头底层雾滴密度分别为 63.7 个/cm<sup>2</sup> 和 40.2 个/cm<sup>2</sup> 时,防治效果随有效剂量的增大而升高。当圆锥雾喷头和扇形雾喷头底层雾滴密度分别达到 99.4 个/cm<sup>2</sup> 和 94.9 个/cm<sup>2</sup>,且 48% 毒死蜱乳油有效剂量分别高于 68.00 mg/m<sup>2</sup> 和 55.64 mg/m<sup>2</sup> 时,对褐飞虱的防治效

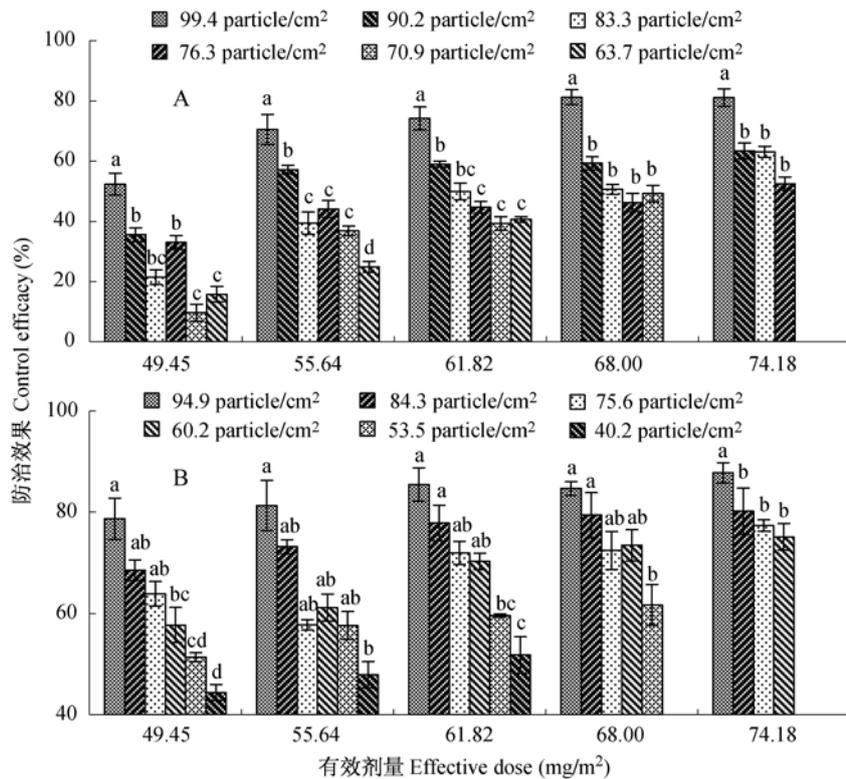


图2 圆锥雾喷头(A)和扇形雾喷头(B)压顶喷雾时雾滴密度对防治效果的影响

Fig. 2 Effects of droplet density on efficacy of cone nozzle (A) and fan nozzle (B) when spray downwards

注:同一有效剂量下不同字母表示在  $P < 0.05$  水平差异显著(Duncan氏新复极差法)。Note: Different letters within the same effective dose indicate significant difference at  $P < 0.05$  level by the Duncan's new multiple range test.

果达到80%,进一步增加毒死蜱有效剂量的防治效果提高不明显。

### 2.2.2 侧向喷雾

48%毒死蜱乳油有效剂量分别为41.21、51.52、61.82  $\text{mg}/\text{m}^2$ 的条件下,圆锥雾喷头雾滴密度10.4个/ $\text{cm}^2$ 时防治效果分别为80.51%、83.62%、84.60%,当雾滴密度提高至49.0个/ $\text{cm}^2$ 时的防治效果分别为88.13%、88.07%、92.89%,各有效剂量下两种雾滴密度间防效差异不显著( $P > 0.05$ );扇形雾喷头雾滴密度为7.7个/ $\text{cm}^2$ 时防治效果分别为71.88%、74.61%、77.11%,当雾滴密度提高至55.4个/ $\text{cm}^2$ 时防治效果分别为90.58%、92.12%、92.78%,显著高于低密度下防治效果( $P < 0.05$ )(图3)。相同雾滴密度条件下,毒死蜱有效剂量越高,防治效果越好。圆锥雾喷头与扇形雾喷头雾滴密度分别为6.1个/ $\text{cm}^2$ 和7.7个/ $\text{cm}^2$ 时,防治效果随有效剂量的增大而升高。当雾滴密度分别在10.4~49.0个/ $\text{cm}^2$ 和12.3~55.4个/ $\text{cm}^2$ 范围内,48%毒死蜱乳油有效剂量分别在41.21~82.42  $\text{mg}/\text{m}^2$ 和72.12~82.42  $\text{mg}/\text{m}^2$ 区间内对褐飞虱的防治

效果均高于80%。

### 2.3 喷雾方式对毒死蜱防治褐飞虱效果的影响

在有效剂量为61.82  $\text{mg}/\text{m}^2$ (推荐剂量)条件下比较圆锥雾喷头和扇形雾喷头的两种喷雾方式,圆锥雾喷头侧向喷雾施液量为450  $\text{L}/\text{hm}^2$ 时防治效果可达96.00%,而压顶喷雾施液量为1500  $\text{L}/\text{hm}^2$ 时防治效果为74.22%,两种施液量下防治效果差异显著( $P < 0.05$ );扇形雾喷头侧向喷雾施液量为750  $\text{L}/\text{hm}^2$ 时防治效果为92.38%,而压顶喷雾施液量为1500  $\text{L}/\text{hm}^2$ 时防治效果为85.50%(图4)。表明相同有效剂量下侧向喷雾的防治效果好于压顶喷雾。

## 3 讨论

目前,欧美国家在防飘喷头、静电喷雾、雾滴回收以及自动靶施药技术等方面的研究已经取得了一定的进展,农药利用率达到60%左右<sup>[10-12]</sup>。长期以来,我国的农药使用技术相对落后,农民普遍使用小型手动喷雾器具,采用大容量淋雨式喷雾法,盲目作业非常普遍。因此,结合生产实际,探究雾滴密

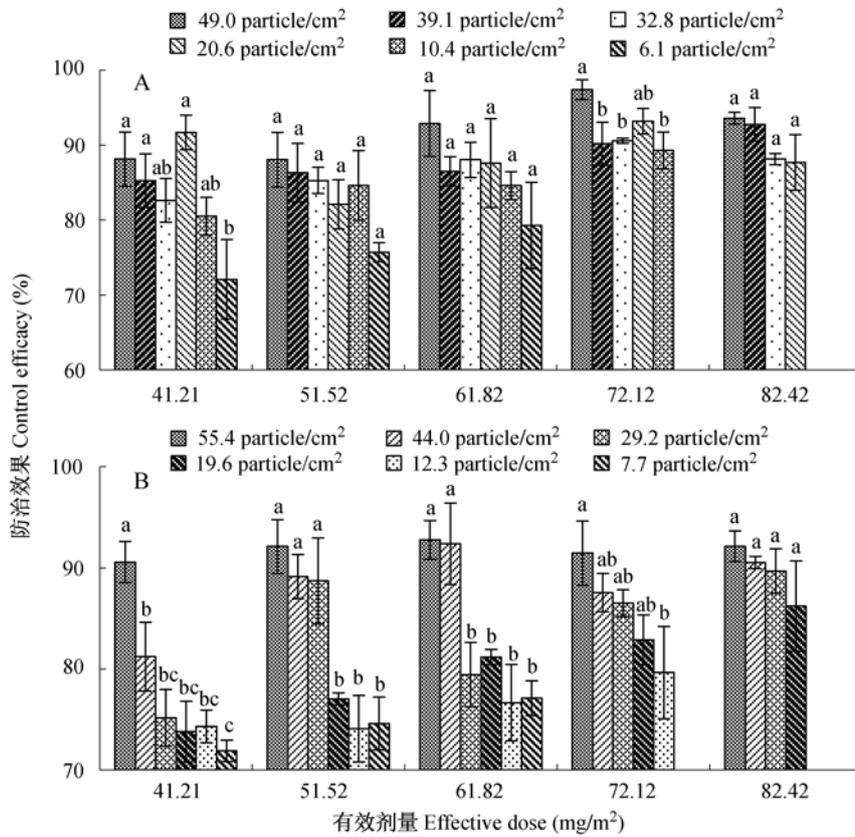


图3 圆锥雾喷头(A)和扇形雾喷头(B)侧向喷雾时雾滴密度对防治效果的影响

Fig. 3 Effects of droplet density on efficacy of cone nozzle (A) and fan nozzle (B) when spray laterally

注:同一有效剂量下不同字母表示在  $P < 0.05$  水平差异显著 (Duncan 氏新复极差法)。Note: Different letters within the same effective dose indicate significant difference at  $P < 0.05$  level by the Duncan's new multiple range test.

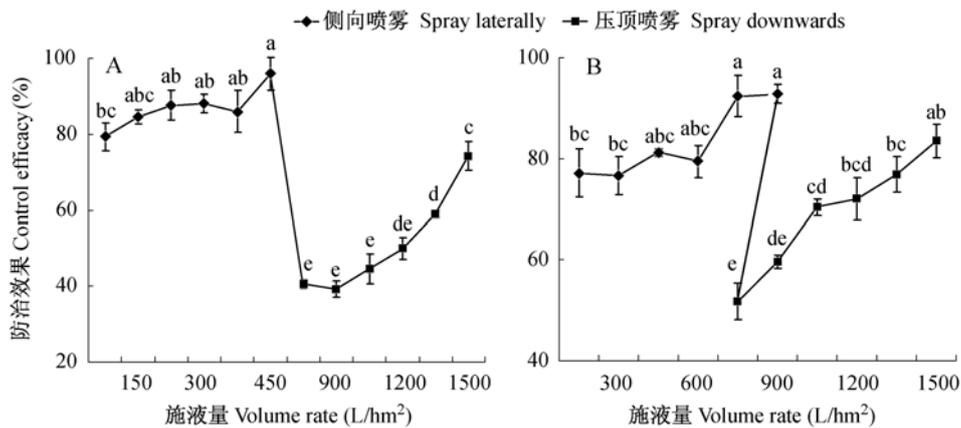


图4 圆锥雾喷头(A)和扇形雾喷头(B)不同喷雾方式对防治效果的影响

Fig. 4 Effects of spray methods on efficacy of cone nozzle (A) and fan nozzle (B)

注:不同字母表示在  $P < 0.05$  水平差异显著 (Duncan 氏新复极差法)。Note: Different letters indicate significant difference at  $P < 0.05$  level by the Duncan's new multiple range test.

度和喷雾方式对防治效果的影响,对于降低生产成本、提高农药利用率、减少环境污染具有重要意义。

本研究采用配有实心圆锥雾和扇形雾 TP6501E 两种喷头的喷雾塔模拟田间施药。结果表明,压顶

喷雾时,相同施液量条件下的水稻上层获得的雾滴密度均显著高于底层,上层和底层雾滴密度均随施液量的增加而增加。在低于推荐剂量的情况下,圆锥雾喷头和扇形雾喷头压顶喷雾底层雾滴密度分

别为 76.3 个/cm<sup>2</sup> 和 60.2 个/cm<sup>2</sup> 时,两种喷头的防治效果均低于 60%。说明较好的防治效果需要一定的雾滴密度和有效剂量。同一有效剂量下,高密度下的防治效果明显好于低密度,这主要是因为褐飞虱为基部为害,大部分集中在水稻的茎秆上刺吸水稻汁液。压顶施药时多数药液沉积在水稻冠层,不能有效到达靶标部位,达不到防治所需的密度和有效剂量。

侧向喷雾时,不同施液量的条件下到达水稻基部的雾滴密度均较高,增加雾滴密度和有效剂量对防治效果的提高不明显。圆锥雾喷头雾滴密度达到 10.4 个/cm<sup>2</sup>、有效剂量达到 41.21 mg/m<sup>2</sup> 时,防治效果可达 80%;扇形雾喷头雾滴密度达到 55.4 个/cm<sup>2</sup> 时,在设定的有效剂量范围内防治效果均大于 90%。袁会珠等<sup>[7]</sup>认为在农作物病虫害防治中,药剂在一定浓度范围内有适当的雾滴沉积密度就能取得满意的防治效果,不必采用传统的大容量喷雾技术;朱金文等<sup>[13-15]</sup>研究认为,用水量太多会使药剂过度稀释,降低了助剂的作用,从而使药液的表面张力增大,不利于药液在靶标植物上沉积。本研究表明,当靶标沉积密度过低时需要增加有效剂量才能提高防治效果,达到一定的密度后较低有效剂量即可取得理想的防治效果。

喷雾方式对防治效果也有较大影响,Jenson<sup>[16]</sup>研究表明,喷头前倾或后倾均会提高除草剂的防治效果,同时有效降低药剂地面流失率。Foqué & Nuyttens<sup>[9]</sup>和 Braekman 等<sup>[17]</sup>在研究喷头类型和喷雾角度对盆栽植物影响时,发现倾斜喷雾较喷头垂直地面喷雾能获得更高的沉积量。本研究发现相同有效剂量下喷头侧向喷雾的防治效果明显好于压顶喷雾,其原因可能是侧向喷雾时喷头垂直于茎秆施药,雾滴从喷头喷出后能有效粘着在茎秆表面,更容易达到防治褐飞虱所需的雾滴密度和有效剂量,从而提高药液的有效利用率。

#### 参 考 文 献 (References)

- [1] Preetha G, Stanley J, Suresh S, et al. Risk assessment of insecticides used in rice on miridbug, *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter, the important predator of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål). *Chemosphere*, 2010, 80(5): 498 - 503
- [2] 庄永林,沈晋良,陈峥. 三唑磷对不同翅型稻褐飞虱繁殖力的影响. *南京农业大学学报*, 1999, 22(3): 21 - 24
- [3] 徐德进,顾中言,徐广春,等. 杀虫剂 18 种单剂和 10 种复配剂对褐飞虱和灰飞虱的活性差异. *江苏农业学报*, 2009, 25(2): 286 - 291
- [4] 崔丽,王金凤,秦维彩,等. 机动弥雾法施用 70% 吡虫啉水分散粒剂防治小麦蚜虫的雾滴沉积密度与防效的关系. *农药学学报*, 2010, 12(3): 313 - 318
- [5] 洪晓燕,张天栋. 影响农药利用率的相关因素分析及改进措施. *中国森林病虫*, 2010, 29(5): 41 - 43
- [6] Uremis I, Bayat A, Uludag A, et al. Studies on different herbicide application methods in second-crop maize fields. *Crop Protection*, 2004, 23(11): 1137 - 1144
- [7] 袁会珠,陈万权,杨代斌,等. 药液浓度、雾滴密度与氧乐果防治麦蚜的关系研究. *农药学学报*, 2000, 2(1): 58 - 62
- [8] Cadogan B L, Scharbach R D, Knowles K R, et al. Efficacy evaluation of a reduced dosage of tebufenozide applied aerially to control spruce budworm (*Choristoneura fumiferana*). *Crop Protection*, 2005, 24(6): 557 - 563
- [9] Foqué D, Nuyttens D. Effects of nozzle type and spray angle on spray deposition in ivy pot plants. *Pest Management Science* 2011, 67(2): 199 - 208
- [10] Knoche M. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. *Crop Protection*, 1994, 13(3): 163 - 178
- [11] Armstrong-Cho C, Wolf T, Chongo G, et al. The effect of carrier volume on ascochyta blight (*Ascochyta rabiei*) control in chickpea. *Crop Protection*, 2008, 27(6): 1020 - 1030
- [12] 刘丰乐,张晓辉,马伟伟,等. 国外大型植保机械及施药技术发展现状. *农机化研究*, 2010(3): 246 - 248
- [13] 朱金文,吴慧明,朱国念. 雾滴大小与施药液量对草甘膦在空心莲子草叶片沉积的影响. *农药学学报*, 2004, 6(1): 63 - 66
- [14] 朱金文,吴慧明,程敬丽,等. 雾滴体积中径与施药量对毒死蜱在棉花叶片沉积的影响. *棉花学报*, 2004, 16(2): 123 - 125
- [15] 朱金文,吴慧明,孙立峰,等. 叶片倾角、雾滴大小与施药液量对毒死蜱在水稻植株沉积的影响. *植物保护学报*, 2004, 31(3): 259 - 263
- [16] Jensen P K. Nonvertical spray angles optimize graminicide efficacy. *Weed Technology*, 2007, 21(4): 1029 - 1034
- [17] Braekman P, Foqué D, Messens W, et al. Effect of spray application technique on spray deposition in greenhouse strawberries and tomatoes. *Pest Management Science*, 2010, 66(2): 203 - 212