

DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.12.017

无人驾驶直升机航空喷雾参数对雾滴沉积的影响^{*}

张京 何雄奎 宋坚利 曾爱军 刘亚佳 李学锋

(中国农业大学理学院, 北京 100193)

【摘要】 研究了无人驾驶直升机航空喷雾参数对药液雾滴沉积效果的影响。使用红外热像仪与无人机联用测试喷雾前、后作物冠层温度,通过温度变化率反映雾滴在水稻冠层的沉积效果。结果表明:以雾滴沉积量与冠层温度变化率为评价指标得到的结果一致,红外热成像技术可以准确反映雾滴在水稻上的沉积规律。WPH642型无人驾驶直升机作业时选取喷雾参数为:飞行高度2 m、飞行速度1.5 m/s。

关键词: 无人机 喷雾参数 雾滴沉积 红外热成像技术

中图分类号: S252^{+.3} **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2012)12-0094-03

Influence of Spraying Parameters of Unmanned Aircraft on Droplets Deposition

Zhang Jing He Xiongkui Song Jianli Zeng Aijun Liu Yajia Li Xuefeng

(College of Science, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract

The influence of application parameters of unmanned aircraft on droplets deposition was researched. Temperature change rate was tested by thermal infrared imager to reflect the droplets deposit on rice canopy. The results showed that there was no difference with the droplets deposition and canopy temperature change rate as evaluation index. Thermal infrared imager could reflect the droplets deposit law exactly. The optimum application parameters of WPH642 unmanned aircraft were that flight altitude of 2 m and flight velocity of 1.5 m/s.

Key words Unmanned aircraft, Spraying parameters, Droplet deposition, Thermal infrared imaging technology

引言

水稻植保机械化是水稻全程机械化的瓶颈技术,用于水稻病虫害防治的地面植保机械面临着机具难以下田进行防治和紧急应对大面积爆发性病虫害等难题。小型无人直升机可以适应丘陵、山区和坡地等复杂地形的喷雾作业,而地面植保机械和固定翼大型飞机没有这样的地形适应能力^[1~4]。不仅是水稻生产对航空喷雾有迫切需求,对于作物长势

密集不便于机具进入作物丛的旱作作物,例如油菜等,也都对航空喷雾有迫切需求。航空喷雾因其作业效率高,是大面积爆发性病虫害防治的首选作业模式^[5]。低空、低量无人驾驶航空喷雾技术自动化程度高、喷洒效果良好、飞机操作者安全、可提供个性化服务、运行成本低,是针对我国水稻施药技术机械化水平严重落后、工效低、用药大、施药困难和劳动力缺乏等难题而研发的一项新技术。该技术的实施将改变我国传统的水稻施药方式,使水稻植保机

收稿日期: 2012-03-13 修回日期: 2012-06-20

^{*} 国家自然科学基金资助项目(30971940)、高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20090008110015)、国家国际科技合作专项资助项目(2010DFA34570)和中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2012BH002)

作者简介: 张京,博士后,主要从事植保机械与施药技术研究,E-mail: zj810515@163.com

通讯作者: 何雄奎,教授,博士生导师,主要从事植保机械与施药技术研究,E-mail: xiongkui@cau.edu.cn

械化的实现成为可能。

国外已开展了无人机航空喷雾在植保作业领域的研发和应用。Huang 等研发了适用于无人机植保作业的施药系统,对雾滴粒径与喷雾流量进行了测试,还研发了基于无人机平台的精准定位施药系统,实现了病虫害管理与定位防治相结合^[6~7];Bird 等对航空喷雾非靶标区的雾滴沉积进行了大田试验,指出了雾滴尺寸及风速对其影响规律^[8]。航空喷雾参数对雾滴沉积分布有着重要的影响,目前未见相关报道。本文对无人驾驶直升机航空喷雾参数对药液雾滴沉积效果的影响进行大田试验研究。

1 材料与方法

1.1 仪器设备

喷雾作业采用中日合资生产的 WPH642 型无人驾驶直升机。任务载重为 10 kg、巡航时间大于或等于 2 h、作业高度 1~5 m,可以超低空、低空、中空飞行。控制模式为模式识别控制,飞行高度、速度可以根据作业要求控制。载重药箱为 8 L、喷幅为 2 m、有 6 个圆锥雾喷头,喷头流量为 250 mL/min。

试验使用红外热像仪与无人机联用测试喷雾前后作物冠层温度,通过温度变化率反映雾滴在作物冠层的沉积效果^[9~10]。试验采用 VarioCAM hr inspect480 型红外热像仪(德国 InfraTec 公司),红外图像解析度最高达 1 280 像素×960 像素、热灵敏度达 0.04℃、测量误差为±1.5℃。

1.2 试验方法

试验在黑龙江省农垦总局建三江农场水稻田进行(图 1),水稻冠层高度约为 60 cm。使用环境探测仪测试并记录环境平均温度为 25℃、相对湿度为 42%,风速为 2 m/s。选取 20 m×30 m 的地块作为一个处理的作业小区,每个处理小区四边缘均留有 10 m 的缓冲隔离带,以避免飘失造成的试验误差。在小区地块对角线上均匀选取 5 点布置雾滴接收器,雾滴收集采用聚乙烯塑料丝(φ2 mm),离地面 20、35 和 50 cm 处布置 3 层并固定在支架上,每根收集丝长 1 m。喷雾液体为可溶性荧光示踪剂(BSF)水溶液(质量分数为 0.01%)。对每一处理小区地块使用红外热像仪测试冠层的平均温度,测定完毕后用无人机进行喷雾作业。喷雾结束后立即测试地块冠层的平均温度。记录并对比喷雾前、后的温度变化。待收集丝干燥后取下,用 5 mL 去离子水经超声波震荡器洗脱,再用荧光分析仪测定每根收集丝上的示踪剂含量。

飞行速度为 1.5、2.0 和 2.5 m/s,飞行高度为 1、2、3 和 4 m,共 12 个处理,每组试验重复 3 次,试

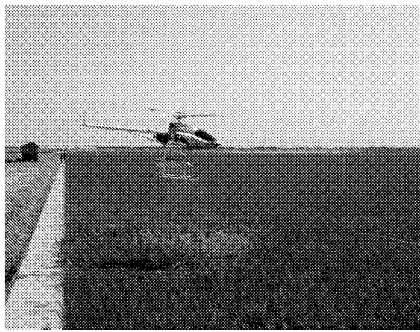


图 1 WPH642 型无人驾驶直升机在水稻田喷雾作业
Fig.1 Application of WPH642 type unmanned aircraft in rice field

验结果取其平均数。

2 结果与分析

2.1 雾滴沉积分布

图 2 为雾滴在水稻冠层的沉积分布图。从图 2 可知,飞行高度为 4 m 时雾滴沉积量极少,因此 4 m 的飞行高度不可行。

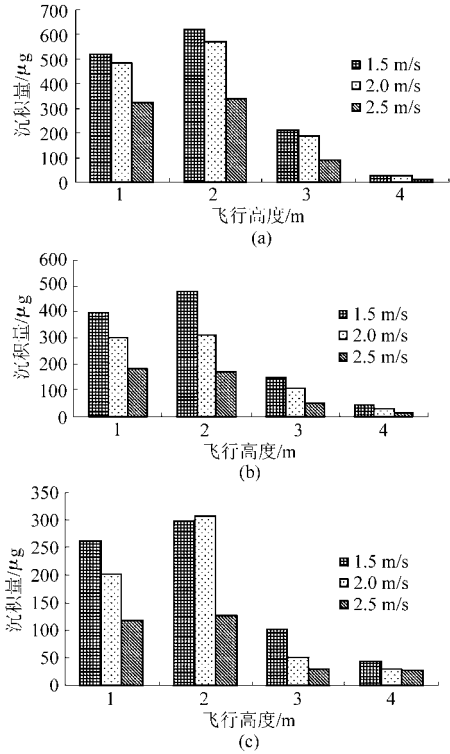


图 2 雾滴在冠层中的沉积分布
Fig.2 Droplets deposit distribution in canopy
(a) 上部冠层 (b) 中部冠层 (c) 下部冠层

雾滴分布从冠层上部到下部逐层减少,且随飞行速度的增加而减少。由于无人机作业产生的涡旋流场对水稻冠层有搅动作用,当飞行高度为 1 m 时影响了雾滴在冠层中的沉积,会使一部分沉积的雾滴滚落到地面,致使其沉积量略低于 2 m 的飞行高度。因此,WPH642 型无人驾驶直升机作业时,选取喷雾参数为:飞行高度 2 m、飞行速度 1.5 m/s。

2.2 冠层温度

从图3红外热像仪图片处理界面可知,每次处理可直观得到处理小区冠层温度最大值与最小值,

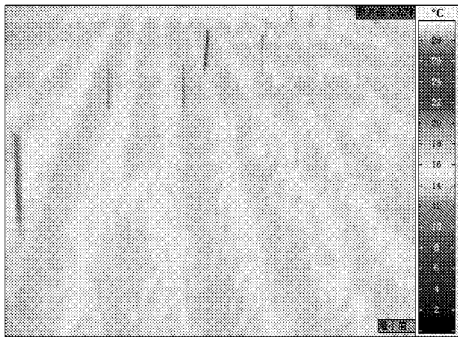


图3 红外热像仪图片处理界面

Fig.3 Operation interface of thermal infrared imaging instrument

取其平均值并计算冠层温度变化率,如表1所示。结果显示,当飞行高度为2 m、飞行速度为1.5 m/s时,冠层温度变化率最大,为16.83%,可知在此喷雾参数下雾滴沉积量最多。试验结果规律与以雾滴沉积量为评价指标的基本一致。

3 结论

(1)使用红外热像仪与无人机联用测试喷雾

表1 喷雾前后冠层温度变化率					
Tab.1 Temperature change rate of canopy before and after spraying					
处理	飞行高度 /m	飞行速度 /m·s ⁻¹	喷雾前 温度/℃	喷雾后 温度/℃	温度变化率 /%
1	1	1.5	22.12	20.19	8.73
2	1	2.0	24.09	22.58	6.27
3	1	2.5	24.86	24.07	3.18
4	2	1.5	25.78	21.44	16.83
5	2	2.0	24.96	22.31	10.62
6	2	2.5	25.34	24.19	4.54
7	3	1.5	25.88	24.33	5.98
8	3	2.0	24.67	23.76	3.69
9	3	2.5	26.05	25.32	2.80
10	4	1.5	25.74	25.51	0.89
11	4	2.0	26.43	26.12	1.17
12	4	2.5	25.95	25.78	0.66

前、后作物冠层温度。通过温度变化率反映雾滴在水稻冠层的沉积效果,以雾滴沉积量与冠层温度变化率为评价指标,得出的结果一致,使用红外热像仪精确测温技术测试雾滴沉积效果是可行的。

(2)在环境平均温度为25℃、相对湿度为42%、风速为2 m/s时,WPH642型无人驾驶直升机作业选取喷雾参数为飞行高度2 m、飞行速度1.5 m/s。

参 考 文 献

1 薛新宇,梁建,傅锡敏. 我国航空植保技术的发展前景[J]. 中国农机化,2008(5):72~74.
Xue Xinyu, Liang Jian, Fu Ximin. Prospect of aviation plant protection in China[J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2008(5): 72~74. (in Chinese)

2 张国庆. 我国农用航空发展瓶颈与对策[J]. 中国民用航空,2011(4):31~33.

3 王军,简捷,杨道训. 农业航空喷雾雾滴漂移及其数学分析[J]. 植物保护学报,1994,21(3):275~281.
Wang Jun, Jian Jie, Yang Daoxun. The drift of droplets and the mathematical analysis in aerial spray[J]. Journal of Plant Protection, 1994,21(3):275~281. (in Chinese)

4 张国庆. 农业航空技术研究述评与新型农业航空技术研究[J]. 江西林业科技,2011(1):25~31.
Zhang Guoqing. Review of agricultural aviation technologies and research of new-type agricultural aviation technologies[J]. Jiangxi Forestry Science and Technology, 2011(1):25~31. (in Chinese)

5 黄向东,方志蓉. 超轻型直升飞机与固定翼飞机在森林病虫害防治应用中的比较研究[J]. 长沙电力学院学报:自然科学版,1999,14(3):279~281.
Huang Xiangdong, Fang Zhirong. Study on comparing helicopter with plane application in forest pest and disease control[J]. Journal of Changsha University of Electric Power: Science,1999,14(3):279~281. (in Chinese)

6 Huang Y, Hoffmann W C, Lan Y, et al. Development of a spray system for an unmanned aerial vehicle platform[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2009,25(6):803~809.

7 Huang Y, Hoffmann W C, Fritz B, et al. Development of an unmanned aerial vehicle-based spray system for highly accurate site-specific application[C]//2008 ASABE Annual Meeting Paper 083909, 2008.

8 Bird S L, Esterly D M, Perry S G. Off-target deposition of pesticides from agricultural aerial spray applications [J]. Journal of Environmental Quality,1995,25(5):1095~1104.

9 李云红,孙晓刚,原桂彬. 红外热像仪精确测温技术[J]. 光学精密工程,2007,15(9):1336~1341.
Li Yunhong, Sun Xiaogang, Yuan Guibin. Accurate measuring temperature with infrared thermal imager[J]. Optics and Precision Engineering, 2007,15(9):1336~1341. (in Chinese)

10 Leinonen I, Jones H G. Combining thermal and visible imagery for estimating canopy temperature and identifying plant stress [J]. Journal of Experimental Botany, 2004,55(401):1423~1431.