

植保无人机棉田喷洒农药沉积分布研究

胡红岩 任相亮 姜伟丽 马小艳 马亚杰 王丹 马艳

中国农业科学院棉花研究所/棉花生物学国家重点实验室, 安阳 455000

摘要 采用3WQF120-12型油动单旋翼植保无人机进行喷雾试验,探索植保无人机在棉花上喷洒的雾滴沉积分布规律。以吡虫啉(imidacloprid)和丁硫克百威(carbosulfan)为试验药剂,在2种施药量(常规剂量和减量20%)、2种喷雾量(12、15 L/hm²)条件下喷雾,以诱惑红水溶液为药剂沉积指示剂,采用雾滴测试卡检测雾滴沉积分布情况,并利用图像分析软件DepositScan分析雾滴沉积分布状况。试验结果显示:喷雾量对吡虫啉在棉花冠层的雾滴沉积分布影响较大,90 g/hm²吡虫啉施药时,采用12、15 L/hm²的喷雾量进行无人机喷雾,在棉花冠层的沉积量分别为99.64、128.04 μg/cm²;按照72 g/hm²剂量喷雾时,2种喷雾量处理在棉花上的沉积量分别为75.09、101.32 μg/cm²。施药量影响丁硫克百威在棉花上的沉积,喷雾量为12 L/hm²时,施药量为480、600 g/hm²的喷雾处理在棉花上的沉积量分别为613.92、801.59 μg/cm²;喷雾量为15 L/hm²时,2种施药量处理在棉花上的沉积量分别为620.17、870.64 μg/cm²。雾滴沉积分布结果显示,15 L/hm²的喷雾处理在棉花叶片背面的雾滴沉积密度较大,为0.8~238.9个/cm²;12 L/hm²的处理在叶片正面和背面的雾滴密度较小,分别为1.4~65.9、1.1~110.7个/cm²;上述2种喷雾处理在棉花叶片正面的雾滴粒径较大,分别为83~441、113~418 μm,而在棉花叶片背面的雾滴粒径较小,仅为72~242、102~252 μm。

关键词 棉花; 植保无人机; 农药沉积; 喷雾量; 雾滴沉积; 沉积分布

中图分类号 S 494 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2018)05-0059-06

棉花是我国重要的经济作物和工业原料,棉花生产关系到国民经济发展和农民增收。我国是世界上最大的棉花生产国,常年种植面积约530万hm²[1]。据统计,我国棉花常年受病虫害为害严重,棉铃虫的大爆发给我国棉花生产带来了很大的经济损失,转基因抗虫棉的种植有效地控制了棉铃虫的爆发为害,但随着我国农业种植结构的调整及抗虫棉种植面积的不断扩大,棉田害虫种类发生了一些新的变化,部分刺吸式害虫如蚜虫、盲蝽象、烟粉虱等种群急剧上升,取代棉铃虫等鳞翅目害虫成为棉田主要害虫[2]。棉花病虫害发生危害和防治技术瓶颈已经成为制约我国棉花生产健康持续发展的重要因素。

长期以来,我国棉花病虫害防治以人工喷洒为主,传统的植保机械及其配套施药技术发展缓慢,农户小面积种植棉花多采用背负式喷雾器,作业效率低,且对棉花中后期病虫害防治效果不佳。喷杆式

喷雾机适用于农场等大面积种植的棉田,作业效率较高,但是存在田间喷雾量大,农药有效利用率低的问题。我国棉花普遍采用矮化密植种植模式,棉花蕾期以后叶片比较稠密,纯液力雾化的雾滴难以穿透棉花冠层而达到中下层叶片,降低了对病虫害的防治效果[3]。我国城镇化进程的加快和农村劳动力的转移,使得病虫害防治劳动力成本不断提高,传统农药喷洒方式已经不能满足棉花生产的需求。近年来植保无人机在农业生产上的应用备受人们关注,采用无人机喷施作业具有运行成本低、作业效率高、喷雾均匀等优点[4-6],在施药过程中用药量和用水量少,无人机旋翼产生的向下气流有助于增加雾滴对作物的穿透性,提高农药有效利用率。

作为一种新型的植保机械,植保无人机在农药喷洒及病虫害防治方面的优势逐渐凸显,已经逐步成为小麦、玉米、水稻、果树等作物及农林病虫害防治的首选施药方式。无人机施药效果受到作业参

收稿日期: 2017-10-26

基金项目:“十三五”国家重点研发计划“地面与航空高工效施药技术及智能化装备”(2016YFD0200700);国家棉花产业技术体系岗位科学家经费项目(CARS-18-13)

胡红岩,博士,助理研究员。研究方向:昆虫生态与分子生物学。E-mail: huhongyan1986@163.com

通信作者: 马艳,研究员。研究方向:农药应用技术。E-mail: aymayan@126.com

数、雾滴粒径及雾滴均匀性等一系列条件的影响,针对无人机施药参数与雾滴沉积分布规律之间的关系,国内学者已经开展了一些研究。陈胜德等^[7]研究了植保无人机喷雾作业在水稻冠层的雾滴沉积分布情况,揭示了飞行高度和飞行速度等参数对雾滴沉积分布的影响。张京等^[8]将红外热成像技术用在无人机作业质量研究中,通过喷雾前后冠层温度的变化反映雾滴在水稻冠层的沉积规律。

无人机喷雾所用药剂类型、药剂用量及喷液量影响药液沉积分布及对害虫的防治效果。刘慧强等^[9]采用植保无人机喷施不同剂型的吡蚜酮,对稻飞虱的防治效果进行比较分析,研究认为航空喷洒专用药剂和加入助剂的药剂防治效优于未加助剂直接喷洒的药剂。高圆圆等^[10]采用 Af-811 小型无人机在小麦田进行低空喷雾,研究无人机不同剂型不同药剂在小麦冠层的雾滴沉积分布情况及对小麦吸浆虫的防治效果。薛新宇等^[101]采用不同施药方式和施药量进行无人机喷洒作业,结果表明,无人机喷雾防治稻飞虱及稻纵卷叶螟的效果优于传统担架式喷雾机,常规用药量减少 20% 时对稻飞虱及稻纵卷叶螟也能有较好的防效。因此,在无人机喷雾作业过程中,可以针对不同类型的药剂,采取不同的施药量和施药方式来进行害虫防治。

目前对于无人机飞防技术的研究主要集中在小麦、玉米、水稻等粮食作物,无人机飞防技术在棉花上的应用研究相对较少,尽管有研究认为多旋翼植保无人机对棉花蚜虫具有较好的防治效果^[12],但有关无人机施药量及喷液量对不同类型药剂在棉花上的雾滴沉积分布的影响尚未见报道,采用无人机防治棉花蚜虫选择何种技术参数,还缺乏科学的理论依据。因此,为客观真实地获取无人机在棉田喷洒作业的参数,指导棉花蚜虫的防治工作,实现农药的减量增效目标,本研究在棉花苗蚜发生期,考察在不同施药量和喷液量条件下无人机喷施雾滴在棉花上的沉积分布情况,旨在为棉花害虫防治的无人机精准施药提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 试验场地。试验在河南省安阳市中国农业科学院棉花研究所试验农场进行,试验地为一熟春棉田,地势平整,肥力水平中等,有配套沟渠灌溉。棉花行距 0.8 m,种植密度 5.5 万株/hm²,棉花长势和

田间管理均匀一致。棉花品种为中棉 79,试验时间为 6 月 1 日,棉花生长期为苗期,7~8 叶,棉花平均株高为 15 cm,叶面积指数为 0.15。

2) 试剂和仪器。喷施药剂为棉花蚜虫常用的防治药剂 600 g/L 吡虫啉 SC,安阳全丰生物科技有限公司生产;200 g/L 丁硫克百威 EC,苏州富美实植物保护剂有限公司生产;食用染色剂诱惑红作为农药沉积分布的指示剂,购自西安依诺进出口贸易有限公司。

本次测试试验采用的是安阳全丰航空植保科技有限公司提供的 3WQF120-12 型智能悬浮植保机,为油动单旋翼无人直升机,采用德国 LECHLER 公司 LU-015 型号喷头,共 2 个喷头,喷液压力 0.2~0.3 MPa,喷洒流量 0.8~1.6 L/min,喷幅宽度 4~6 m,载药量 12 L,作业高度 2~6 m。雾滴测试卡为 40 mm×60 mm 的白色铜版纸。其他试验材料和设备包括扫描仪、紫外分光光度计、雾滴测试卡、橡胶手套、自封袋等。

1.2 试验方法

1) 试验处理设置。试验共设置 8 个处理,药剂用量及处理设置如表 1 所示。2 种药剂均采用田间常规使用剂量和减量 20% 的方式用药,吡虫啉喷施剂量分别为 90、72 g/hm²,丁硫克百威喷施剂量分别为 600、480 g/hm²。每种施药量分别采用 12、15 L/hm² 的喷液量进行喷雾。每个处理设计 4 个喷幅,每喷幅宽 4 m,作业小区长 90 m,每个处理进行 1 次喷雾,不设重复,为避免各处理间相互影响,每处理之间设置 4 m 隔离带不进行喷洒。在施药前对无人机进行流量调试,保证可达到试验所需的喷施量。无人机作业参数设置为作业高度 1.5 m,作业速度 5 m/s。诱惑红用量为 30 g/L。

表 1 药剂用量与处理

Table 1 Pesticide dosage and treatment

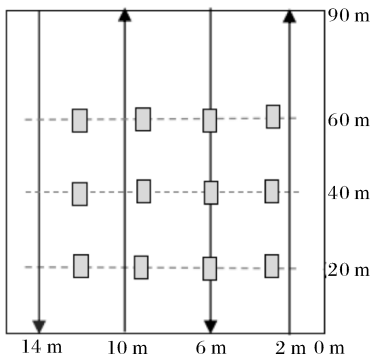
处理 Treatment	药剂 Pesticide	喷液量/ (L/hm ²) Volume	施药量/ (g/hm ²) Dosage
1	吡虫啉 Imidacloprid	12	90
2	吡虫啉 Imidacloprid	12	72
3	吡虫啉 Imidacloprid	15	90
4	吡虫啉 Imidacloprid	15	72
5	丁硫克百威 Carbosulfan	12	600
6	丁硫克百威 Carbosulfan	12	480
7	丁硫克百威 Carbosulfan	15	600
8	丁硫克百威 Carbosulfan	15	480

2) 诱惑红标准溶液的标准吸收曲线及洗脱回收率的测定。称取诱惑红 0.011 7 g 溶于蒸馏水,定容

至 10 mL,制成 1 000 mg/L 的母液;分别加蒸馏水稀释成质量浓度分别为 5、15、25、35、45、55、65、75、85、95 mg/L 的溶液。配制好的溶液,在紫外-可见分光光度计上进行光谱扫描,确定最大吸收波长。在确定的最大波长处,分别对质量浓度 5、15、25、35、45、55、65、75、85、95 mg/L 的溶液进行吸光度测量,确定线性质量浓度范围,并绘制标准曲线。

依次用移液枪在棉花叶片上滴加 30、50、70、90 μL 质量浓度为 1 000 mg/L 的诱惑红溶液,待溶液完全干燥后,将诱惑红染色区域棉花剪下放入试管中,用 10 mL 蒸馏水洗脱,用紫外-可见分光光度计测定质量浓度,计算得出诱惑红的洗脱回收率。回收率=洗脱回收质量/滴加质量 $\times 100\%$ 。

3) 农药沉积量试验样点采集。喷雾作业后,分别在无人机作业航线左侧 1 m 位置、中心航线、航线右侧 1 m 位置及 2 个喷幅边界处设置采样点。如图 1 所示,小区边界线处的位置记为 0 m,采样点分布设置在沿无人机作业方向的 20、40、60 m 的位置与垂直方向的 3、6、9、12 m 的交叉点,每小区共采集 12 个点,每采样点取 5 株棉花。同一航线方向上 3 m 位置的取 3 个采样点作为 3 个重复,计算雾滴沉积量时求取三者的平均值。6、9 和 12 m 位置的采样点编号顺序同前。



□: 采样点 Sample point; 箭头方向: 飞行航线 Direction of arrow; line of flight.

图 1 无人机试验布点示意图

Fig.1 Sample point layouts of unmanned aerial vehicle testing

4) 雾滴参数采集样点布置。喷雾开始前分别在处理 1 和处理 9 小区布设雾滴采集卡,在无人机作业区的喷幅范围内,Z 字形选取 6 个采样点,每点选取 5 株棉花,在每株棉花选取具有代表性的倒 3 或倒 4 展开叶作为布点叶片,在正面和反面分别布放 1 张雾滴采集卡用于监测雾滴密度。试验结束按顺序收集雾滴采集卡,放入自封袋中,带回室内进行数

据统计分析。

5) 药剂在棉花叶片上的沉积量测定。田间喷洒试验结束后对每个小区分别采样,每采样点取 5 株棉花全部叶片于自封袋内带回室内洗脱。每个自封袋添加清水 100 mL,洗脱液用滤膜过滤,洗脱液在 10 mL 离心管内保存,并用紫外分光光度计测定吸光值。根据农药有效质量浓度与诱惑红的比例关系,折算出相应的农药有效成分的沉积量,比较不同处理间药液沉积量。

1.3 雾滴数据采集与处理

收集的雾滴采集卡逐一编号后,采用扫描仪进行扫描,并通过美国农业部研制的图像处理软件 DepositScan 进行分析整理,得出不同处理下雾滴沉积密度、雾滴粒径大小等参数。

2 结果与分析

2.1 诱惑红标准曲线及洗脱回收率

配制好的诱惑红标准溶液经紫外-可见分光光度计扫描后,在波长 501 nm 处,诱惑红质量浓度在 0~95 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,诱惑红的吸光值 y 与浓度之间具有良好的相关性,其线性方程为 $y = 0.0313x + 0.0903$, $R^2 = 0.999$ 。诱惑红在棉花叶片上的洗脱回收率在 91.6%~105.1% 之间,表明诱惑红在棉花叶片上有较高的洗脱回收率,可以作为棉田药剂沉积分布研究的指示剂。

2.2 不同施药量及喷液量对药剂沉积量的影响

1) 不同施药量及喷液量对吡虫啉沉积量的影响。采用无人机喷雾,处理 1~4 各采集点棉花叶片上的雾滴沉积量在 $(0.07 \pm 0.03) \sim (0.64 \pm 0.26)$ $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 之间(表 2)。从表 2 可知,在同一喷液量下,施药量为 90 g/hm^2 的处理在单株棉花冠层叶片上的药液沉积量高于 72 g/hm^2 的处理,表明在无人机喷施作业过程中,提高药剂的用量有利于吡虫啉在棉花上的沉积。同一施药量条件下,喷液量为 15 L/hm^2 的处理在单株棉花冠层叶片上的药液沉积量高于 12 L/hm^2 的处理,结果显示增加无人机施药液量提高了药液在棉花上的沉积量。

在 4 个处理中,施药量为 72 g/hm^2 、喷液量为 12 L/hm^2 的处理在棉花冠层上的药液沉积量最低。当喷液量提高至 15 L/hm^2 时,药液在棉花冠层的沉积量增加,与 90 g/hm^2 、喷液量为 12 L/hm^2 的处理相比,尽管降低了 20% 的施药量,但对药液在棉花上的沉积量没有显著影响,2 种喷雾处理在单株棉

花上的沉积量相当。由此可见,药液在作物上的沉积量与喷液量有很大关系,在减量施药的情况下,可以适当增大无人机喷雾用水量,以达到同样的沉积效果。

表 2 采样点平均沉积量及单株棉花总沉积量

Table 2 Average deposition of sample points and total deposition of single cotton

处理 Treatment	施药量/ (g/hm ²) Dosage	喷液量/ (L/hm ²) Volume	采样点位置/m Sample location				总量/ μg Total
			3	6	9	12	
1	90	12	0.40±0.08a	0.33±0.15a	0.32±0.10b	0.35±0.07a	99.64ab
2	72	12	0.37±0.07a	0.30±0.20a	0.10±0.04c	0.31±0.15a	75.09b
3	90	15	0.64±0.26a	0.55±0.02a	0.45±0.07a	0.25±0.12a	128.04a
4	72	15	0.49±0.14a	0.56±0.11a	0.07±0.03c	0.31±0.04a	101.32ab
5	600	12	3.90±1.29a	4.37±0.78ab	1.51±0.60b	2.38±0.57a	801.59a
6	480	12	0.44±0.19c	3.00±0.32bc	1.82±0.64ab	2.67±0.95a	613.92a
7	600	15	4.00±0.50a	5.59±1.20a	0.76±0.26b	2.39±1.06a	870.64a
8	480	15	2.08±0.99b	1.94±0.62c	3.07±1.05a	0.50±0.24b	620.17a

注:同列中不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。下同。Note: Difference significance analysis were done between treatment 1 to 8. Means with different small letters in the same column are significantly different at the 0.05 level. The same as follows.

2)不同施药量及喷液量对丁硫克百威沉积量的影响。处理 5~8 各采集点棉花叶片上的雾滴沉积量在(0.44±0.19)~(5.59±1.20) $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 之间(表 2)。同一处理下不同位置的采样点雾滴沉积量存在较大差异,位于 6 m 位置的采样点雾滴沉积量普遍高于其他采样点沉积量,表明无人机喷雾作业过程中,雾滴沉积分布均匀性较差,在中心航线附近雾滴有较好的沉积,而在其他位置雾滴沉积情况较差。从表 2 可知,在同一喷液量喷雾的条件下,施药量为 600 g/hm^2 的处理在单株棉花上的总沉积量高于 480 g/hm^2 的处理,但差异未达到显著水平;而在同一施药量条件下,喷液量为 12 L/hm^2 的处理与 15 L/hm^2 的处理在棉花上的总沉积量差异不明显,表明提高无人机喷液量对丁硫克百威在棉花上的沉积量影响不大。

2.3 雾滴沉积分布

1)雾滴在棉花叶片上的沉积分布。如图 2 所示,在 12、15 L/hm^2 2 种喷雾处理下,雾滴在棉花叶片正面和背面均有沉积。同一喷雾量处理下,雾滴在叶片背面的沉积密度大于叶片正面的雾滴沉积密度;喷液量为 15 L/hm^2 时,棉花叶片背面的雾滴沉积密度较大,最高可达到 238.9 个/ cm^2 ,在棉花正面的雾滴沉积密度为 0.9~139.2 个/ cm^2 。喷液量为 12 L/hm^2 时,叶片正面的雾滴密度最小,雾滴密度为 1.4~65.9 个/ cm^2 ,棉花叶片背面的雾滴沉积密度为 1.1~110.7 个/ cm^2 。

2)雾滴粒径分布。由图 3 可知,在 12、15 L/hm^2 2 个喷雾量条件下,不同粒径大小的雾滴在叶片正面和背面均有分布,12、15 L/hm^2 的喷雾处理,在棉花叶片正面的雾滴中值直径分别为 113~

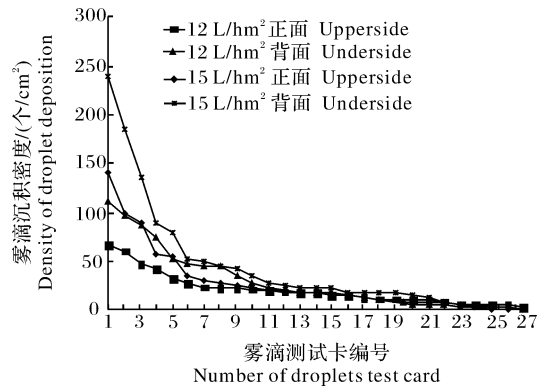


图 2 棉花叶片正面和背面的雾滴沉积密度

Fig.2 Density of droplet deposition on obverse side and reverse side of cotton leaf

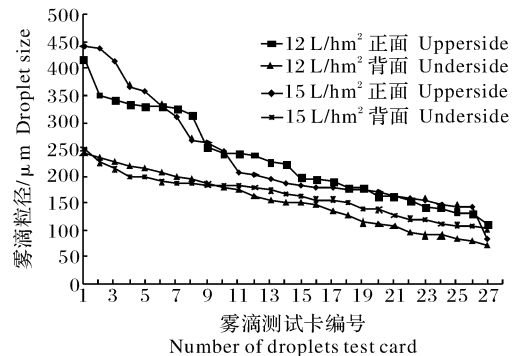


图 3 棉花叶片正面和背面的雾滴粒径分布

Fig.3 Droplet size distribution on obverse side and reverse side of cotton leaf

418、83~441 μm ,而在棉花叶片正面的雾滴中值直径仅为 72~242、102~252 μm ,叶片背面雾滴粒径明显小于叶片正面雾滴粒径。较大粒径的雾滴(雾滴体积中值直径大于 200 μm)主要沉积在叶片正面,而较小粒径的雾滴(雾滴体积中值直径小于 200

μm) 在叶片正面和反面均有沉积。这主要是由于雾滴受到无人机下压风场的影响, 相对较大的雾滴受到的影响较小, 更容易沉降在叶片正面, 而相对较小粒径的雾滴更易受到风场的作用而发生漂移, 附着在叶片背面。

3 讨论

本研究采用单旋翼植保无人机对苗期棉花进行喷施作业, 通过诱惑红洗脱回收和布置雾滴测试卡的方式, 研究无人机不同施药量和喷液量对药液沉积分布的影响。

喷液量是影响药液浓度和雾滴密度的重要因素, 无人机采用超低容量喷雾, 喷液量如果过低会降低药剂在靶标上的沉积, 进而影响田间防治效果。从对吡虫啉沉积量的分析结果可知, 当喷液量为 $12 \text{ L}/\text{hm}^2$ 时, 吡虫啉施药量为 $72 \text{ g}/\text{hm}^2$ 的处理在棉花上的总沉积量显著低于施药量为 $90 \text{ g}/\text{hm}^2$ 的处理, 将喷液量提高至 $15 \text{ L}/\text{hm}^2$ 时, 施药量为 $72 \text{ g}/\text{hm}^2$ 和 $90 \text{ g}/\text{hm}^2$ 的处理总沉积量相当, 说明在减量施药的情况下, 加大喷液量同样可以达到提高药液沉积量的目的。而丁硫克百威沉积量分析结果则显示, 该药剂施药量是影响药液沉积量变化的主要因素, 喷液量对丁硫克百威在棉花上的沉积量影响不大, 这可能与药剂的理化性能、植物表面结构及喷雾的均匀性有很大关系。研究表明在喷雾量不变的情况下, 田间杀虫剂施药量越高对害虫的防效越好, 但是过量施药往往造成药剂的浪费, 严重污染环境^[13]。因此, 需要寻找最佳的无人机施药参数, 提高农药在棉花上的沉积量, 以最小的药剂用量达到最佳的防治效果。

从雾滴测试结果来看, 植保无人机在棉田作业过程中, 不同采样点雾滴沉积分布情况存在较大差异, 中心航线附近采样点的雾滴沉积量较大, 而远离航线的旋翼两侧采样点的雾滴沉积量较小, 出现这种现象的原因主要是受到无人机旋翼下压风场的影响, 位于中心航线下方位置的雾滴受到风场影响比较稳定, 有利于较大粒径的雾滴的沉积, 而较小粒径的雾滴易受到旋翼下压及环境风场的作用而发生漂移, 降低了雾滴在旋翼两侧位置的有效沉积^[14]。

雾滴密度大小与害虫的防治效果有很大的关系, 在药剂有效剂量一定的情况下, 提高雾滴密度, 不仅可以有效降低农药施药量, 而且可以改善对害虫的防治效果^[15]。通过本试验的雾滴沉积分布情

况可以看出, 采用无人机进行喷雾, 雾滴均在棉花叶片正面和背面有效沉积, 且喷液量对雾滴分布和沉积密度有很大的影响。喷液量为 $15 \text{ L}/\text{hm}^2$ 时, 棉花叶片雾滴沉积密度以背面的雾滴沉积密度最大, 喷液量为 $12 \text{ L}/\text{hm}^2$ 时, 叶片正面的雾滴密度最小, 由此可见, 增加喷液量有利于提高药液在棉花叶片背面的沉积密度。苗期棉花蚜虫主要在棉花叶片背面刺吸为害, 田间采用无人进行喷雾时, 在药剂量不变的情况下, 适当加大喷液量有利于提高雾滴在叶片背面的沉积。

雾滴粒径大小也是影响害虫防治效果的重要因素之一, 研究认为叶面爬行类害虫幼虫防治的生物最佳粒径是 $30\sim 150 \mu\text{m}$, 较小粒径的雾滴比大雾滴具有更好的防治效果^[16]。由图3雾滴粒径分布结果可知, 喷液量对雾滴粒径的分布情况有较大影响, 作业过程中无人机下旋气流可以将棉花叶片吹翻过来, 使得叶片背面及茎秆也能很好着药。与喷液量 $12 \text{ L}/\text{hm}^2$ 相比, 当喷液量为 $15 \text{ L}/\text{hm}^2$ 时, 无人机喷施作业雾化效果更好, 雾滴粒径更小, 较小粒径的雾滴受到旋翼风场的作用, 而飘落在叶片背面。

综上可知, 施药量和喷液量是影响无人机喷雾药液沉积分布的重要因素, 针对不同类型的药剂应采取不同的施药措施。棉花苗期采用 $15 \text{ L}/\text{hm}^2$ 的喷液量进行无人机喷雾作业, 在棉花叶片背面具有较高的雾滴沉积密度和较小的雾滴粒径, 基于苗期棉花蚜虫在叶片背面分布为害的特点, 采用 $15 \text{ L}/\text{hm}^2$ 的喷液量进行无人机喷雾, 将有利于提高喷雾质量及对棉花蚜虫的防效。

参 考 文 献

- [1] 马小艳, 王志国, 姜伟立, 等. 无人机飞防技术现状及在我国棉田应用前景分析[J]. 中国棉花, 2016, 43(6): 7-11.
- [2] 崔金杰, 陈海燕, 赵新华, 等. 棉花害虫综合防治历程与展望[J]. 棉花学报, 2007, 19(5): 385-390.
- [3] 魏新华, 邵晋, 解禄观, 等. 棉花分行冠内冠上组合风送式喷杆喷雾机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2016, 47(1): 101-105.
- [4] 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): 27-28.
- [5] 郭永旺, 袁会珠, 何雄奎, 等. 我国农业航空植保发展概况与前景分析[J]. 中国植保导刊, 2014, 34(10): 78-82.
- [6] 刘浩蓬, 龙长江, 胡奔, 等. 一种无人多旋翼喷雾飞行器的设计[J]. 华中农业大学学报, 2016, 35(3): 140-144.
- [7] 陈胜德, 兰玉彬, 李继宇, 等. 小型无人机直升机喷雾参数对杂交水稻冠层雾滴沉积分布的影响[J]. 农业工程学报, 2016, 32(17): 40-46.

- [8] 张京,何雄奎,宋坚利,等.无人驾驶直升机航空喷雾参数对雾滴沉积的影响[J].农业机械学报,2012,43(12):94-96.
- [9] 刘慧强,董雪娟,费朝品,等.小型植保无人机施药防治稻飞虱的田间效果[J].中国植保导刊,2014,34(增刊):45-46.
- [10] 高圆圆,张玉涛,张宁,等.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[J].作物杂志,2013(2):139-142.
- [11] 薛新宇,秦维彩,孙竹,等.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[J].植物保护学报,2013,40(3):273-278.
- [12] 赵冰梅,张强,朱玉永,等.多旋翼植保无人机在棉蚜防治中的应用效果[J].中国植保导刊,2017,37(2):61-63.
- [13] 王穗,彭尔瑞,吴国星,等.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,2010,25(1):113-117.
- [14] 王大帅,张俊雄,李伟.植保无人机动态变量施药系统设计与试验[J].农业机械学报,2017,48(5):86-93.
- [15] 徐德进,顾中言,徐广春,等.雾滴密度及大小对氯虫苯甲酰胺防治稻纵卷叶螟效果的影响[J].中国农业科学,2012,45(4):666-674.
- [16] 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.

Pesticide spray distribution of plant protection UVA in cotton field

HU Hongyan REN Xiangliang JIANG Weili MA Xiaoyan MA Yajie WANG Dan MA Yan

*State Key Laboratory of Cotton Biology/Institute of Cotton Research,
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Anyang 455000, China*

Abstract Spray tests were conducted with a 3WQF120-12 fuel powered single-rotor UVA to study the distribution regularity of droplets deposition during aerial spraying with plant protection unmanned aerial vehicle (UAV) in cotton field. Imidacloprid and carbosulfan were separately sprayed with UAV under two spray dosages including conventional dose and 20% dose reduction, and two spray volumes including 12 L/hm² and 15 L/hm². Allura red was used as tracer to measure the pesticide spray distribution. The parameters of droplets were tested with droplets test card and analyzed with image processing software DepositScan. The results showed that spray volume had a great influence on the droplets deposition of imidacloprid on cotton. The droplet depositions of imidacloprid on cotton were 99.64 μg/cm² and 128.04 μg/cm² under the spray volumes of 12 L/hm² and 15 L/hm² with the spray dosage of 90 g/hm². The droplet depositions of these two volume groups on cotton were 75.09 μg/cm² and 101.32 μg/cm² when the spray dosage was 72 g/hm². Spray dosage had a great influence on the droplets deposition of carbosulfan on cotton. The droplet depositions were 613.92 μg/cm² and 801.59 μg/cm² under the spray volume of 12 L/hm² when the spray dosages were 480 g/hm² and 600 g/hm². The droplet depositions of these two dosage groups on cotton were 620.17 μg/cm² and 870.64 μg/cm² under the spray volume of 15 L/hm². The results of analyzing droplets distribution showed that droplets density on the underside of cotton leaves ranging from 0.8 cm⁻² to 238.9 cm⁻² were higher than that of upperside when the spray volume was 15 L/hm². The droplets density of the spray volume of 12 L/hm² were lower than that on the upperside and underside of cotton leaves ranging from 1.4 cm⁻² to 65.9 cm⁻² and from 1.1 cm⁻² to 110.7 cm⁻², respectively. The droplets size of the two spray volumes on the upperside of cotton leaves were larger and ranged from 83 μm to 441 μm and from 113 μm to 418 μm. The droplets size on the underside of cotton leaves were smaller and ranged from 72 μm to 242 μm and from 102 μm to 252 μm. It will provide references for applying and extending UAV to prevent and control pest in the cotton field.

Keywords cotton; plant protection unmanned aerial vehicle; pesticide deposition; spray volume; droplet deposition; distribution

(责任编辑:陆文昌)