

多喷头组合喷雾防治棉花害虫效果研究

曹龙龙¹, 宋坚利², 宫建勋¹, 李明军¹, 郝延杰¹, 张爱民^{1*}

(1. 山东省滨州市农业机械化科学研究所, 滨州市棉花全程机械化重点实验室, 滨州 256600;

2. 中国农业大学理学院, 北京 100193)

摘要 本文在喷杆喷雾机上优化喷洒装置, 采用多喷头组合喷雾, 设计了双扇面喷雾的吊杆喷雾装置, 对单一扇形雾喷头、双扇形雾喷头组合、双扇面吊杆喷雾进行了大田试验, 数据结果显示: 标准扇形雾喷头 ST110-04(德国 Lechler)+双扇面吊杆的喷雾效果最好, 在冠层上中下不同部位的沉积变异系数为 28.4%, 在棉花冠层下部的覆盖率达到 50.92%, 虫口减退率超过 85.0%; 标准扇形雾喷头和防飘喷头组合 ST110-02+IDK120-02(德国 Lechler)喷雾效果其次; 单一喷头喷雾在冠层下部的覆盖率较小, 为 33.14%, 虫口减退率(红蜘蛛)为 77.3%。双扇面组合喷雾与单扇面喷雾相比有显著性差异, 不同类型喷头组合的喷雾性能优于其他类型喷头。

关键词 喷头; 沉积均匀性; 棉花

中图分类号: S 491 文献标识码: B DOI: 10.16688/j.zwbh.2018476

Effects of multiple-nozzle spray on the control of cotton pests

CAO Longlong¹, SONG Jianli², GONG Jianxun¹, LI Mingjun¹, HAO Yanjie¹, ZHANG Aimin¹

(1. Binzhou Agricultural Mechanization Science Research Institute, Shandong Province, Binzhou Cotton Whole Process Mechanization Key Laboratory, Binzhou 256600, China; 2. College of Science, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract The objective of this study was to improve the droplet deposition uniformity on cotton canopy. Combined nozzle spray with boom sprayers was used in this study. The pendent boom appliance with double-fan spraying was designed to compare the single normal flat-fan nozzle, double flat-fan nozzle and pendent boom spray in cotton fields. Furthermore, the deposition uniformity and coverage of pesticides and pest control effect were investigated. The spray effect of normal flat-fan nozzle ST110-04 (Lechler)+double flat-fan pendent boom were the best; its deposition variation coefficient in different parts of the canopy was 28.4%; the coverage rate in the lower part of cotton canopy was 50.92%, and the decrease rate of pest insects was more than 85.0%. The spraying effect for the normal flat-fan nozzle and air induction flat-fan nozzle ST110-02+IDK120-02 (Lechler) were second; the coverage rate in the lower part of cotton canopy for single flat-fan nozzle was 33.14%, and the decrease rate of pest insects (the spider mite) was 77.3%. In conclusion, double flat-fan nozzle spraying significantly improves spraying performance.

Key words nozzle; deposition uniformity; cotton

黄河三角洲区域虽然地势平坦但土地“盐碱旱薄”, 严重影响着农业生产的发展。棉花具有耐盐碱、耐干旱、耐瘠薄能力强的特点^[1], 发展棉花生产可以更好地改良和利用盐碱地^[2], 对于国家“藏粮于地”的战略方针具有重要意义。

在棉花的种植过程中, 植保作业是最为繁重的管理工作之一^[3], 从苗期管理到最后收获需喷施十余次药剂。目前, 在棉花植保化控作业中, 小地块主

要以背负式电动喷雾机为主, 大地块的发展趋势是采用喷杆式喷雾机^[4], 虽然喷杆式喷雾机较背负式喷雾设备大大减轻了劳动强度, 提高了作业效率, 但是由于现有喷杆喷雾机普遍采用雾化等级为细雾滴的扇形雾喷头, 并采用自上而下顶压性喷雾的作业方式, 雾滴受到上层叶片拦截, 使得药液在棉花冠层沉积分布不均匀, 冠层上部及外侧较多^[5-6], 满足不了棉花生长中后期某些病虫害的防治需求^[7], 造成

收稿日期: 2018-11-13 修订日期: 2019-01-14

基金项目: 滨州市科技发展计划(2015ZC0117); “十二五”国家科技支撑计划(2013BAD08B02-02)

* 通信作者 E-mail: bzzam@163.com

药液浪费,影响植保化控效果;并且由于采用细雾滴喷雾,在风速较大的气象条件下,农药飘失严重。目前的喷洒部件很难同时满足覆盖率、飘失率和均匀性 3 个不同喷雾指标要求,所以很多学者研究组合式喷头喷雾,以期改善农药沉积分布特性^[8]。Ramon 研究了可以利用不同数目喷头的组合,来满足不同种类作物的作业要求,特别适用于带状喷雾和宽幅喷雾^[9]。徐艳蕾等设计了一种基于多喷头组合的变量系统用于精准喷药,减小农药施用量^[10],Lechler 公司研发了一种双扇面喷头 IDTA^[11],德国 AGROTOP 公司研发了双扇形文丘里喷嘴,研究发现双扇形喷头可以提高垂直靶标上喷雾的沉积量、均匀性及穿透性。魏新华等^[5]设计了一款棉花分行冠内冠上组合风送式喷杆喷雾,通过冠内和冠上的组合式气流扰动和输送,进一步提高雾滴的扩散范围和沉积分布均匀性。

本文改进了四轮自走式喷杆喷雾机的喷洒部件,将常规喷头体只安装单独一个喷头改进成多喷头组合喷雾的多扇面结构,设计了一种双扇面喷雾

吊杆,以棉田害虫(主要是白粉虱、棉铃虫、红蜘蛛)为防治对象,对棉花进行喷雾作业,研究雾滴在棉花冠层的沉积分布情况,并对防治效果及药害情况进行调查,分析常规喷雾与吊杆、双扇面喷头对病虫害的防效差异,筛选出最佳的喷头组合方式。

1 材料与方法

1.1 试验条件

试验地点为滨州市无棣县西小王乡黄庄村棉田,棉花品种为‘鲁棉研 37 号’,0.76 m 等行距种植,种植密度为 5 000 株/667 m²,试验时棉花处于花铃期,株高 1.0~1.2 m。

1.2 试验方法

试验共选取 4 种德国 Lechler 喷头:标准扇形雾喷头 ST110-02、ST110-04;防飘扇形雾喷头 IDK120-02、IDK120-04。共设置 7 种不同喷头组合的喷雾方式(表 1,图 1)。在进行大田喷雾作业时,Ⅲ~Ⅵ号组合中两喷头分别朝向喷杆的前、后方,即两喷头连线平行于机具行走方向。

表 1 喷雾试验不同类型喷头组合方式

Table 1 Combinations of different nozzles in spraying tests

喷头 Nozzles	序号 No.	组合方式 Combination method	喷头类型 Nozzle type
单一喷头 Single nozzle	I	标准扇形雾喷头	ST110-04
	II	防飘扇形雾喷头	IDK120-04
组合喷头 Combined nozzles	III	标准扇形雾喷头组合	ST110-02+ST110-02
	IV	防飘扇形雾喷头组合	IDK120-02+IDK120-02
	V	标准扇形雾喷头与防飘扇形雾喷头组合	ST110-02+IDK120-02
	VI	防飘扇形雾喷头与标准扇形雾喷头组合	IDK120-02+ST110-02
	VII	标准扇形雾喷头加装双扇面吊杆装置	ST110-04+吊杆(ST110-02+ST110-02)



图 1 不同类型的喷头组合

Fig. 1 Different types of nozzle combinations

1.2.1 不同类型喷头雾滴粒径测试

为了解不同类型喷头的雾化效果,测试了试验喷头的雾滴粒径。以清水做喷液,喷雾压力 0.3 MPa,利用激光雾滴粒径仪 Spraytec (英国马尔文)分别对 ST110-02、IDK120-02、ST110-04、IDK120-04 喷头进行雾滴粒径的测量。每个喷头设定 A、B、C、D、E 5 个测

量点,如图 2 所示,分别为扇面中心左 20 cm (A 点)、左 10 cm (B 点)、0 (C 点)、右 10 cm (D 点)、右 20 cm (E 点),每个点重复测量 3 次,由 Spraytec 软件分析得到雾滴粒径数据^[12]。

R_{SF} 为相对雾滴谱宽因素,是表征雾滴尺寸分布均匀性的基本参数,数值越小表明雾滴粒径越集中,

R_{SF} 计算公式为:

$$R_{SF} = \frac{D_{V90} - D_{V10}}{D_{V50}}$$

式中: D_{V50} 为雾滴体积中径, D_{V10} 、 D_{V90} 分别表示将取样雾滴的体积按雾滴从小到大的顺序累积, 当积累值等于取样雾滴体积总和的 10%、90% 时, 所对应的雾滴直径。

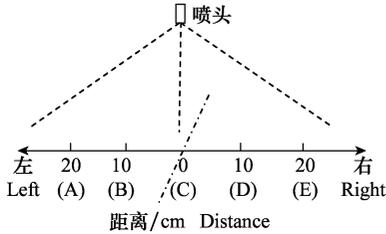


图 2 不同喷头粒径测试点示意图
Schematic diagram of particle size test points for different nozzles

1.2.2 组合喷头喷雾对棉花冠层沉积分布均匀性的影响

喷雾液以柠檬黄水溶液代替, 浓度为 2.5 g/L, 喷量为 30 L/667 m², 将试验田划分为 7 个小区, 每个小区喷幅内均匀取 3 株棉花布样点, 间隔 50 m。将布样的棉花植株分为上、中上、中、中下、下 5 层, 每层 2 个取样点, 每株 10 个取样点(图 3), 每个取样点布麦拉片和水敏纸, 每试验重复 3 次。

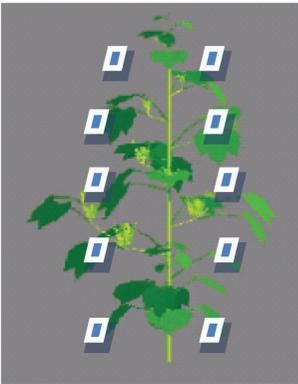


图 3 测试雾滴在棉株上沉积布样示意图
Fig. 3 Schematic diagram of droplet deposition pattern on cotton

7 个小区分别安装上述 7 种组合喷头进行喷雾试验。使用 3WPG-600 型自走式喷杆喷雾机(山东卫士植保有限公司)作业, 自走式喷杆喷雾机喷幅 6 m, 装有 12 个喷头, 喷头间距 0.5 cm, 喷雾高度 0.5 m, 喷雾压力 0.3 MPa, ST110-02、IDK120-02 喷头流量为 0.78 L/min, ST110-04、IDK120-04 喷头流量为

1.5 L/min, 行走速度 1.2 m/s。作业时, 天气晴朗, 风速 0.8~1.2 m/s, 气温 34℃, 相对湿度 53.3%。

喷雾结束后, 分别收集麦拉片和水敏纸于自封袋和信封中, 用于沉积的定量测定和雾滴密度检测。利用 721 型紫外-可见分光光度计(上海光谱仪器有限公司)测定麦拉片上柠檬黄的沉积量, 计算单位面积沉积量。通过 Depositscan(美国 USDA)软件计算出雾滴在水敏纸上的覆盖率、单位面积覆盖雾滴个数等信息。

1.2.3 使用不同类型喷头对棉花害虫的防治效果调查

试验分为 4 个小区, 分别用单一标准扇形雾喷头 ST110-04(I)、单一防飘喷头 IDK120-04(II)、标准扇形雾喷头和防飘喷头组合 ST110-02 + IDK120-02(V)、单一标准扇形雾喷头 ST110-04 + 双扇面吊杆(VII)进行喷雾。试验药剂为: 30%阿维·矿物油乳油 100 mL/667 m²(山东省农药研究所); 2%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油 25 mL/667 m²(石家庄兴柏生物工程有限公司); 微量元素水溶肥水剂 40 mL/667 m²(达尔斯特农化有限公司)。喷雾机参数同 1.2.2, 施药液量为 30 L/667 m², 作业时, 气温 22~32℃, 相对湿度 81%, 风速 0.2~0.4 m/s。每小区采用对角线 5 点取样, 每点调查 10 株, 每个小区共 50 株。对每个小区喷幅内的棉铃虫、红蜘蛛、白粉虱进行标记, 于喷药前 1 d 及喷药后 1、3、5、7 d 进行药效调查, 计算虫口减退率。

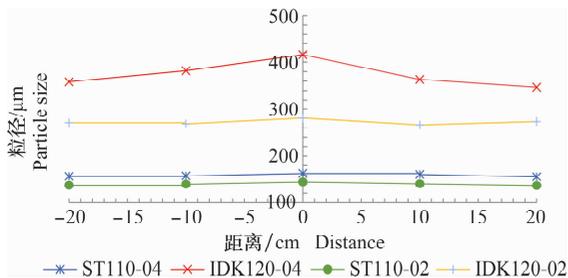
$$\text{虫口减退率} = \frac{pt_0 - pt_1}{pt_0} \times 100\%$$

式中, pt_0 为处理区施药前虫数; pt_1 为处理区施药后虫数。

2 结果与分析

2.1 不同类型喷头雾滴粒径的测试

由图 4 可知, IDK 系列喷头的雾滴粒径明显大于 ST 系列喷头的雾滴粒径, 根据美国 ASABE S-572.1 标准^[13], 在喷雾压力 0.3 MPa 下, IDK120-04 的雾化等级是粗雾滴, IDK120-02 的雾化等级是中雾滴, ST110-02 和 ST110-04 的雾化等级为细雾滴。由表 2 可知, 喷头型号较小的雾滴粒径较为集中, 小雾滴在喷雾扇面中间聚集有利于小雾滴的稳定性, 而在喷雾扇面的两侧则飘失几率大, 大雾滴的雾滴谱范围较宽, 有利于病虫害的防治。

图 4 不同类型喷头不同位置雾滴 D_{v50} 大小Fig. 4 The spray droplet D_{v50} sizes of different nozzles at different space positions表 2 不同类型喷头 R_{SF} 大小对比Table 2 Comparison of the R_{SF} of different nozzles

喷头类型 Nozzle	$D_{V10}/\mu\text{m}$	$D_{V90}/\mu\text{m}$	R_{SF}
IDK120-04	136.8	907.9	1.86
ST110-04	75.4	374.3	1.85
ST110-02	77.1	279.5	1.39
IDK120-02	121.0	608.9	1.74

2.2 组合喷头喷雾对棉花冠层沉积分布均匀性的影响

由表 3 可知,不同喷头组合的喷雾沉积分布均匀性存在一定的差异。沉积分布较好的是 ST110-04 + 双扇面吊杆 (ST110-02 + ST110-02) 组合,该组合使用标准扇形雾喷头,雾化颗粒细小均匀,雾滴密度大,有利于雾滴在叶面上沉积,变异系数最小 (6.6%); ST110-02+IDK120-02、IDK120-02+ST110-02

组合喷头中 ST110-02 喷头有利于上层沉积的均匀性, IDK 系列喷头有利于提高穿透性; IDK120-04、IDK120-02+IDK120-02 喷头雾滴粒径大,沉积量多,分别为 4.85、4.82 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$; ST110-04 喷头雾滴沉积密度大,容易受温度、风速等外部环境的影响,其沉积量最小 (4.62 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)、变异系数最高 (24.1%)。

不同喷头组合的喷雾在冠层不同部位的沉积分布均匀性存在较大的差异,雾滴在冠层上的沉积量由上及下逐渐递减。ST110-04+双扇面吊杆 (ST110-02 + ST110-02) 组合在不同部位的沉积量变异系数为 28.4%,该组合对作物形成“门”字形喷洒,对棉花整个植株进行包裹性喷洒,增强了药液的穿透性与沉积分布均匀性,下部吊杆的喷头采用 ST110-02+ST110-02 双扇面组合喷头,能较均匀地喷洒在两行植株的下部,雾滴细小,在冠层下部环境较为密闭,飘失很少,易喷洒到害虫体表,形成立体喷雾,达到最佳的防效。ST110-02+ST110-02 组合在冠层的沉积量多,但是均匀性较差,变异系数为 55.5%,上部沉积量是下部沉积量的 5.2 倍,该组合喷雾在棉花冠层的穿透性较差,水平喷杆喷施细小雾滴的喷雾,则大部分雾滴沉积在冠层上部与表层,很难穿透叶片到达冠层内部及下部,不利于均匀着药。IDK 系列喷头雾滴粒径大,穿透性强,但雾滴密度小,雾滴个数较少,容易受到地面平整程度等外部环境的影响。

表 3 自走式喷杆喷雾机组合喷头喷幅内整株冠层沉积分布均匀性¹⁾

Table 3 Deposition uniformity of combined nozzles of the self-propelled boom sprayer on the whole canopy

喷头类型 Nozzle	沉积量/ $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ Deposition									平均值 Average	变异系数/% CV
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
ST110-04+双扇面吊杆 ST110-04+ Double-fan boom	4.69	4.45	4.44	4.23	4.28	5.06	4.85	4.46	4.11	4.76	6.6
ST110-02+IDK120-02	4.82	4.71	4.77	4.11	3.77	4.91	4.55	4.06	3.87	4.68	9.8
IDK120-02+ST110-02	5.46	4.96	4.84	4.54	4.48	5.41	5.42	4.87	4.06	4.79	10.2
IDK120-02+IDK120-02	6.06	5.30	4.39	4.32	4.11	5.55	5.28	4.96	4.86	4.82	12.8
ST110-02+ST110-02	5.52	5.05	4.87	3.73	3.69	5.27	5.03	4.75	4.84	4.72	19.1
IDK120-04	5.65	5.23	5.19	4.86	3.78	6.07	4.95	4.86	4.36	4.85	13.4
ST110-04	6.36	4.01	3.77	3.49	3.45	5.84	5.49	4.24	3.99	4.62	24.1

1) 1~9 代表一个喷头组合小区三次重复试验的棉花序号。

1~9 represents the serial numbers of cotton in three repeated tests of a nozzle combination.

表 4 自走式防飘喷杆喷雾机组合喷头喷幅冠层不同部位沉积分布均匀性

Table 4 Deposition uniformity of combined nozzles of the self-propelled boom sprayer on partial canopy

喷头类型 Nozzle	沉积分布均匀性/ $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ Deposition uniformity					平均值 Average	变异系数/% CV
	上部 Upper part	中上部 Upper middle part	中部 Middle part	中下部 Middle and lower part	下部 Lower part		
ST110-04+双扇面吊杆 ST110-04+ Double-fan boom	6.29	5.22	4.77	3.54	3.07	4.58	28.4
ST110-02+IDK120-02	6.72	5.65	4.11	3.02	2.52	4.40	40.1

续表 4 Table 4(Continued)

喷头类型 Nozzle	沉积分布均匀性/ $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ Deposition uniformity					平均值 Average	变异 系数/% CV
	上部 Upper part	中上部 Upper middle part	中部 Middle part	中下部 Middle and lower part	下部 Lower part		
IDK120-02+ST110-02	7.45	6.45	5.01	3.85	2.21	4.99	41.5
IDK120-02+IDK120-02	7.55	6.14	4.06	2.84	1.76	4.47	53.1
ST110-02+ST110-02	8.35	6.19	5.08	2.85	1.61	4.81	55.5
IDK120-04	8.09	6.29	4.82	3.07	2.12	4.88	49.4
ST110-04	7.47	6.74	5.08	3.30	1.72	4.86	49.0

表 5 不同组合喷头雾滴在棉花植株下部雾滴沉积密度¹⁾

Table 5 Droplet deposition densities of different nozzles in the lower part of cotton

喷头组合 Nozzle	覆盖率/% Coverage	雾滴范围/个· cm^{-2} Drop range	雾滴密度/个· cm^{-2} Drop density
ST110-04+双扇面吊杆 ST110-04+ Double-fan boom	(50.92±8.58) a	20~64	(49.50±10.36) a
ST110-02+IDK120-02	(46.39±8.12) ab	25~49	(38.92±16.12) ab
IDK120-04	(40.42±5.94) ab	13~36	(28.34±9.52) ab
ST110-04	(33.14±5.15) b	6~56	(18.06±5.01) b

1) 表中数据为平均值±标准差。表格中的字母指示各量间在 0.05 水平的差异显著性,字母相同的量之间没有显著性差异。

The values are means±SD. Different letters in the table indicates the significant difference at the level of 0.05; the values followed by the same letter in the same columns are not different statistically.

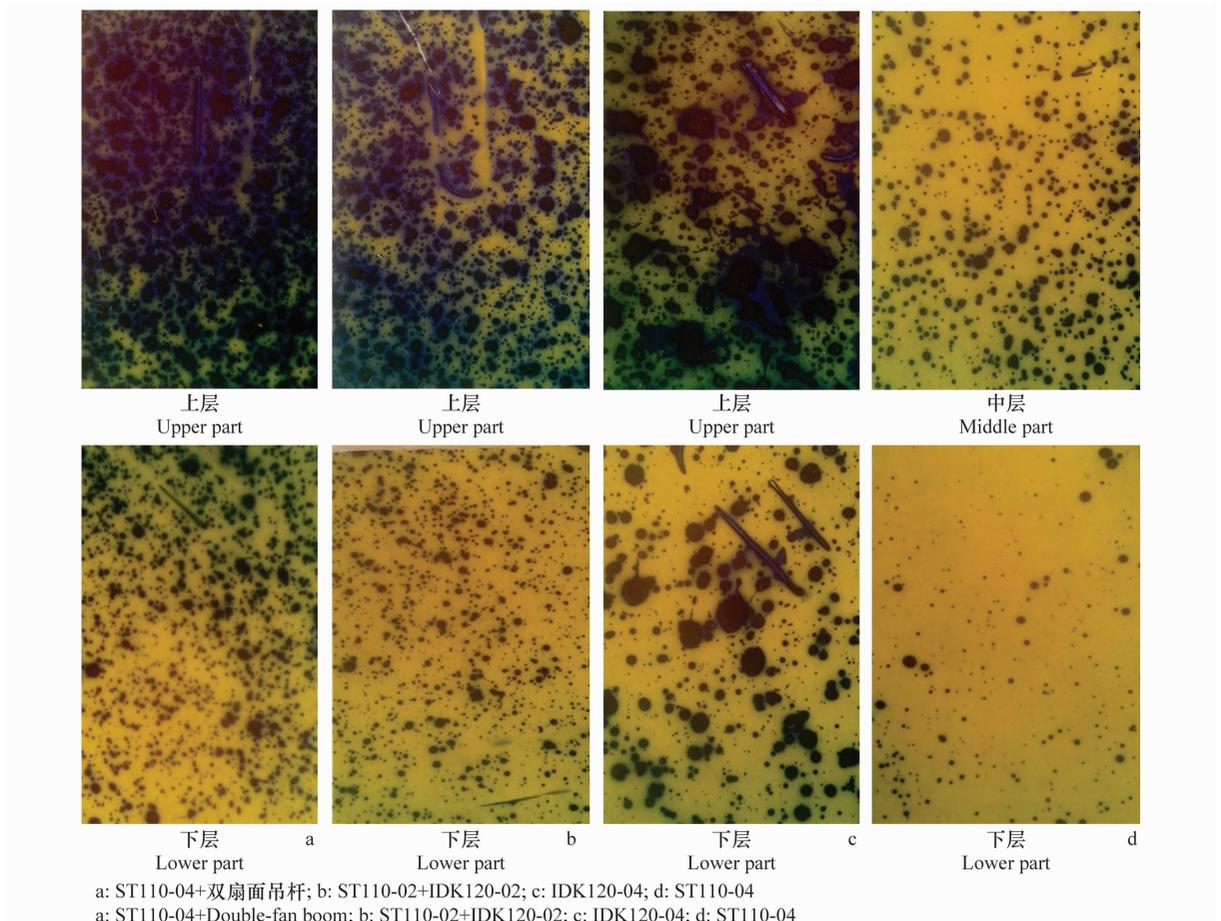


图 5 4 种喷头在棉花植株中下层的水敏纸上雾滴沉积分布

Fig. 5 Water-sensitive paper droplet deposition of four kinds of nozzles in the lower part of cotton

2.3 不同组合喷头喷雾对棉花冠层下部雾滴密度分布的影响

由表 5 可知,ST110-04+双扇面吊杆组合在冠层下部的雾滴密度为 49.50 个/cm²,覆盖率为 50.92%,雾滴分布均匀(图 5a),覆盖面广;ST110-02 和 IDK120-02 喷头组合下中等雾滴气流与细雾滴气流相互作用,上层沉积分布较均匀,覆盖性好(图 5b),下层沉积稍少,雾滴密度为 38.92 个/cm²,覆盖率为 46.39%;IDK120-04 喷头的喷雾在冠层下部的覆盖率与雾滴密度与 ST11-02 和 IDK120-02 组合不存在显著性差异;4 个组合中,ST110-04 喷头喷雾在冠层上部有一定的沉积,但在下部沉积很少(图 5d),由于此喷头的雾滴粒径较小,喷雾气流的穿透性较差,雾滴不易到达冠层下部并沉积。

棉花中后期叶片相互遮挡,白粉虱等在遮挡的冠层下面和叶片背面,喷雾雾滴能否穿透冠层到达中下部,关系到药效的发挥^[14],喷雾方法和沉积均匀性是关键。

2.4 使用不同类型喷头对棉花害虫的防治效果

试验选取 4 种喷头 ST110-04+双扇面吊杆、ST110-02+IDK120-02、IDK120-04、ST110-04 调查药效,试验前一天先进行药前基数调查,统计不同害虫的数量。分别于药后 1、3、7 d 调查药效。施药 7 d 后药效结果如图 6 所示,棉铃虫的虫口减退率分别

为 89.5%、87.5%、88.5%、86.4%。棉铃虫一般在植株嫩叶及顶心处,而喷杆喷雾机不同的组合喷头喷雾在上部沉积较好,4 种喷头组合喷雾对棉铃虫均有很好的防治效果,虫口减退率差异较小。

对于红蜘蛛和白粉虱来说,不同的组合喷头喷雾其防治效果有较大的差异,沉积分布均匀性和防效成正比。白粉虱在底部躲避过程中,ST110-04 双扇面吊杆组合中,底部吊杆(ST110-02+ST110-02)喷头正好将细小的雾滴喷洒到害虫体表,喷杆喷头和吊杆喷头可以很好地在叶片背面喷雾沉积,第 7 天虫口减退率大于 85%。ST110-02+IDK120-02 由于 ST110-02 号喷头在上部有较好的雾滴密度,和 IDK120-02 大雾滴夹带气流相互辅助,沉积到下部的量和雾滴密度也可以得到很好的保证,药液附着在害虫体表的概率也增大,第 7 天虫口减退率在 83%以上。IDK120-04 喷头来讲,虽然穿透力较强,但由于雾滴密度较小,药液雾滴能够附着在害虫体表的概率变低,虫口减退率略低(第 7 天 79%以上)。ST110-04 喷头的喷雾密度能达到防治要求,但穿透性差,不能有效地将药液喷洒到底部的害虫体表,虫口减退率稍差(第 7 天 77%以上)。在防效和沉积均匀性保持一致的前提下,4 种喷头的防治效果大小顺序为:ST110-04+双扇面吊杆>ST110-02+IDK120-02>IDK120-04>ST110-04。

表 6 不同喷头组合喷雾对主要棉花害虫的防治效果

Table 6 Control efficacies of spraying by different kinds of nozzles against cotton pests

喷头组合 Nozzle combination	虫害 Insect pest	药前虫口 基数/头 Base number before spray	1 d		3 d		5 d		7 d	
			虫口 数/头 Number of insects	虫口减 退率/% Decrease rate of insects						
ST110-04+双扇面吊杆 ST110-04+Double-fan boom	棉铃虫 <i>Helicoverpa armigera</i>	19	4	79.0	3	84.2	2	89.5	2	89.5
	红蜘蛛 Spider mite	223	43	80.7	36	83.9	33	85.2	30	86.6
	白粉虱 Whitefly	3 626	718	80.2	612	83.1	506	86.0	510	85.9
ST110-02+IDK120-02	棉铃虫 <i>H. armigera</i>	24	5	76.2	4	83.3	3	87.5	3	87.5
	红蜘蛛 Spider mite	206	46	77.7	38	81.6	37	82.0	35	83.0
	白粉虱 Whitefly	3 707	811	78.1	693	81.3	585	84.2	579	84.4
IDK120-04	棉铃虫 <i>H. armigera</i>	26	6	76.9	5	80.8	4	84.6	3	88.5
	红蜘蛛 Spider mite	216	55	74.5	46	78.7	44	79.6	45	79.2
	白粉虱 Whitefly	3 609	962	73.3	916	74.6	756	79.1	741	79.5
ST110-04	棉铃虫 <i>H. armigera</i>	22	5	77.3	4	81.8	3	86.4	3	86.4
	红蜘蛛 Red spider	212	59	72.2	54	74.5	50	76.9	45	78.8
	白粉虱 Whitefly	3 581	1 003	72.0	964	73.1	861	76.0	812	77.3

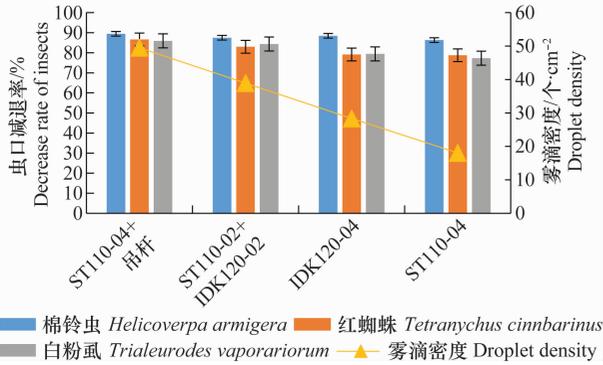


图6 雾滴密度与不同喷头喷雾对棉花害虫的防治效果

Fig. 6 Effects of the droplet density and different nozzle sprays on cotton pests

3 结论

本文通过田间试验测试了7种喷头类型的喷杆喷雾机喷雾雾滴在棉花冠层不同部位的沉积分布,对雾滴在棉花冠层的沉积密度结果和对棉花主要害虫的防治效果进行了分析。结果表明,沉积均匀性依次为ST110-04+双扇面吊杆>ST110-02+IDK120-02>IDK120-02+ST110-02>IDK120-02+IDK120-02>IDK120-04>ST110-04>ST110-02+ST110-02。对害虫防治效果与沉积均匀性保持一致,4种类型的喷头组合防治效果ST110-04+双扇面吊杆>ST110-02+IDK120-02>IDK120-04>ST110-04。综合以上试验结果,分析新型组合喷头的喷雾特性,确定最佳的喷雾组合方式为ST110-02+IDK120-02。

参考文献

[1] 刘国强,鲁黎明,刘金定.棉花品种资源耐盐性鉴定研究[J].作

物品种资源,1993(2):21-22.

[2] 张龙全,陈培坤.改良利用盐碱地种植棉花好处多[J].农业科技通讯,1982(4):12.
 [3] 王双双.雾化过程与棉花冠层结构对雾滴沉积的影响[D].北京:中国农业大学,2015.
 [4] 初晓庆,张晓辉,范国强,等.棉花植保机械应用现状及发展展望[J].中国棉花,2013,40(7):14-16.
 [5] 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):101-107.
 [6] FOQUÉ D, PIETERS J G, NUYTTENS D. Spray deposition and distribution in a bay laurel crop as affected by nozzle type, air assistance and spray direction when using vertical spray booms [J]. Crop Protection, 2012, 41: 77-87.
 [7] 时玲,张霞,吴红生.扇形喷头雾量分布均匀性的试验研究[J].云南农业大学学报,2011,26(3):389-394.
 [8] 李娟.雾滴直径和喷雾量对茎叶处理除草剂药效的影响[D].北京:中国农业大学,2006.
 [9] RAMON H, LANGENAKENS J. Model-based improvement of spray distribution by optimal positioning of spray nozzles [J]. Crop Protection, 1996, 15(2): 153-158.
 [10] 徐艳蕾,包佳林,付大平,等.多喷头组合变量喷药系统的设计与试验[J].农业工程学报,2016,32(17):47-54.
 [11] ZEMLIČKA J. Agritechnica 2015: Lechler introduces IDTA air injector double flat fan nozzle [EB/OL]. <https://www.farm-equipment.com/keywords/19867-idta-air-injector-double-flat-fan-nozzle>.
 [12] 马宁.防飘喷头和标准扇形喷头的喷雾特性比较[D].北京:中国农业大学,2012.
 [13] ANSI/ASABE S572. 1-2009, Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra [S].
 [14] MATTHEWS G A. Pesticide application methods [M]. 3rd edition. Oxford: Blackwell Science Ltd, 2000.

(责任编辑:田喆)

(上接169页)

[22] 王小敏,吴文龙,闫连飞,等.分光光度计法测定果胶酶活力的方法研究[J].食品工业科技,2007,28(5):226-229.
 [23] 刘震,赵丰舟,崔佳,等.玉米弯孢叶斑病菌PG基因家族鉴定与表达分析[J].玉米科学,2018,26(4):166-172.
 [24] 赵晓燕,刘正坪.真菌多聚半乳糖醛酸酶研究进展[J].菌物研究,2007,5(3):183-186.
 [25] MARKOVIC O, JANECEK S. Pectin degrading glycoside hydrolases of family 28: sequence-structural features, specificities and evolution [J]. Protein Engineering, 2001, 14(9): 615-631.
 [26] CARNEIRO J S, DE LA BASTIDE P, CHABOT M, et al. Suppression of polygalacturonase gene expression in the phytopathogenic fungus *Ophiostoma novo-ulmi* by RNA interference [J]. Fungal Genetics and Biology, 2010, 47(5): 399-405.
 [27] WILLIAMSON B, JOHNSTON D J, RAMANATHAN V, et al.

Polygalacturonase inhibitor from immature raspberry fruits: a possible new approach to grey mould control [D]. Acta Horticulturae, 1993(352): 601-606.
 [28] 巩振辉,吕元红,王晓敏.樟疫霉菌多聚半乳糖醛酸酶16和17基因的克隆,测序及其真核表达研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2005,33(6):1-6.
 [29] SUN Wenxiu, JIA Yongjian, FENG Baozhen, et al. Functional analysis of *Pcipg2* from the straminopilous plant pathogen *Phytophthora capsici* [J]. Genesis, 2009, 47(8): 535-544.
 [30] VALETTE-COLLET O, CIMERMAN A, REIGNAULT P, et al. Disruption of *Botrytis cinerea* pectin methylesterase gene *Bcpme1* reduces virulence on several host plants [J]. Molecular Plant-Microbe Interactions, 2003, 16(4): 360-367.

(责任编辑:田喆)