

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.06.017

高构架玉米喷雾机门式喷雾系统*

王波 张东兴 杨丽 王粮局
(中国农业大学工学院, 北京 100083)

摘要: 为对玉米植株中下部病虫害进行有效防治,设计了将吊杆喷雾装置与横喷杆相结合的门式喷雾系统。通过理论与试验方法确定了主要结构及性能参数:顶喷头与吊杆喷头分别选用80°和110°扁扇喷头,“Y”形支管与吊杆夹角为20°,吊杆长度为1 200 mm,在竖直方向上对作物植株的喷幅为1 150 mm。试验台试验表明:与常规横喷杆喷雾结构相比,在相同喷雾量下该系统对玉米上层与中层叶片正面单位面积雾滴沉积量提高了12.5%以上;吊杆喷雾装置的设计显著提高了玉米植株中层叶片背面与下层叶片正面及背面的雾滴沉积;吊杆喷雾装置与横喷杆的结合,提高了雾滴在植株不同高度水平层面的沉积均匀性。

关键词: 门式喷雾系统 玉米 吊杆喷雾装置 雾滴沉积

中图分类号: S499 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)06-0104-08

引言

目前我国玉米病虫害防治作业中,常用的植保机具为背负式手动喷雾器和背负式机动弥雾机。对于东北春播玉米区,玉米在生长中后期冠层密集,茎秆高,自走式喷雾机难以进地作业,而常用的背负式喷雾机型,劳动条件差、工效低、农药有效利用率低^[1-5],难以对发生在这个时期的病虫害进行有效防治,且易造成玉米产品中农药残留超标、环境污染、施药者体表药液沉积中毒等不良后果^[6]。当大规模爆发性病害发生时,更可能延误时机,造成大面积减产,严重影响我国粮食安全。

为解决玉米生长中、后期自走式喷雾机无法进地作业的问题,北京丰茂植保机械有限公司及吉林省农科院分别开发了高秆作物喷杆喷雾机,此类机型为高构架跨行式,喷杆高度可调,但对发生在玉米植株中、下部的病虫害,如丝黑穗病、玉米螟等仍不能进行有效防治。

针对上述问题,本文提出将吊杆喷雾装置与常规横喷杆相结合,构成适用于高构架跨行自走式玉米喷雾机的门式喷雾系统,以玉米叶片雾滴沉积量为依据,对其作业性能进行试验,研究喷雾机构对玉米叶片雾滴附着的影响,为玉米植保机械的进一步发展提供理论和实践基础。

1 总体结构及工作原理

针对高秆作物如玉米、高粱等的中、后期病虫害防治机具,主要为高构架玉米喷雾机,其结构形式如图1所示。此种结构可跨行自走,最大作业高度为2 m,喷杆高度可在0.5~2 m范围内调节,驾驶员座椅离地高度为0.9 m。由于结构限制,该机型主要适用于东北垄作玉米种植区,垄作地形增强了机具在田间行走的稳定性,同时通过降低喷雾机行驶速度与喷雾量,较好地实现了玉米植株高度接近2 m时的田间喷雾作业。

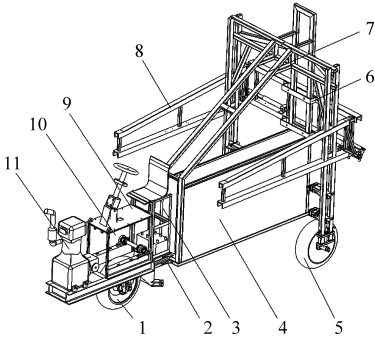


图1 高构架玉米喷雾机结构简图

Fig.1 High-frame corn sprayer structure

1. 前驱动轮装置 2. 前后机架连接装置 3. 液压油泵 4. 药液箱 5. 后驱动轮装置 6. 导轨连接装置 7. 后部机架 8. 喷杆折叠机构 9. 前部机架 10. 药液泵 11. 发动机

收稿日期: 2013-07-15 修回日期: 2013-11-21

* 国家公益性行业(农业)科研专项资助项目(200903059)、国家现代玉米产业技术体系建设资助项目(CARS-02)和农业部土壤-机器-植物系统技术重点实验室资助项目

作者简介: 王波, 博士生, 主要从事农业机械装备与计算机测控研究, E-mail: wangbo@cau.edu.cn

通讯作者: 杨丽, 副教授, 主要从事农业机械装备与计算机测控研究, E-mail: yl_hb68@126.com

并将其高度分别调至预设高度,在额定喷雾压力 0.16 MPa 下进行喷雾 1 min,记录测定数据。通过对试验结果的数据分析,得出喷头在 600、700 和 800 mm 安装高度下雾量分布变异系数分别为 8.7%、8.6% 和 15.7%。

由试验结果可知,在 0.16 MPa 喷雾压力下,当 80°喷头在横喷杆上安装高度为 700 mm 时,雾量分布变异系数最小,因此本设计中选用 700 mm 作为喷头安装高度,即吊杆选取顶喷头至植株最佳喷雾目标距离 H_0 的实际值为 700 mm,从而确定 H_2 取值为 400 mm。

2.2 H_3 与 θ_1 的确定

由图 3 可知,吊杆喷头雾锥角上边缘和水平线夹角 θ_1 ,与吊杆喷头雾锥角下边缘和水平线夹角 θ_2 的关系为

$$\theta_1 + \theta_2 = 110^\circ \tag{6}$$

吊杆喷头在水平线下方喷幅 H_4 ,吊杆喷头在水平线上方喷幅 H_5 ,与 θ_1 、 θ_2 的关系为

$$H_4 = \frac{S}{2}\tan\theta_2 \tag{7}$$

$$H_5 = \frac{S}{2}\tan\theta_1 \tag{8}$$

由式(3)可知,当 θ_1 为 90°时, β 将达到 35°,则玉米植株中上部易受到过量喷雾而产生药害,而植株下部又得不到有效喷雾。将 β 设定为 10°、20°、30°,分别在这 3 个安装角度下,对吊杆喷头喷雾角进行测量,并通过喷雾角确定 H_4 和 H_5 ,从而最终确定吊杆长度 H_L 与“Y”形支管与吊杆夹角 β 。图 4 为吊杆喷头雾角图像处理过程,通过对原始图像的分割、二值化处理、边缘分割、直线拟合等^[9-11],得出不同安装角度下的吊杆喷头雾角,如表 1 所示。

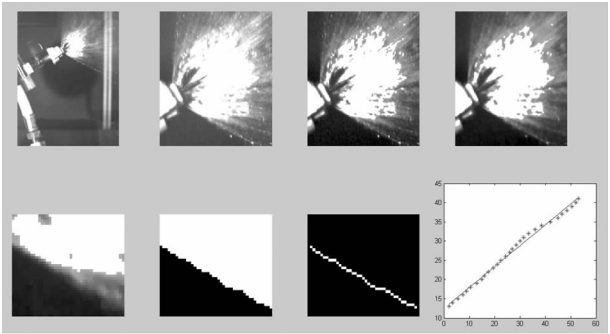


图 4 吊杆喷头喷雾角图像处理
Fig.4 Image process for branch nozzle spary angle

表 1 不同安装角度下吊杆喷头喷雾角
Tab.1 Spray angle parameters of branch nozzle (0.16 MPa) (°)

编号	10°			20°			30°		
	θ_1	θ_2	$\theta_1 + \theta_2$	θ_1	θ_2	$\theta_1 + \theta_2$	θ_1	θ_2	$\theta_1 + \theta_2$
1	67.14	50.4	117.54	75.80	37.94	113.74	85.82	31.12	116.94
2	66.30	46.33	112.63	76.57	39.16	115.73	94.72	27.81	122.53
3	62.44	48.43	110.87	78.16	39.63	117.79	85.51	28.54	114.05
4	63.75	43.12	106.87	77.59	36.31	113.90	84.78	30.66	115.44
5	66.62	45.58	112.20	75.45	34.66	110.11	85.07	32.67	117.74
平均	65.25	46.77	112.02	76.71	37.54	114.25	87.18	30.16	117.34

由表 1 可知,由于“Y”形支管与吊杆有一定向上夹角,因此喷雾角的上半角 θ_1 总是大于下半角 θ_2 。而根据式(7)、式(8),可得“Y”形支管与吊杆夹角分别为 10°、20°、30°时,吊杆喷头在水平线下方喷幅 H_4 与吊杆喷头在水平线上方喷幅 H_5 。

由表 2 可知,当“Y”形支管与吊杆夹角为 20°时,吊杆喷头既满足了相对较大的水平向下喷雾,又避免了水平向上过多喷雾造成的药害,此时吊杆喷头在水平线下方喷幅 H_4 与吊杆喷头在水平线上方

喷幅 H_5 数据为最佳。因此取 β 为 20°,此时喷雾角的上半角 $\theta_1 = 76.71^\circ$,且 $H_5 = 1\,376\text{ mm}$, $H_4 = 250\text{ mm}$ 。

将吊杆可变长度 H_3 设定为 500 mm,以减少质量并避免吊杆过长而在随车体前进过程中受到过大阻力。最后由式(1)与(2)可知,吊杆长度为

$$H_L = 300 + 400 + 500 = 1\,200\text{ mm}$$

门式喷雾结构在竖直方向上对作物植株的喷幅为

$$H_T = 400 + 500 + 250 = 1\,150\text{ mm}$$

3 门式喷雾系统沉积试验

3.1 试验目的

为了更好地对门式喷雾系统喷雾作业性能进行研究,设置了门式喷雾系统和常规横喷杆喷雾结构作业性能的对比试验,通过两种不同结构形式在不

表 2 吊杆喷头水平线上/下方喷幅

Tab.2 Spray scale parameters of branch nozzle

夹角/(°)	mm		
	10	20	30
水平线上方喷幅 H_5	705	1 376	6 598
水平线下方喷幅 H_4	346	250	189

同行走速度下对玉米植株不同部位叶片雾滴沉积量的收集、测量,分析两种结构形式对玉米植株各部位叶片雾滴沉积量的影响规律,进而对门式喷雾系统的作业性能进行客观评价。

3.2 试验条件和装置

试验在门式喷雾系统试验台上进行。试验台主要由药液供给系统、喷杆搭载机械结构和运动控制系统组成,如图 5 所示。药液供给系统包括汽油机驱动的柱塞式药液泵、调压阀及流量计等,药液泵可通过调压阀及流量计控制其泵出药液的压力和流量。试验台的机械结构主要由试验台机架和运动模块两部分组成,运动模块以齿轮齿条为传动部件,使得滑台可由伺服电动机驱动而沿固定在机架上的直线导轨运动,进而带动搭载其上的门式喷雾系统进行喷雾作业。试验台运动控制系统是基于自动控制理论设计并实现的,其硬件主要包括计算机、伺服电动机、数字运动控制器、I/O 互联模块等;其软件则以 Windows XP 为操作系统,以 Visual C++ 6.0 为开发环境,使用 C++ 面向对象语言实现人机交互界面,以实现门式喷雾系统速度和位置的有效控制。

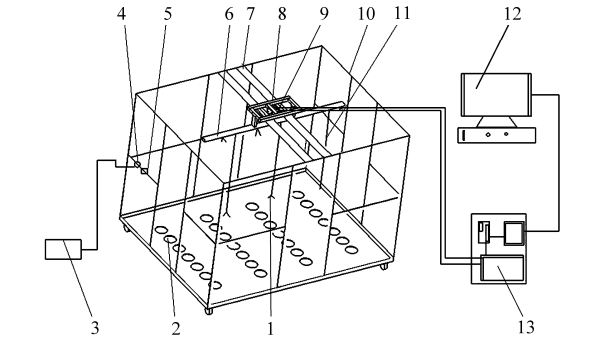


图 5 门式喷雾试验台示意图

Fig. 5 Test-bench for gate-type spray system

1. 吊杆 2. 植株座台 3. 液泵 4. 减压阀 5. 流量计 6. 顶喷头 7. 横喷杆 8. 直线导轨 9. 滑台 10. 伺服电动机 11. 试验台机架 12. PC 机 13. 运动控制模块

3.3 试验步骤

为得到试验测试结果,需要确定采样目标。试验通过收集固定在仿真玉米植株叶片上的滤纸,并测定其雾滴沉积量来得出试验结果。为使得到的试验测试结果有更高的可信度,尽量避免或减少试验台启停引起的试验误差,试验选取了试验台中央区域 8 棵仿真玉米植株作为采样目标植株(图 6),并对玉米植株叶片进行编号(图 7),在玉米植株上层、中层、下层分别选定了相邻两片叶片的正反面作为玉米高度方向上的采样点,因此每株玉米共计 12 个采样点,采样目标区域共计 96 个采样点。不同层次对应的叶片编号与离地高度如表 3 所示^[12-13]。

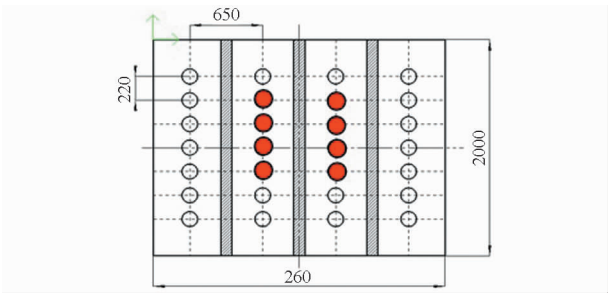


图 6 采样区域选取

Fig. 6 Sampling scheme

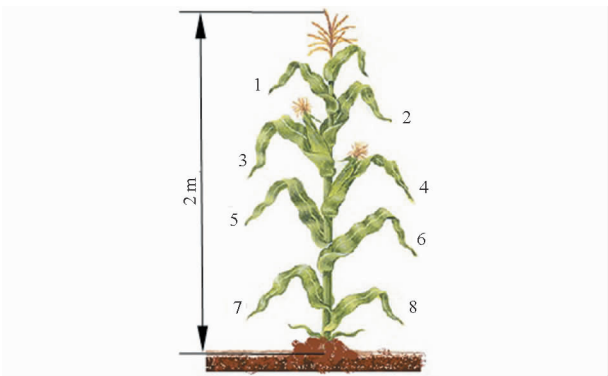


图 7 玉米植株叶片编号示意图

Fig. 7 Corn leaf No.

表 3 不同层次选定叶片离地高度

Tab. 3 Leaf height in different levels

位置	叶片编号	离地高度/mm
上	1	1 800
	2	1 600
中	4	1 200
	5	1 000
下	7	600
	8	400

试验步骤如下:

(1) 配制溶液

试验选用 85 柠檬黄加自来水配制体积分数为 0.1% 的溶液作为喷雾液,代替农药进行室内试验台喷雾试验,并使用直径为 7 mm 的定性滤纸作为雾滴沉积载体^[14]。

(2) 确定试验起始条件

每次试验开始前,在每个采样点上用回形针固定 3 张滤纸,用于测定不同高度叶片正、反面的雾滴沉积量;打开门式喷雾试验台软件系统界面,开启电源,滑台在起点搜索结束后停止于试验台起始位置;开启液压供给系统电源,调整喷雾压力至喷头额定压力 0.16 MPa,额定压力下单个顶喷头流量为 0.7 L/min,单个吊杆喷头流量为 0.9 L/min,因此门式喷雾结构在额定压力下总流量理论值为 $Q_1 = 0.7 \times 4 + 0.9 \times 6 = 8.2 \text{ L/min}$ 。

常规横喷杆喷雾结构在额定压力下总流量理论

值 $Q_2 = 0.7 \times 4 = 2.8 \text{ L/min}$ 。

(3) 试验样品采集

通过试验台控制系统,调节滑台前进速度 v 分别为 0.8、0.6 和 0.4 m/s(此速度选择以喷雾机田间行走速度为依据),在以上 3 个速度下分别进行门式喷雾系统与常规横喷杆喷雾结构的模拟田间喷雾作业。喷雾后 20~30 min 滤纸变干,将每个采样点的滤纸分别收集至干燥的密封袋中,注入定量的去离子水(40 mL,含体积分数为 0.5% 的无水乙醇)并再次封口,且置于振荡器中进行 85 柠檬黄洗脱,时间为 5 min,最后用分光光度计测定洗脱液中 85 柠檬黄的吸光度,并根据转换公式计算出每个采样点的单位面积雾滴沉积量^[15-16]。

4 试验结果与分析

4.1 不同前进速度对雾滴沉积分布的影响

4.1.1 门式喷雾系统在不同前进速度下对雾滴沉积分布的影响

图 8 为不同速度下门式喷雾系统在叶片正面与背面的单位面积雾滴沉积量。

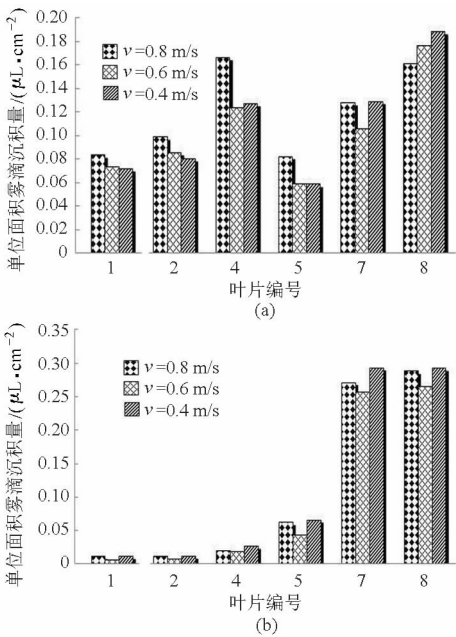


图 8 不同速度下门式喷雾系统的雾滴单位面积沉积量
Fig. 8 Unit area droplets deposition of gate-type spray system with different speed
(a) 叶片正面 (b) 叶片背面

由图 8a 可知,随着喷杆运动速度减小,离地距离为 1 800 mm 及 1 600 mm 的玉米植株上层叶片与离地距离为 1 200 mm 及 1 000 mm 的中层叶片正面的雾滴单位面积沉积量均有逐渐减少趋势,且中层叶片沉积量减少趋势较上层要明显;离地距离为 600 mm 与 400 mm 的下层叶片正面的雾滴单位面积

沉积量有逐渐增大趋势。当喷杆运动速度减小时,上层叶片对中层叶片的遮挡效应更明显,因而中层叶片的雾滴沉积出现衰减现象;而下层叶片距离顶喷头距离远,且受到中层与上层叶片的遮挡,因此受到的雾滴沉积主要来自于吊杆喷头的喷雾,当运动速度减小时,单位时间内受到喷雾量增加。但从总体上看,玉米植株不同高度层面上的叶片正面雾滴单位面积沉积量在喷杆运动速度变化时增大与减小的趋势并不明显。

另外,由图 8b 可知,玉米植株叶片背面雾滴单位面积沉积量在各个高度层面上均随着喷杆速度减小而增大。植株不同高度层面的叶片背面雾滴沉积,主要来自于吊杆喷头的喷雾,当速度减小时,单位时间内受到的喷雾量有增加趋势,但是增大的幅度同样不明显。

4.1.2 横喷杆喷雾结构在不同速度下对雾滴沉积分布的影响

图 9 为不同速度下横喷杆喷雾结构在叶片正面与背面的单位面积雾滴沉积量。

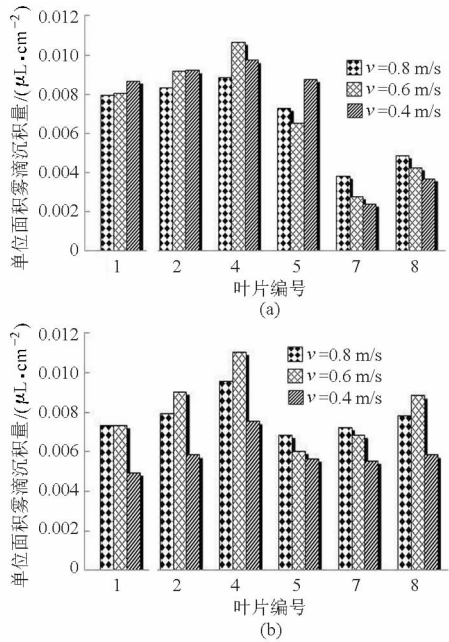


图 9 横喷杆喷雾结构在不同速度下的雾滴单位面积沉积量
Fig. 9 Unit area droplets deposition of boom spray system with different speed
(a) 叶片正面 (b) 叶片背面

由图 9a 可知,横喷杆喷雾作业速度减小时,玉米植株上层及中层叶片正面单位面积雾滴沉积量有增大趋势,而下层叶片正面单位面积雾滴沉积量有减小趋势。当喷杆运动速度减小时,由于玉米植株上层及中层叶片对下层叶片的遮挡作用,较多的雾滴被截留在上层及中层,从而只有较少的雾滴到达

植株下层。由图 9b 可知,喷杆运动速度减小时,叶片背面单位面积雾滴沉积量在植株不同层面大致呈减小趋势,原因仍为玉米植株上层与中层对下层的遮挡效应。但从总体上看,雾滴沉积量在玉米植株不同层面的叶片正面与背面在喷杆运动速度变化时并无明显变化。

综上所述,对于不同结构形式的喷雾结构,当喷杆运动速度变化时(0.4~0.8 m/s),玉米植株离地高度不同的各层叶片正面及背面单位面积雾滴沉积量并无显著增大或减小的趋势,因此喷杆运动速度不是影响雾滴沉积分布的关键因素(速度变化范围为 0.4~0.8 m/s 时)。

4.2 两种喷雾结构对叶片单位面积雾滴沉积量的影响

4.2.1 叶片正面

基于 4.1 节的结论,选取门式喷雾系统与常规横喷杆喷雾结构在前进速度 $v=0.8\text{ m/s}$ 时对玉米叶片的单位面积雾滴沉积量为研究对象,进行试验,试验结果如表 4 所示。

由表 4 可知:门式喷雾系统与常规横喷杆喷雾

结构相比,前者对玉米植株不同高度叶片正面单位面积雾滴沉积量要大于后者。两种喷雾结构形式对玉米植株上层叶片正面的平均单位面积雾滴沉积量分别约为 $0.090\ 4\ \mu\text{L}/\text{cm}^2$ 和 $0.081\ 0\ \mu\text{L}/\text{cm}^2$,对中层叶片正面的平均单位面积雾滴沉积量分别约为 $0.123\ 7\ \mu\text{L}/\text{cm}^2$ 和 $0.080\ 1\ \mu\text{L}/\text{cm}^2$,而上层与中层叶片正面受到的雾滴沉积主要来自于顶喷头喷雾,且顶喷头喷雾量在两种结构形式下是相同的。由此可见,在相同喷雾量下,门式喷雾系统对玉米上层与中层叶片正面单位面积雾滴沉积提高了 12.5% 以上。由于吊杆喷头喷雾角向上倾斜一定角度,喷雾时发生的气旋与叶片的遮挡,使得顶喷头雾滴更多地附着在玉米植株的中上层。另外,两种喷雾形式雾滴沉积量最大差异出现在玉米植株下层,正面雾滴平均沉积分别为 $0.143\ 7\ \mu\text{L}/\text{cm}^2$ 和 $0.042\ 9\ \mu\text{L}/\text{cm}^2$ 。这是由于门式喷雾系统的吊杆喷头深入到植株下部,其喷雾角向上倾斜,从而显著提高了下层叶片的雾滴附着,有利于对此部位的病虫害进行喷杀;而横喷杆喷雾结构由于玉米冠层的遮挡,只有极少量雾滴到达植株下层。

表 4 两种喷雾结构形式单位面积雾滴沉积量与变异系数
Tab.4 Unit area droplets deposition and CV of different sprayers

叶片 层级	叶片 编号	门式喷雾系统				常规横喷杆喷雾					
		叶面	沉积量	变异	平均沉积量/($\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$)		叶面	沉积量	变异	平均沉积量/($\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$)	
			/($\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$)	系数/%	正面	背面		/($\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$)	系数/%	正面	背面
上层	1	正面	0.082 8	16.89	0.090 4	0.010 2	正面	0.079 0	22.94	0.081 0	0.007 6
		背面	0.010 0	29.28			背面	0.007 3	18.70		
	2	正面	0.098 1	37.14			正面	0.083 0	21.42		
		背面	0.010 4	31.73			背面	0.007 9	29.93		
中层	4	正面	0.165 7	29.86	0.1237	0.039 9	正面	0.088 0	34.68	0.080 1	0.008 2
		背面	0.019 0	34.46			背面	0.009 5	34.68		
	5	正面	0.081 7	29.28			正面	0.072 2	20.24		
		背面	0.060 8	12.40			背面	0.006 9	28.50		
下层	7	正面	0.127 2	24.08	0.143 7	0.278 4	正面	0.037 7	25.29	0.042 9	0.007 5
		背面	0.270 0	14.69			背面	0.007 2	25.37		
	8	正面	0.160 2	22.22			正面	0.048 2	25.19		
		背面	0.286 7	8.57			背面	0.007 8	23.94		

4.2.2 叶片背面

由表 4 可知,两种喷雾结构对植株上层叶片背面的雾滴沉积差异较小,而对中层叶片背面的平均单位面积雾滴沉积量分别为 $0.039\ 9\ \mu\text{L}/\text{cm}^2$ 和 $0.008\ 2\ \mu\text{L}/\text{cm}^2$,对下层叶片背面的平均单位面积雾滴沉积量分别为 $0.278\ 4\ \mu\text{L}/\text{cm}^2$ 和 $0.007\ 5\ \mu\text{L}/\text{cm}^2$,差异极其显著。可见门式喷雾系统的吊杆装置对植株中、下层叶片背面单位面积雾滴沉积量的增加起到关键作用。

4.3 两种喷雾结构沿植株高度方向上的雾滴沉积变化规律分析

对于门式喷雾结构,其对叶片正面雾滴单位面积沉积量与植株高度之间的关系如下:随着玉米植株叶片离地高度的减小,叶片正面雾滴单位面积沉积量呈先增大后减小再增大的趋势(表 4)。雾滴沉积峰值出现在中层离地距离为 1 200 mm 的叶片 4,沉积量为 $0.165\ 7\ \mu\text{L}/\text{cm}^2$,而叶片 4 正面雾滴沉积主要来自于顶喷头喷雾,其距离顶喷头 750 mm,本

试验结果验证了喷雾角为 80°的顶喷头与植株最佳喷雾目标距离约为 700 mm 的理论。另外,位于植株下层的叶片 7 与叶片 8 正面得到较多雾滴沉积,达到了 0.160 2 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 。对叶片背面雾滴沉积在植株中层达到 0.060 8 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$,在植株下层达到峰值 0.286 7 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 。因此吊杆喷头对植株中层与下层叶片正面及背面的雾滴沉积增加起到关键作用。

对于横喷杆喷雾结构,叶片正面雾滴沉积在植株上层较多,中层次之,到下层最少;叶片背面雾滴沉积在植株不同高度上均分布极少。

4.4 两种喷雾结构对植株水平层面雾滴沉积分布均匀性分析

表 5 为门式喷雾系统与常规横喷杆喷雾结构

在前进速度 $v=0.8\text{ m/s}$ 时采样目标区域 8 棵植株不同离地高度叶片正面与背面的单位面积雾滴沉积量及分布变异系数。由表 5 可知,门式喷雾结构对玉米植株下层叶片雾滴沉积分布均匀度较中层与上层要好,变异系数范围为 8.57%~24.08%;常规横喷杆喷雾形式下,离地距离为 1 200 mm 的中层叶片正面雾滴分布变异系数达到 34.68%,而上层及下层雾滴分布较为均匀,变异系数均在 18.70%~29.93%之间。由此可见,横喷杆对玉米上层喷雾效果较好,而中层叶片由于受到上层叶片的遮挡,喷雾环境差异大,因此造成变异系数较大,而植株下层因为中层与上层叶片的遮挡,只受到极少量的喷雾。

表 5 两种喷雾结构在不同高度叶片水平层面单位面积雾滴沉积量与变异系数
Tab.5 Spray droplet deposition and CV in different levels of gate-type spray system

喷雾结构	叶面位置	叶片编号											
		1		2		4		5		7		8	
		均值	变异系数	均值	变异系数	均值	变异系数	均值	变异系数	均值	变异系数	均值	变异系数
		$/(\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2})$	%	$/(\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2})$	%	$/(\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2})$	%	$/(\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2})$	%	$/(\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2})$	%	$/(\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2})$	%
门式结构	正面	0.082 8	16.89	0.098 1	37.14	0.165 7	29.86	0.081 7	29.28	0.127 2	24.08	0.160 2	22.22
	背面	0.010 0	29.28	0.010 4	31.73	0.019 0	34.46	0.060 8	12.40	0.270 0	14.69	0.286 7	8.57
常规结构	正面	0.079 0	22.94	0.083 0	21.42	0.088 0	34.68	0.072 2	20.24	0.037 7	25.29	0.048 2	25.19
	背面	0.007 3	18.70	0.007 9	29.93	0.009 5	34.68	0.006 9	28.50	0.007 2	25.37	0.007 8	23.94

5 结论

(1)开发了适用于高构架跨行自走式玉米喷雾机的门式喷雾系统,并通过理论与试验的方法,确定了主要结构及性能参数:顶喷头与吊杆喷头分别选用 80°和 110°扁扇喷头,“Y”形支管与吊杆夹角为 20°,吊杆长度为 1 200 mm,在竖直方向上对作物植株的喷幅为 1 150 mm。

(2)与常规横喷杆喷雾结构相比,在相同喷雾量下门式喷雾系统对玉米上层与中层叶片正面单位

面积雾滴沉积量提高了 12.5%以上;吊杆喷雾装置的设置显著提高了玉米植株中层叶片背面与下层叶片正面及背面的单位面积雾滴沉积量,从而实现了

对玉米植株中下层病虫害的有效防治。
(3)吊杆喷雾装置与横喷杆的结合,提高了雾滴在植株不同高度水平层面的沉积均匀性;在沿植株高度方向上,门式喷雾系统对玉米植株雾滴沉积量峰值处高度与设计理论基本吻合,从喷雾试验角度验证了吊杆长度设计的有效性。

参 考 文 献

1 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.
Yang Xuejun, Yan Herong, Xu Saizhang, et al. Current situation and development trend of equipment for crop protection[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2002, 33(6):129-131. (in Chinese)

2 杨镇,才卓,景希强,等.东北玉米[M].北京:中国农业出版社,2007.

3 何雄奎.改变我国植保机械和施药技术严重落后的现状[J].农业工程学报,2004,20(1):13-15.
He Xiongkui. Improving severe dragging actuality of plant protection machinery and its application techniques[J]. Transactions of the CASE, 2004, 20(1):13-15. (in Chinese)

4 周继中.感应式静电喷雾系统的研制[D].北京:中国农业大学,2011.
Zhou Jizhong. Study of induction electrostatic spray system[D]. Beijing: China Agricultural University, 2011. (in Chinese)

5 Miller M A, Steward B L, Westphalen M L. Effects of multi-mode four-wheel steering on sprayer machine performance[J]. Transactions of the ASAE, 2004, 47(2):385-395.

6 迟明梅,宋坚利,何雄奎,等.施药条件对施药者体表污染的影响[J].农业工程学报,2010,26(5):276-282.

Chi Mingmei, Song Jianli, He Xiongkui, et al. Effect of spraying conditions on dermal exposures[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(5):276 – 282. (in Chinese)

7 傅泽田. 农药喷施技术的优化[M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2002.

8 王荣. 植保机械学[M]. 北京:机械工业出版社, 1990.

9 王洪涛. 基于图像处理的雾滴检测技术研究[D]. 北京:中国农业大学, 2008.

Wang Hongtao. Droplet detection based on image processing[D]. Beijing: China Agricultural University, 2008. (in Chinese)

10 陈媛. 基于机器视觉的秸秆行茬导航路径的检测研究[D]. 北京:中国农业大学, 2008.

Chen Yuan. Detection of stubble row and inter-row line for computer vision guidance in no-till field[D]. Beijing: China Agricultural University, 2008. (in Chinese)

11 郑友益, 饶吉来, 吴雷. 数字图像几种边缘检测方法的比较分析[J]. 机械工程与自动化, 2010(2): 25 – 27.

Zheng Youyi, Rao Jilai, Wu Lei. Edge detection methods in digital image processing[J]. Mechanical Engineering & Automation, 2010(2): 25 – 27. (in Chinese)

12 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.

Lü Xiaolan, Fu Ximin, Wu Ping, et al. Influence of spray operating parameters on droplet deposition[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(6):70 – 75. (in Chinese)

13 张琳娜, 王金凤, 叶玉涛, 等. 高杆喷雾技术中雾滴在玉米植株上沉积分布衰减现象的初步观察[C]//吴孔明. 公共植保与绿色防控——中国植物保护学会 2010 年学术年会. 北京:中国农业科学技术出版社, 2010:627 – 630.

14 代美灵. 农药雾滴在水稻叶片上的沉积行为与效果研究[D]. 北京:中国农业大学, 2011.

Dai Meiling. Research on droplet depositon on rice leaves[D]. Beijing: China Agricultural University, 2011. (in Chinese)

15 张京, 官帅, 宋坚利, 等. 气液两相感应式静电喷头性能试验[J]. 农业机械学报, 2011, 42(12):107 – 110.

Zhang Jing, Guan Shuai, Song Jianli, et al. Performance of two-phase gas-liquid electrostatic induction nozzle[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(12):107 – 110. (in Chinese)

16 Wolters André, Linnemann Volker, van de Zande Jan C, et al. Field experiment on spray drift: deposition and airborne drift during application to a winter wheat crop[J]. Science of the Total Environment, 2008, 405(1 – 3):269 – 277.

Gate-type Spray System of High-frame Corn Spayer

Wang Bo Zhang Dongxing Yang Li Wang Liangju
(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: A gate-type spray system was introduced for better control of insect pest in the corn crop grown mid latterly, due to the problem caused by coverage limitation of high-frame corn sprayer and low efficiency of hand operating knapsack sprayer. The new sprayer combined suspender spray device and horizontal spray boom, and was suitable to high-frame row span and self-propelled sprayer of the corn zone in northeast China. The structural and performance parameters of the system derived by theory and experiment methods were as follows: the spray angle of top nozzle and branch nozzle were 80° and 110° respectively, the angle between the “Y” branch boom and the vertical boom was 20°, the length of the boom was 1 200 mm, the spray scale of the gate-type spray system in the vertical plane was 1 150 mm. For analyzing the deposition characteristics of the gate-type spray system, a contrast test with the conventional boom sprayer was carried out on the test bed. Compared with the latter, the advantages of the gate-type spray system were shown as follows: the unit area droplets deposited amount(UADDA) on the front surface of the leaves located on upper-middle positions was 12.5% higher than the latter, while the spray volume was the same. The UADDA on the back side of the leaves located middle position and the two sides of the leaves of the lower positions were significantly increased by using the suspender spray device. The combination of suspender and horizontal boom resulted in better deposition uniformity.

Key words: Gate-type spray system Corn Suspender spray device Droplet deposition