

防风罩对喷雾喷幅影响的试验

岳学军¹, 陈 嫻¹, 陆永超¹, 李 震¹, 王万章²

(1 南方农业机械与装备关键技术省部共建教育部重点实验室, 华南农业大学 工程学院, 广东 广州 510642;

2 河南农业大学 机电工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要:在密闭试验室条件下,对6种典型防风罩,进行喷雾试验,选用320和200喷头;喷头移动速度为1.21、1.91、2.60、3.30和4.00 km/h,研究了喷雾平均喷幅中心和雾滴沉积均匀度。结果表明:320喷头在不同速度下采用防风罩#5时的喷雾平均喷幅中心比采用其他防风罩和无防风罩时平均提高了2.60%~22.29%;200喷头在不同速度下采用防风罩#5时的喷雾平均喷幅中心比采用其他防风罩和无防风罩时平均提高了2.16%~32.71%。

关键词:精确喷雾; 防风罩; 雾滴飘移; 喷雾平均喷幅中心; 雾滴沉积均匀度

中图分类号: TP274; S49

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2008)03-0091-05

Experiment of Shield Effects on Spray Breadth

YUE Xue-jun¹, CHEN Shan¹, LU Yong-chao¹, LI Zhen¹, WANG Wan-zhang²

(1 Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education,

College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 College of Mechanical Engineering, He'nan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The method of introducing shields had been testified to be economical and efficient in reducing the droplet drift caused by wind in the process of pesticide spraying. Six different kinds of mechanical spray shields were designed and tested in this study. Spraying experiments using nozzle 320 and nozzle 200 at speeds of 1.21, 1.91, 2.60, 3.30 and 4.00 km/h were carried out in a tightly sealed lab to test the effectiveness of the foils. The average spray breadth centre and droplets uniformity using each shield and without shield were tested. The results indicated that on the average, the spray breadth of nozzle 320 increased 2.60% ~ 22.29% when using shield #5 compared with using other shields and not using shield, while the average increase for nozzle 200 was 2.16% ~ 32.71%.

Key words: precision spraying; mechanical spray shields; droplet drift; average droplet spray breadth centre; droplet uniformity

农药喷施是保证作物生产不可缺少的手段,农药使用必然导致农药在环境中残留,生态系统受损^[1]。精确喷雾技术根据作物或果树不同对象随时调整,变量喷施,可提高农药效用,降低农药残留量^[2]。精确喷雾技术中,对雾滴漂移控制是关键部分。雾滴飘移存在2种方式:粒子(飞行)飘移和蒸发飘移。有风胁迫条件(加罩盖和气流)是影响雾滴漂移的重要因素^[3]。罩盖技术是减少漂移有效而经

济的措施。罩盖喷雾通过在喷头附近安装导流装置改变喷头周围气流速度和方向减少漂移^[4-6]。

田间试验气象条件极其复杂,对罩盖效果的试验主要是在试验室风洞内进行^[7-9]。在这类试验中,喷雾装置(包括喷头及罩盖)是固定的,无法测试喷雾机移动过程中罩盖对减少雾滴漂移的效果。Tsai等^[10]针对这种情况,采用计算机模拟(CFD)的方法研究了喷雾机移动中6种典型防风罩对减小雾滴漂

收稿日期:2008-02-25

作者简介:岳学军(1971—),女,高级实验师,在职博士研究生,E-mail: yuexuejun@scau.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金(30270764);广东省科技计划项目(2005B20601003)

移的影响效果,但未进行相关的实物试验.本研究目的在于研究喷雾机在不同移动速度下,防风罩对喷雾喷幅的影响,主要包括:(1)参考 Tsay^[10]等在计算机模拟试验中采用的6种防风罩设计和制作实物;(2)在密闭试验室中采用不同防风罩以及无防风罩进行运动中喷雾试验,分析防风罩对喷雾喷幅的影响.

1 材料与方法

1.1 防风罩的设计与制作

设计与制作6种试验用机械式防风罩^[11],其中双圆弧形板结构见图1.试验中将各种防风罩(图2)分3类进行对比:单板(#1和#2)、双板(#3和#4)和三板(#5和#6).

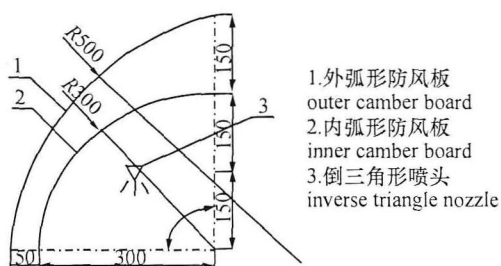


图1 双圆弧形罩盖

Fig. 1 Double foil shield

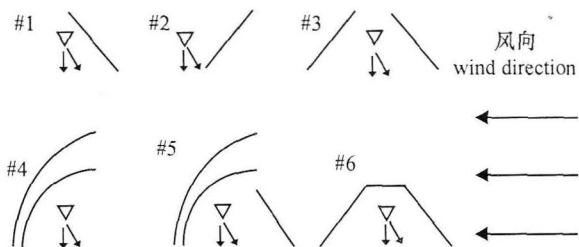


图2 防风罩设计图

Fig. 2 Design of mechanical shields

喷施对象为果树,喷头安装距地面1350 mm处,喷射角度与喷头水平运动方向垂直呈90°,喷头自身匀速移动产生迎面气流^[11].

1.2 试验装置

加装机械行程开关,用改造后的水稻播种传送装置控制喷头匀速运动^[11].收集台的设计参考祁力钧等^[12]所做的不同条件下喷雾分布试验以及丹麦HDRDI公司生产的可折叠雾型检验装置.选用广东梅州市风华喷雾喷灌机械设备有限公司生产的ZXA6型园林喷雾机(图3).控制系统实现对喷雾机起停、喷头移动速度、喷雾压力、喷雾流量等参数的控制,可完成静态喷雾试验和控制范围内运动喷雾试验.喷头选日本池内株式会社(Ikeuchi)生产的空圆锥型喷头,型号分别是:1/4MKB80200BCV-RW和1/4MKB80320BCV-RW(以下简称200喷头和320喷头,图4).



图3 ZXA6型园林喷雾机

Fig. 3 ZXA6 model gardens spray engine



图4 喷雾试验的2种喷头

Fig. 4 Two spray nozzle in spray experiment

FVR3.7E9S三相交流变频器、VFD01 M43A变频器、三相交流电动机、PS1L-DIM型超声波变送器、UB4000-F42-U-V15型超声波变送器、LWGY-4型涡轮流量传感器、SLG 5404直流驱动电磁阀、CKD ab31-02-1交流驱动型电磁阀等.

1.3 试验方法

德国和瑞典对喷雾器质量通过喷雾变异系数(CV)来进行衡量^[13].喷雾沉积均匀性以平均沉积量来测定喷雾效果.本文着重从喷雾喷幅来分析整个附着面的雾滴沉积变化,研究喷头移动速度对沉积范围、雾滴覆盖区域和在喷射范围内分布特征的影响^[14].

喷雾喷幅测量如图5.V型收集槽方向与喷头运动行程相垂直,平面部分与地面成约5°倾角,用24个小杯在每槽下沿接收喷雾雾滴,液体能流到小杯中,收集量以量筒量出体积.喷头运动范围由行程开关控制在1880 mm,喷头运动速度由变频器输出频率来调整达到固定频率值.多次试验叠加以减少试验偶然误差,24个小杯中雾滴收集量均不溢出.依次读出每杯量取值,并依槽标号记录.槽标号以最接

近喷头的槽开始依次为:0、1、2...23.

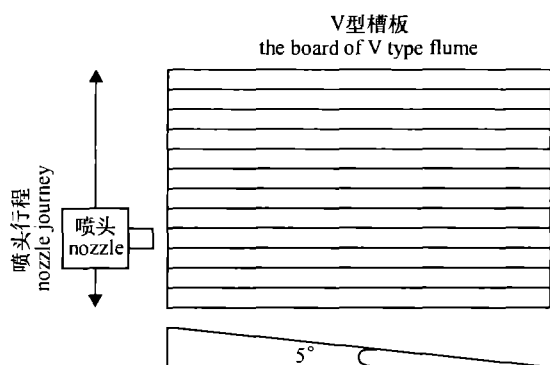


图5 喷雾喷幅测量示意图

Fig. 5 Sketch of spray breadth measurement

变频器输出频率与喷头移动速度标定:喷头经支架固定在水稻播种平台传动链上,其移动速度是通过变频器调节电动机转速,从而调节电动机所带动传动链的传动速度而实现,因此,必须对变频器输出频率与喷头移动速度之间进行标定试验,并根据试验需求,进行补充试验.

防风罩对喷雾喷幅的影响:采用320型喷头和200型喷头,选取喷头移动速度为1.21、1.91、2.60、3.30和4.00 km/h 5个值,喷雾压力为1.2 MPa,系统静压为1.43 MPa,喷雾流量为32 L/min,选用6种防风罩和无防风罩进行喷幅方向试验,每次试验中24个杯中药液收集量折算为平均喷幅中心(d):

表1 变频器输出频率与喷头移动速度的标定试验数据

Tab. 1 The calibration experiment's data of frequency converter output frequency and nozzle sport speed

项目 item	320 喷头									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
变频器输出频率 transducer output frequency/Hz	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
喷头移动时间 nozzle move time/s	6.015	4.492	3.587	2.998	2.578	2.266	2.037	1.842	1.751	1.576
喷头移动速度 nozzle move speed/(km · h ⁻¹)	1.125	1.507	1.887	2.258	2.625	2.987	3.323	3.674	3.865	4.294

由表1可知,变频器输出频率在30~120 Hz间变化,喷头移动速度在1.1~4.3 km/h间变化,调节变频器输出频率,将使喷头移动速度任意可调. 对标定试验数据进行回归分析和处理,一元线性回归方程 $Y=0.0349X+0.1396$;样本相关系数(R^2)=0.9972. 由 $R>0$, $|R|\approx 1$ 知,两变量为正相关,拟合性非常好.

本研究加载防风罩质量最大的防风罩#5,进行电动机频率与喷头移动速度之间标定试验的补充试验. 结果表明:防风罩质量变化对标定结果影响甚微,回归方程几乎没有变化. 试验过程中,全部采用不加防风罩所得出的 $Y=0.0349X+0.1396$ 回归方

$$d = \sum_{i=0}^{23} d_i p_i,$$

$$p_i = \frac{v_i}{\sum v_i},$$

式中, i 是槽的标号($i=0,1,2,3\cdots 23$), d_i 是第 i 号槽与喷头喷出点间的距离, p_i 是第 i 号槽的收集量在总收集量中所占的比例, v_i 是第 i 号槽的收集量.

为分析防风罩在不同喷头移动速度下对平均喷幅中心的影响以及相同喷头移动速度下不同防风罩对平均喷幅中心的影响,引入变异系数(CV)和 D_5 作为评价的依据:

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%,$$

$$D_5 = \frac{1}{6} \sum \left(\frac{d_{v,5} - d_{v,i}}{d_{v,i}} \times 100\% \right),$$

式中, S 为标准差, $\bar{x}$ 为平均值, D_5 为防风罩#5在某一速度下的平均喷幅中心相对于此速度下其他平均喷幅中心的提高率, $d_{v,5}$ 表示防风罩#5在某一速度下的平均喷幅中心, $d_{v,i}$ ($i=0,1,2,3,5,6$)表示此速度下无防风罩和防风罩#1、2、3、5、6时的平均喷幅中心.

2 结果与分析

2.1 标定试验结果及变频器输出频率

表1为标定试验数据. 喷头移动速度与喷雾拖拉机的行走速度为正相关,喷头移动速度单位按生产实际选用 km/h.

程所确定的计算值.

无防风罩状态下风速对喷雾沉积量的影响试验中,本研究选择风速为0.34、0.51、1.21、1.91、2.60、3.30和4.00 km/h 7个运动试验和静止试验. 为使试验有连续性和可对比性,做“安装几种典型防风罩条件下风速对喷雾沉积量的影响试验”时,由于速度较高试验更能体现风速影响,故选其中5个较高的速度值.

将所需速度值依据一元线性回归方程 $Y=0.0349X+0.1396$ 确定出相应变频器输出频率值(表2),本研究采用所计算的变频器输出频率值来确定喷头移动速度值.

表2 试验中所需喷头移动速度所对应变频器输出频率
Tab.2 The frequency converter output frequency correspond the required nozzle move speed in experiment

喷头移动速度 nozzle moving speed/(km·h ⁻¹)	320 喷头				
	1.21	1.91	2.60	3.30	4.00
变频器输出频率 transducer output frequency/Hz	30.670	50.728	70.499	90.556	110.613

表3 喷头移动速度对喷雾平均喷幅中心影响的变异系数
Tab.3 The coefficient of variation of spray average spray breadth centre under different nozzle move speed

喷头 nozzle	防风罩 shield	不同移动速度下喷雾喷幅中心/mm					变异系数
		spray breadth centre at nozzle different moving speed					variance
		1.21 km/h	1.91 km/h	2.60 km/h	3.30 km/h	4.00 km/h	coefficient/%
320	#1	476.19	505.62	514.43	469.28	474.73	4.19
	#2	464.06	509.92	525.66	513.70	582.83	8.20
	#3	574.72	516.68	531.21	548.51	566.81	4.14
	#4	482.63	501.05	535.46	550.14	557.11	6.13
	#5	483.80	543.99	618.68	600.09	638.85	10.95
	#6	480.30	498.46	528.85	604.23	608.48	10.93
	无防风罩 unshielded	388.31	410.82	421.53	406.55	453.09	5.75
	$D_5/\%$	2.60	11.61	22.29	18.35	19.59	
200	#1	487.43	500.85	491.21	477.96	407.60	7.92
	#2	498.15	530.76	569.89	560.39	585.57	6.32
	#3	501.89	508.77	508.13	525.93	537.69	2.87
	#4	406.92	442.46	420.53	458.45	509.26	8.89
	#5	475.44	532.22	544.35	587.16	664.52	12.56
	#6	475.12	546.22	544.16	534.10	494.04	6.21
	无防风罩 unshielded	438.74	421.93	438.39	498.32	506.73	8.42
	$D_5/\%$	2.16	9.17	11.19	15.85	32.71	

不同防风罩对200喷头平均喷幅中心有很大影响。防风罩#5的平均喷幅中心提高2.16%~32.71%，喷幅变异系数为12.56%，其受喷头速度变化的影响程度最大。防风罩#3的平均喷幅中心最小，喷幅中心变异系数为2.87%，其受喷头速度变化的影响最小(表3)。

可见，防风罩的防风效果较好，由表3中D_s可以看出，随着喷头移动速度的增加，防风罩#5的作用越明显。

2.3 防风罩对雾滴沉积均匀度的影响试验

分别采用320喷头和200喷头，选取喷头移动速度为1.21、1.91、2.60、3.30和4.00 km/h 5个值，选用6种防风罩和无防风罩进行喷幅方向试验，分析不同喷头移动速度下，采用不同防风措施时，雾滴沉积的均匀度，以变异系数为指标。其中平均值为各杯收集量的均值，标准差为各杯收集量间的标准差，结果见表4、5。由表4、5可知，使用320喷头时喷头

2.2 不同防风罩间及无防风罩对喷雾喷幅影响

防风罩对2种喷头不同移动速度下的平均喷幅中心影响如表3所示。由表3可见，不同防风罩对320喷头平均喷幅中心有很大影响。防风罩#5的平均喷幅中心比其他的提高2.60%~22.29%，喷幅中心变异系数为10.95%，略大于防风罩#6。防风罩#3平均喷幅中心变异系数为2.87%，其受喷头速度变化的影响最小。

移动速度由1.21 km/h变化到4.00 km/h，防风罩#4的沉积均匀度变异系数平均值为0.50，变异系数均值在使用防风罩的试验中最小；使用200喷头时，防风罩#4变异系数平均值为0.53，变异系数均值最

表4 320喷头移动速度对雾滴沉积均匀度影响的变异系数
Tab.4 The coefficient of variation of droplet deposition uniformity under different nozzle move speed of nozzle 320

防风罩 shield	不同喷头移动速度下变异系数					
	variance coefficient at nozzle different moving speed/%					
	1.21 km/h	1.91 km/h	2.60 km/h	3.30 km/h	4.00 km/h	平均值 average
#1	0.63	0.60	0.58	0.48	0.49	0.56
#2	0.58	0.53	0.48	0.47	0.48	0.51
#3	0.62	0.59	0.55	0.58	0.55	0.58
#4	0.55	0.55	0.48	0.49	0.43	0.50
#5	0.59	0.55	0.54	0.52	0.5	0.54
#6	0.60	0.56	0.55	0.58	0.55	0.57
无防风罩 unshielded	0.52	0.47	0.43	0.37	0.36	0.43

表5 200 喷头移动速度对雾滴沉积均匀度影响的变异系数
Tab.5 The coefficient of variation of droplet deposition uniformity under different nozzle move speed of nozzle 200

防风罩 shield	不同喷头移动速度下变异系数 variance coefficient at nozzle different moving speed/%					
	1.21 km/h	1.91 km/h	2.60 km/h	3.30 km/h	4.00 km/h	平均值 average
#1	0.68	0.68	0.67	0.59	0.56	0.64
#2	0.65	0.55	0.54	0.48	0.50	0.54
#3	0.68	0.66	0.63	0.59	0.55	0.62
#4	0.58	0.53	0.61	0.48	0.43	0.53
#5	0.65	0.65	0.64	0.58	0.57	0.62
#6	0.67	0.64	0.65	0.65	0.62	0.65
无防风罩 unshielded	0.62	0.55	0.47	0.50	0.49	0.53

小。使用防风罩#4 时雾滴沉积均匀度受喷头移动速度的影响最小。

3 讨论与结论

通过流体力学理论分析与计算机模拟(CFD)方法得出结论:单板、双板和三板3种类别中,双板防风效果最好^[4,7,12]。原因是双板防风罩在喷雾出口正后方产生一个高速气流,强迫雾滴向下运动,减少了其他因素造成的在雾滴飘移轨道上低速度区域内的干涉。气流沿着防风罩表面而聚合,被迫通过两侧防风罩狭窄处出口,由于减少了流程区域,从而增加了气流速度,气流速度增加导致向下运动的雾滴减少,从而提高喷雾效果^[8,15]。但相关文献均未进行实物验证。本试验数据表明防风罩#4 的沉积均匀变异系数平均值(0.50 和 0.53)最小,雾滴的沉积均匀度最好,防风效果最好。

在双圆弧形板防风罩中,防风罩#4 的圆弧形结构比防风罩#5 的圆弧形结构更有利于空气在圆弧形结构与喷头附近形成“风幕”,导风与屏蔽的作用更明显^[6,8]。防风罩#5 增加了一块前挡板,在喷头附近增加形成两大气流,迫使雾滴在圆弧切向气流场加强,平均喷幅中心明显增大,但同时也造成雾滴喷幅方向变异系数加大,沉积均匀度降低。风速越高,作用越明显^[10,15]。本试验数据表明,在 4.00 km/h 时,使用 320 喷头,防风罩#5 平均喷幅中心虽比防风罩#4 远 81.74 mm,沉积均匀度变异系数却比防风罩#4 大 8.00%,沉积分布均匀度有所降低。使用 320 喷头,防风罩#5 平均喷幅中心虽比防风罩#4 远 155.26 mm,沉积均匀度变异系数却比防风罩#4 大 16.98%,沉积分布均匀度有所降低。

本试验中雾滴的喷射位置和喷射角均是固定

的。进一步的研究是寻找最佳喷射位置和喷射角,以提高喷雾效果。

参考文献:

- [1] 王贵恩. 果树仿形喷雾机理及控制系统的试验研究[D]. 广州:华南农业大学工程学院,2005.
- [2] 王万章,洪添胜,李捷,等. 果树农药精确喷雾技术[J]. 农业工程学报,2004,20(6):98-101.
- [3] 刘秀娟,周宏平,郑加强. 农药雾滴飘移控制技术研究进展[J]. 农业工程学报,2005,21(1):186-190.
- [4] 曾爱军. 减少农药雾滴漂移的技术研究[D]. 北京:中国农业大学理学院,2005.
- [5] FURNESS G O. A comparison of a simple bluff plate axial fans for air-assisted, high-speed, low volume spray application to wheat and sunflower plants [J]. Journal of Agriculture Engineering Research, 1991, 48: 57-75.
- [6] ROBERT E. WOLF T M. Strategies to reduce spray drift [J]. Engineering and Technology, 1997(6): 1-4.
- [7] HISLOP E C, WESTERN N M, SMITH R B, et al. Experimental air-assisted spraying of young cereal plants under controlled conditions [J]. Crop Protection, 1993, 12: 193-200.
- [8] OZKEN H E, MIRALLES A, SINFORT C, et al. Shields to reduce spray drift [J]. Journal of Agriculture Engineering Research, 1997, 67: 311-322.
- [9] BROWN R B, DARVISHVAND M. Modeling pesticide spray deposition in a plant canopy using a virtual nozzle [J]. Applied Engineering in Agriculture, 1999, 10(4): 471-477.
- [10] TSAY J, OZKAN H E, BRAZEE R D, et al. CFD simulation of moving spray shields [J]. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 2002, 45(1): 21-26.
- [11] 岳学军,洪添胜,李震,等. 果树喷雾机防风罩对喷雾射程的影响[J]. 农业工程学报,2007,23(4):94-98.
- [12] 祁力钧,傅泽田. 不同条件下喷雾分布试验研究[J]. 农业工程学报,1999,15(2):107-111.
- [13] 何雄奎,曾爱军,何娟. 果园喷雾机风速对雾滴的沉积分布影响研究[J]. 农业工程学报,2002,23(6):75-77.
- [14] 江爱美编译. 风向、风速和运行速度对喷雾沉积量的影响[J]. 农药译丛,1994(6):43-49.
- [15] TSAY J, OZKAN H E, FOX R D, et al. CFD simulation of mechanical spray shields [J]. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 2002, 45(5): 1271-1280.

【责任编辑 周志红】