

挡板导流式罩盖喷雾机结构优化与性能试验^{*}

张京¹ 何雄奎¹ 宋坚利¹ 曾爱军¹ 刘亚佳¹ Herbst A²

(1. 中国农业大学理学院, 北京 100193; 2. 德国联邦农作物研究中心, 不伦瑞克 38104, 德国)

【摘要】 通过风洞试验与除草剂田间药效试验对挡板导流式罩盖进行了性能测定。结果表明:罩盖防飘喷雾系统的最优结构参数为挡板宽度 40 cm、挡板倾角 50°、喷头倾角 50°。喷施除草剂 30 d 后,使用此罩盖喷雾技术的株数防效为 81.4%、鲜重防效为 76.4%,均优于常规喷雾。当药剂用量减少 20% 时仍然可达到与常规喷雾相同的防效,实现减量喷雾,节约了农药,降低了成本。

关键词: 喷雾机 挡板 参数优化 性能试验 防效

中图分类号: S491 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)10-0101-04

Structure Optimization and Performance Research of Guided Baffle Shield Sprayer

Zhang Jing¹ He Xiongkui¹ Song Jianli¹ Zeng Aijun¹ Liu Yajia¹ Herbst A²

(1. College of Science, China Agricultural University, Beijing 100193, China

2. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Braunschweig 38104, Germany)

Abstract

Guided baffle shield application is effective and economical method to reduce droplets drift. The performance research of this system was carried out with wind tunnel experiment and field trials of herbicide. The results showed that the optimum structure parameters of the guided baffle shield sprayer were: shield width of 40 cm, shield angle of 50°, nozzle angle of 50°. 30 days after herbicide application, the weeds control effects was 81.4%, fresh weight effects was 76.4% which were superior to conventional application; when the herbicide dosage reduced by 20%, the effect with shield application was same to conventional application. So the guided shield application could save pesticide and reduce cost.

Key words Sprayer, Baffle, Parameter optimizing, Performance research, Control effect

引言

农药的飘失不仅影响防治效果、降低农药的利用率,而且严重影响非靶标区敏感作物的生长,污染环境^[1-2]。罩盖喷雾技术被认为是一种减少雾滴飘失有效而又经济的方法^[3-5]。

挡板导流式喷雾机是在喷头的上风向加装倾斜挡板,并由一个平行四边形机构来连接挡板、喷杆和喷头,不仅可以利用挡板导流、减少飘失,而且对高

秆和低茬作物都适用^[6]。当作业于高秆作物时,挡板可以拨开作物冠层,减少上部冠层对药液的拦截,增加雾滴的穿透性,使药液直接作业于靶标中、下冠层。而罩盖喷雾系统的位姿参数直接影响着喷雾机的防飘效果,必须确定其最优结构参数。

田间试验虽然更接近实际情况,但野外时刻变化的风速和风向使重复试验之间存在相当大的差异。风洞实验室模拟外界实际条件,能够方便地控制风速和风向,准确地测定喷雾参数,避免因外界

收稿日期: 2010-12-14 修回日期: 2011-01-11

^{*} 国家自然科学基金资助项目(30971940)、国家国际科技合作项目资助项目(2010DFA34570)、高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20090008110015)和中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2010JS044)

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

条件的不确定造成评估的困难^[7-8]。

本文对挡板导流式喷雾机的罩盖喷雾系统进行风洞试验,改进其结构参数,并对在此基础上研制的样机进行除草剂田间药效试验。

1 试验

1.1 风洞试验

1.1.1 风洞参数

试验在德国农林生物研究中心(JKI)施药技术研究所进行,其风洞(图1)为空调式循环结构,一端为蜂窝状风栅引导风向,另一端为调频风机。在工作空间内可形成0.3~15 m/s的可调风速,温、湿度和工作压力准确稳定并连续可调,温度调节范围为20~30℃,相对湿度为40%~80%,喷雾系统提供的工作压力为0~8 MPa,工作段长度10 m,高度1.6 m,宽度2.5 m。

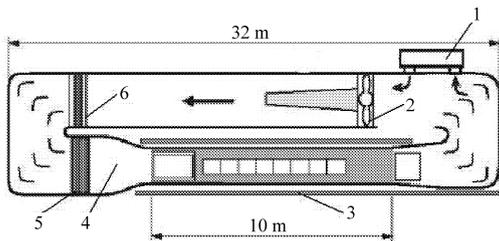


图1 试验风洞

Fig.1 Wind tunnel in JKI

1. 空气干燥加湿器 2. 调频风机 3. 工作段 4. 收缩段
5. 蜂窝状风栅 6. 热交换器

1.1.2 试验方法

按照德国JKI测试规程及依据^[9],将喷头固定在风洞中央,为消除地面对喷雾扇面的影响设置一虚拟地面,虚拟地面距风洞地板0.2 m,喷雾高度为喷头距虚拟地面的高度,风向垂直于扇形雾面,并根据试验设计固定挡板。在离喷头下风方向2 m处,垂直于气流方向的平面内布置雾滴收集器,收集飘失雾滴量,试验装置如图2所示。雾滴收集采用聚乙烯塑料丝($\phi 2$ mm),水平并垂直于气流方向布置5根,垂直间距0.1 m,第1根离地0.2 m,最高1根的高度不高于喷雾高度。喷雾液体为可溶性荧光示踪剂(BSF)水溶液(质量分数为0.01%),设置喷头压力为0.3 MPa,喷雾时间为每次5 s,待收集丝干燥后取下,用5 mL去离子水经超声波洗脱器洗脱,再用荧光分析仪测定每根收集丝上的示踪剂含量。

在相同风洞条件(风速2 m/s,温度20℃,相对湿度80%)、喷头工作压力为0.3 MPa时,使用Lechler公司的ST110-03型标准扇形雾喷头,对影响挡板式导流防飘喷雾系统飘失系数的结构参数:挡板宽度 b 、挡板倾角 α 、喷头倾角 β 进行正交试验,

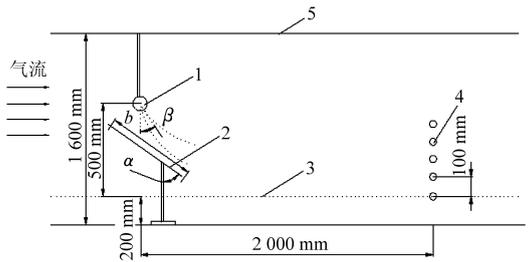


图2 风洞试验布置图

Fig.2 Instrument layout in wind tunnel

1. 喷头 2. 挡板 3. 虚拟地面 4. 收集器 5. 风洞壁面

每个因素取5个水平(表1),根据正交试验表,设计了25组试验,每组试验重复3次。

表1 正交试验因素与水平

Tab.1 Factors and levels of orthogonal test

水平	因素		
	挡板宽度 A/cm	挡板倾角 B/(°)	喷头倾角 C/(°)
1	20	20	20
2	30	30	30
3	40	40	40
4	50	50	50
5	60	60	60

1.1.3 飘失评价指标

通过测试每根收集丝上的示踪剂BSF含量,能够计算出在高度 h_i (mm)处的飘失量 f_i ($\mu\text{L}/(\text{mm}\cdot\text{s})$)。图3中被 h_1 、 f_1 、 f_n 和 h_n 标识的区域代表测试区域中的飘失总量 V , h_s 代表这个区域的重心。 V 和 h_s 是描述飘失系数 I_D 最重要的参数。 I_D 值越小,意味着飘失的损失可能性越小。

$$V = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(f_{i+1} + f_i)(h_{i+1} - h_i)}{2} \quad (1)$$

$$h_s = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left[f_i(h_{i+1} + h_i) + \frac{1}{3}(f_{i+1} - f_i)(2h_{i+1} + h_i) \right]}{\sum_{i=1}^{n-1} (f_{i+1} + f_i)} \quad (2)$$

$$I_D = \frac{100h_s V}{V_n} \quad (3)$$

式中 V_n ——喷头流量^[10]

1.2 除草剂田间药效试验

1.2.1 试验条件

根据风洞试验结果制作样机,并于2010年6月29日在北京市昌平区大辛峰生产队进行玉米播后喷施苗前除草剂试验。选取8块200 m×50 m的小区,其中1块作为空白对照区,1块使用传统大田喷杆喷雾机进行作业,其余6块作为防飘喷雾机作业区,进行常量喷雾,并将药剂用量分别降低10%、

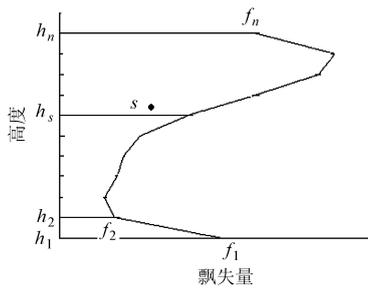


图 3 飘失系数计算示意图

Fig. 3 Drift index calculation

20%、30%、40%、50% 进行减量喷雾, 以此对防飘喷雾技术与减量喷雾技术相结合的防效进行测定。记录环境参数为: 风速为 1.2 ~ 1.8 m/s、温度为 18 ~ 20℃、相对湿度为 79% ~ 83%、喷头作业压力 0.3 MPa。喷施药液为甲乙莠悬乳剂, 常规喷雾使用剂量为 3 000 mL/hm²。

1.2.2 试验方法

在施药后 7 d、14 d、30 d 进行观察分析。在小区对角线随机取 6 点, 每点在 50 cm × 50 cm 的铁丝框内取样。记录杂草种类和株数后, 全部拔除并称取地上部鲜重, 计算株数防效和鲜重防效^[11], 取平均值。计算公式为

$$\varphi = \left(1 - \frac{C - P}{C} \right) \times 100\% \quad (4)$$

式中 φ ——防治效果

P ——处理区残存杂草数(或鲜重)

C ——空白对照区活草数(或鲜重)

2 结果与分析

2.1 风洞试验

通过正交试验结果(表 2)可知, 极差 R 显示影响因素的主次顺序为 $B、A、C$, 最优结构参数为 $A_3B_4C_4$, 即挡板宽度为 40 cm、挡板倾角为 50°、喷头倾角为 50°。

2.2 除草剂田间药效试验

在喷施除草剂后 7 d、14 d、30 d 进行生物学测定, 试验小区的主要杂草有苘麻、裂叶牵牛、打碗花、马齿苋, 计算株数防效与鲜重防效, 结果如图 4 所示。

由于在施药 7 d 后, 正值 7 月份雨水很少, 时间间隔短, 杂草出苗率低, 所以几种处理下防效都不明显, 14 d、30 d 后的防效出现明显差异。无论是株数防效还是鲜重防效, 使用挡板导流式罩盖喷雾机都要优于常规喷雾。随着药剂用量的减少防效降低, 当用量减少 20% 时仍然可以达到与常规作业相近的防效。因此, 使用此防飘喷雾技术可以进行减量施药。

表 2 正交试验结果

Tab. 2 Orthogonal test results

试验号	挡板宽度 A/cm	挡板倾角 B/(°)	喷头倾角 C/(°)	飘失系数 I_D
1	20	20	20	3 280
2	20	30	30	4 647
3	20	40	40	3 696
4	20	50	50	2 576
5	20	60	60	4 620
6	30	20	30	6 233
7	30	30	40	5 316
8	30	40	50	2 371
9	30	50	60	3 380
10	30	60	20	4 411
11	40	20	40	3 546
12	40	30	50	3 907
13	40	40	60	2 941
14	40	50	20	1 034
15	40	60	30	2 352
16	50	20	50	4 650
17	50	30	60	3 638
18	50	40	20	5 055
19	50	50	30	4 353
20	50	60	40	4 801
21	60	20	60	5 792
22	60	30	20	4 268
23	60	40	30	3 193
24	60	50	40	2 528
25	60	60	50	2 199
K_1	3 763. 8	4 700. 2	3 609. 6	
K_2	4 342. 2	4 355. 2	4 155. 6	
K_3	2 756. 0	3 451. 2	3 977. 4	
K_4	4 499. 4	2 774. 2	3 140. 6	
K_5	3 596. 0	3 676. 6	4 074. 2	
R	1 743. 4	1 926	1 015	

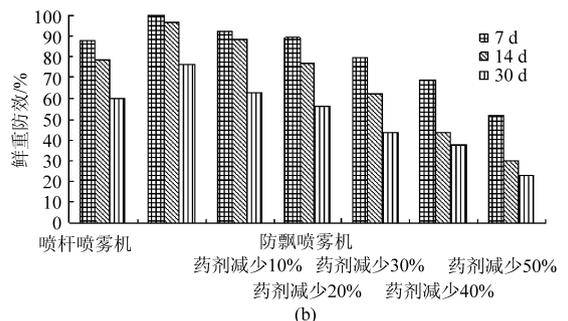
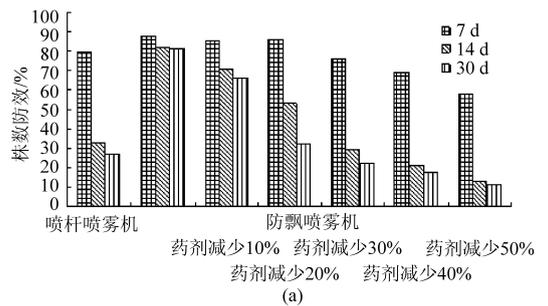


图 4 株数防效和鲜重防效的对比

Fig. 4 Comparison of weeds control effect and fresh weight effect

(a) 株数防效 (b) 鲜重防效

3 结论

(1)影响挡板导流式罩盖喷雾机防飘效果的要素主次顺序为挡板倾角、挡板宽度、喷头倾角,最优结构参数为:挡板宽度 40 cm、挡板倾角 50°、喷头倾

角 50°。

(2)挡板导流式罩盖喷雾机的防效优于常规喷雾。当药剂用量减少 20% 时仍然可实现与常规喷雾相同的防效,有效降低了用药量、节约成本、提高了药效。

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):129~132.
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):129~132. (in Chinese)
- 2 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 Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004,20(1):13~15. (in Chinese)
- 3 Ozkan H E, Miralles A, Sinfort C, et al. Shields to reduce spray drift [J]. J. Agric. Engng. Res., 1997, 67(4):311~322.
- 4 Knewitz H, Weisser P. Drift-reducing spray application in orchards and biological efficacy of pesticides [J]. Aspects of Applied Biology, 2002, 66: 231~236.
- 5 张京,杨雪玲,何雄奎,等. 改进双圆弧罩盖减少雾滴飘失试验[J]. 农业机械学报, 2009,40(7):67~71.
Zhang Jing, Yang Xueling, He Xiongkui, et al. Improved double-foil shield for reducing spray drift[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2009,40(7):67~71. (in Chinese)
- 6 张京,李伟,宋坚利,等. 挡板导流式喷雾机的防飘性能试验[J]. 农业工程学报,2008,24(5):140~142.
Zhang Jing, Li Wei, Song Jianli, et al. Anti-drift performance test of guided baffle plate type sprayer[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008,24(5):140~142. (in Chinese)
- 7 傅泽田,祁力钧. 风洞实验室喷雾飘移试验[J]. 农业工程学报,1999,15(1):109~112.
Fu Zetian, Qi Lijun. Wind tunnel spraying drift measurements [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1999,15(1):109~112. (in Chinese)
- 8 Wolf R E. Comparing downwind spray droplets of four flat-fan nozzle types measured in a wind tunnel and analyzed using dropletscan-software[J]. Applied Engineering in Agriculture,2005, 21(2):171~177.
- 9 曾爱军,何雄奎,陈青云,等. 典型液力喷头在风洞环境中的飘移特性试验与评价[J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 78~81.
Zeng Aijun, He Xiongkui, Chen Qingyun, et al. Spray drift potential evaluation of typical nozzles under wind tunnel conditions[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(10):78~81. (in Chinese)
- 10 Helck C, Herbst A. Drift potential index—a new parameter for the evaluation of agricultural nozzles concerning their drift potential[J]. Nachrichtenbl Deut. Pflanzenschutz, 1998, 50(9): 225~232.
- 11 庞福德,刘亚光. 东北地区主要玉米田除草剂的药效试验[J]. 农药,2007,46(4):274~275.
Pang Fude, Liu Yaguang. Control effect of main herbicide varieties in corn field of northeast area[J]. Agrochemicals, 2007, 46(4):274~275. (in Chinese)

(上接第 128 页)

- 11 Malley D F, McClure C, Martin P D. Compositional analysis of cattle manure during composting using a field portable near infrared spectrometer [J]. Communications in Soil Science & Plant Analysis, 2005,36(4): 455~476.
- 12 Riccardo Leardi. Application of genetic algorithm—PLS for feature selection in spectral data sets [J]. Journal of Chemometrics, 2000, 14(5): 643~655.
- 13 王加华,潘璐,孙谦,等. 遗传算法结合偏最小二乘法无损评价西洋梨糖度[J]. 光谱学与光谱分析,2009,29(3):678~681.
Wang Jiahua, Pan Lu, Sun Qian, et al. Nondestructive measurement of SSC in western pear using genetic algorithms and FT-NIR spectroscopy [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2009, 29(3): 678~681. (in Chinese)
- 14 屠振华,籍保平,孟超英,等. 基于遗传算法和间隔偏最小二乘的苹果硬度特征波长分析研究[J]. 光谱学与光谱分析,2009,29(10):2760~2764.
Tu Zhenhua, Ji Baoping, Meng Chaoying, et al. Analysis of NIR characteristic wavelengths for apple flesh firmness based on GA and iPLS [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2009, 29(10): 2760~2764. (in Chinese)