

水田风送低量喷杆喷雾机设计及其参数研究

何雄奎¹, 曾爱军¹, 刘亚佳¹, 严苛荣², 汪健³

(1. 中国农业大学理学院, 北京 100094; 2 中国农业机械化科学研究院, 100083; 3 苏州农业药械股份有限公司, 215000)

摘要: 为适应水稻病虫害防治的需要, 研制了一种轻便、高效、省药、能减少对环境污染、与目前中国水稻插秧机通用底盘配套、可实现水稻低量风送精确喷雾的水田风送低量喷杆喷雾机。采用机电一体化技术, 气流辅助技术, 低量喷雾技术为中国设计生产出第一代用于水稻病虫害防治的喷杆喷雾机, 提高了插秧机通用底盘的利用率; 作业效率 $2\text{ hm}^2/\text{h}$ (作业速度 $0.82\sim 0.98\text{ m/s}$), 可进行 $150\sim 180\text{ L}/\text{hm}^2$ 的低容量喷雾作业; 风送系统风速达 14 m/s ; 将喷雾不均匀度由常规喷雾的50%降低到10%, 农药利用率达35%; 并能对喷雾轨迹进行标识, 同时还解决了喷杆的自动折叠问题。

关键词: 水稻喷杆喷雾机; 气流辅助喷雾; 低量喷雾; 技术参数

中图分类号: S491

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)09-0076-04

何雄奎, 曾爱军, 刘亚佳, 等. 水田风送低量喷杆喷雾机设计及其参数研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(9): 76-79.

He Xiongkui, Zeng Aijun, Liu Yajia, et al. Design and parameter test of the low volume air assistant rice boom sprayer [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(9): 76-79. (in Chinese with English abstract)

0 引言

水稻是中国种植面积最大, 单产最高, 总产量最大的粮食作物, 面积达 0.31 亿 hm^2 , 占粮食种植面积的30%, 占粮食总产量的40% (2001年, 农业部统计资料); 而且, 水稻是病虫害发生频繁, 防治次数较多, 用工量最大的作物。长江流域水稻产区, 一般一季水稻需喷洒化学除草剂2~4次, 杀虫剂、杀菌剂5~8次^[1,6]。随着种植业结构的调整, 农业生态环境的变化以及异常气候等因素的影响, 水稻病虫害的发生更加频繁, 特别是水稻螟虫、稻瘟病、稻飞虱等重大病虫害在不少地区有加重的趋势, 成为水稻优质、高产的主要制约因素之一。但目前中国水稻病虫害的防治100%采用不能均匀喷施农药的手动或机动(东方红-18型)喷雾机械, 劳动强度大, 农药利用率和作业效率极低, 且经常出现药害^[8]。这种在中国植保机械中占主导地位的手动喷雾器(工农-16型, 现有保存率95%)喷洒效果差, 喷施过程中农药分布不均匀度高达46.56%^[1,5,6], 已经越来越不适应水稻病虫害规模化防治的要求。近年来, 随着农村经济的不断发展和农机社会化服务体系的建立和完善, 在中国水稻主产区, 规模化经营有较大的发展, 为水稻生产机械化的发展创造了良好的条件, 广大农户迫切需要高效的作业机具。

环境保护和可持续发展是21世纪农业发展的主要任务。因此, 国家“十五”期间, 组织开展水稻病虫害防治高效施药技术和机具研究开发, 采用机电一体化技术, 喷杆式低量喷雾、气流辅助输送雾滴、喷幅标识和喷

杆电动折叠等先进技术, 研制自走式、作业效率高、适合水稻病虫害规模化防治的施药机械, 提高农药有效利用率, 减少农药用量, 改善农业生态环境, 提高农产品安全性, 具有重要意义。

工业发达国家, 水稻的病虫害防治已基本实现了机械化。在美国, 由于农户的经营面积较大, 主要依靠飞机和大型远射程喷雾机完成, 而在以水稻为主要粮食作物的日本、韩国, 农户的经营面积较小, 以背负式喷雾喷粉机、小型动力喷雾机为主。本研究新开发的水田风送低量喷杆喷雾机与现有水稻插秧机通用底盘配套, 扩大了水稻插秧机通用底盘的使用功能, 实现了通用底盘的一机多用、机动性好、作业效率高、雾滴分布均匀、农药利用率高, 可以满足水稻喷施杀虫剂、除草剂、杀菌剂、生长调节剂等的各种作业要求。该机在中国是首创, 并且是目前喷杆喷雾机上唯一采用喷雾标识系统的机具, 具有广阔的推广应用前景。

1 喷雾机系统结构和组成

水田风送低量喷杆喷雾机的系统结构和组成如图1所示, 图2为正在进行田间作业的水田低量风送喷杆喷雾机。

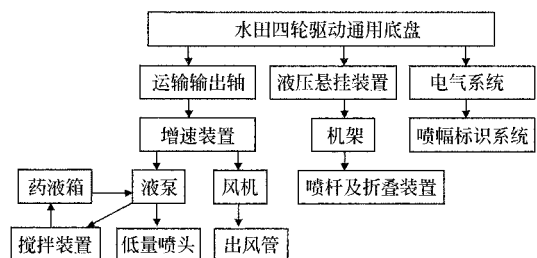


图1 水田风送低量喷杆喷雾机系统结构框图

Fig 1 Schematic diagram of low-volume air assisted rice boom sprayer

收稿日期: 2005-01-08 修订日期: 2005-08-02

基金项目: 国家十五攻关项目(2004BA516A02, 2001BA504B-05);

国家自然科学基金(301001130)

何雄奎: 博士, 副教授, 博士生导师, 北京市圆明园西路2号 中国农业大学理学院, 100094. Email: xiongkui@cau.edu.cn

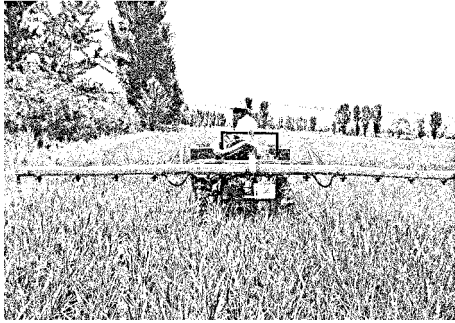


图2 作业中的水田风送低量喷杆喷雾机

Fig 2 Rice boom sprayer working in the paddy field

2 整机研制实现方案

2.1 喷雾机的整体结构型式

主要由机架、药液箱、液泵、风机及出风管、喷杆及折叠机构、低量喷头和喷幅标识系统等部分组成, 与水田四轮驱动通用底盘悬挂联接。结构示意图见图3、4。

2.2 药液箱

药液箱的总容积为200 L, 由两个分置于通用底盘驾驶座两侧且相互连通的分药液箱组成, 如图3所示, 每个分药液箱的容积为100 L。药箱上设置液位指示器, 方便操作者观察。药液箱底部设有搅拌装置, 以达到药剂均匀混合的目的。

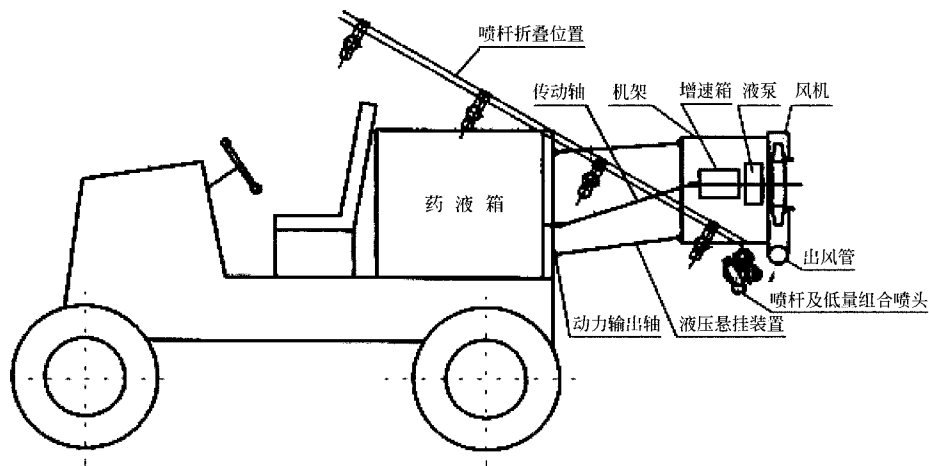


图3 水田风送低量喷杆喷雾机整体结构

Fig 3 Unitary structure of low-volume air-assisted rice boom sprayer

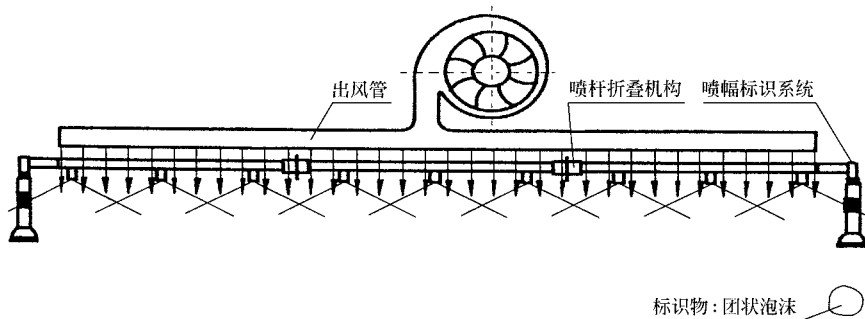


图4 喷杆与喷幅标识系统

Fig 4 Unitary structure of spray boom and spray breadth identifying system

2.3 轻型液泵

为了便于水田作业, 水田风送低量喷杆喷雾机要求质量轻, 为此研制了结构简单、体积小、质量轻且具有自吸能力的小型高速旋涡泵。液泵排出的药液除了供喷头喷雾外, 多余药液回流至药液箱对药箱中的药液进行搅拌。水田风送低量喷杆喷雾机的喷幅为5.4 m, 安装12个喷头体, 每个喷头体同时安装有3个不同流量的喷头, 可实现喷头的快速切换, 喷头的流量为0.5~1.5 L/m in (0.3 MPa 压力下), 每次有12个喷头同时进行作业, 总喷雾量为6~18 L/m in。搅拌流量一般为药箱容积

的5%~10%, 考虑到药箱底部为平面, 不利于搅拌, 为此确定搅拌流量为药箱容积的15%, 即30 L/m in。根据上述各参数, 确定小型高速旋涡泵的设计流量为60 L/m in。

2.4 风机及出风管

为实现机具的轻型化, 根据喷雾机喷幅和作业时出口风速的要求, 选用背负式喷雾喷粉机用小型高速离心式风机。这种风机的风压较高, 有利于提高气流的穿透性, 改善雾滴附着效果, 且风机采用工程塑料制造, 体积小、重量轻。风机在额定转速4000 r/m in 时的风量为

0.18 m³/s, 轴功率为 1.18 kW。出风管沿喷杆布置, 位于喷头后方, 便于将喷头喷出的雾滴及时向作物吹送; 材料选用优质薄膜软管, 重量轻, 便于折叠。

2.5 增速箱

由于通用底盘上动力输出轴的转速较低(低档 200 r/m in, 高档 400 r/m in), 与液泵、风机的工作转速相差甚远, 因此喷雾机需设置增速装置, 采用二级增速, 传动比 $i = 6.6$; 将动力输出轴的转速提高到液泵和风机相应的工作转速。传递功率 3 kW, 从动轴转速 3500 r/m in, 主动轴转速 528 r/m in。动力输出轴和增速箱之间采用万向传动轴联接, 以适应机具提升时中心距的变化。

2.6 喷杆折叠机构

喷杆折叠机构采用四连杆机构, 在运输状态下, 喷杆向斜上方折叠固定, 以避免对操作者动作造成妨碍。折叠机构的动作依靠电动推杆实现, 操作者只需控制电控按钮, 即可实现喷杆的展开和折叠。

2.7 喷幅标识系统

喷幅标识系统(见图 4)是利用气流将泡沫剂吹出, 形成能保持较长时间的团状泡沫, 在喷雾机喷杆末端处落在地表或作物顶部作为标记, 便于接行, 防止重喷、漏喷。喷幅标识系统由电控箱、泡沫剂箱、发泡喷头等组成, 利用通用底盘的电源, 驾驶员可通过按钮控制左右两侧任一侧的发泡喷头进行喷洒, 对喷雾轨迹进行标识, 并可调节泡沫剂的喷量。

2.8 “三位一体”组合式防滴喷头

水田风送低量喷杆喷雾机单位面积施药量为 150~225 L/hm²。按照作业速度及喷幅计算, 现有扇形雾喷头的喷雾量可以满足上述施药量的要求。为提高作业的方便性, 实现不同喷量下的低量喷雾作业, 喷头采用“三位一体”组合式防滴喷头, 安装三个不同喷雾量的低量扇形雾喷头, 根据不同防治对象对喷雾量的不同要求, 工作前只需将选定喷雾量的喷头旋转到喷雾位置即可, 且不需要调整每个喷头的偏转角度和更换喷头, 减少了喷嘴更换及调整时间。

3 喷雾机技术参数研究

1) 风送系统出口风速

风机额定工况下, 风送系统出口风速取决于出风孔的面积和孔数, 通过对不同出风孔孔径(8, 10, 12, 14, 16 mm)和孔间距(8, 10, 12 cm)的不同组合进行试验; 以风机在标准转速下, 出风孔风速最大为目标, 结果得到最佳组合为孔径 12 mm, 孔距为 10 cm, 共 50 个孔, 此时出口风速达 14.32 m/s(表 1)。

2) 有、无风送条件下雾滴沉积均匀度

在上述最佳组合出口孔径 12 mm, 孔距为 10 cm 时, 风速 14.32 m/s 的条件下, 按 JB/T 9805.2-1999《喷杆式喷雾机试验方法》, 在 24 m 标准喷杆喷雾机雾滴沉积分布试验台(产地: 德国)进行有无风送条件下雾滴沉积试验。实验时, 喷杆展开置于距离雾滴分布试验台面上空 50 cm, 喷雾机在不前行情况下进行 1 分钟喷

雾(喷雾压力为 4 bar), 测量雾滴分布试验台中各雾滴收集装置中水量, 然后计算各雾滴收集装置单位面积上的雾滴沉积量均值, 结果如表 2 所列, 在相同条件下, 风送喷雾雾滴在作物上的沉积分布效果明显优于没有风送的情况。

表 1 风机额定工况下风送系统出口风速

Table 1 Air speed of air assistant system at outlet in fan's rated working condition

出风口孔径/mm	孔距/cm	孔数	出口风速/m · s ⁻¹
8	8	68	8.12
8	10	50	10.07
8	12	45	9.53
10	8	68	10.35
10	10	50	12.61
10	12	45	11.36
12	8	68	12.92
12	10	50	14.32
12	12	45	12.95
14	8	68	9.39
14	10	50	11.98
14	12	45	11.01
16	8	68	9.03
16	10	50	10.38
16	12	45	10.12

表 2 有、无风送条件下雾滴在靶标上的沉积量与均匀性

Table 2 Droplet deposit and uniformity on the target with and without air assistant system

	雾滴沉积量均值 /g · cm ⁻²	喷雾不均匀度 /%	变异系数 /%
无风	272.80	47	2.883
有风	295.20	10	1.849

3) 有、无风送条件下药液在水稻上的有效利用率

以 2.11 km/h 的作业速度进行喷雾作业, 将水田按上、中、下分为三个层次, 喷药后分小区随机采取 5 整株水稻, 用 T 叶面积仪(测量精度为 0.02 cm²)测出水稻叶片叶面积后装入瓶内, 用含有酒精的蒸馏水振荡洗下叶面上的荧光物质, 再用 LS-2 荧光检测仪检测出叶片单位面积上的药液雾滴沉积量, 即雾滴在水稻上的有效利用率; 通过检测在距离水面 1 cm 处布置的雾滴接收装置上的药液雾滴沉积量, 即可计算出飘失出靶标区的雾滴数量, 结果如表 3。

表 3 有、无风送条件下雾滴在靶标区内的沉积与飘失率

Table 3 Droplets deposit on the target area and drift with and without air assistant system /%

沉积附着靶标	风送	无风送
水稻植株	36.84	26.23
地面	49.67	45.58
飘失	13.49	28.19

试验表明, 在相同条件下, 风送喷雾雾滴在水稻植株上的有效沉积明显高于没有风送的情况。

4 结 论

水田风送低量喷杆喷雾机是一种全新的施药机械,它与国产水稻插秧机通用底盘配套,在中国首次实现在水稻上采用风送低量喷杆喷雾作业方式;与其他喷雾方式相比,喷雾质量好,喷雾量分布均匀性得到显著提高;大大地节省了农药,提高了农药利用率。

1) 风送低量喷杆喷雾机的作业喷幅可自动标识,喷幅为 5.4 m,是水稻高速种植机械(高速插秧机、直播机等)的工作幅宽 1.8 m 的整数倍;喷杆离地间隙大于 400 mm,依靠通用底盘的提升装置和喷雾机喷杆升降机构,喷杆离地间隙可在 1.2 m 范围内调整,以适应不同水稻高度的作业需要。

2) 风送低量喷杆喷雾机作业效率高达 $2 \text{ hm}^2/\text{h}$ (作业速度在 $0.82 \sim 0.98 \text{ m/s}$),可实现高效低量喷雾作业,施药量为 $150 \sim 180 \text{ L}/\text{hm}^2$ 。

3) 风机转速在 $4000 \text{ r}/\text{min}$ 时,出风管出风口的平均作业风速达到 14 m/s 。

4) 减少飘失近 30%;将传统的喷雾不均匀度由 50% 降低到 10%,农药利用率高达 35% 以上。

[参 考 文 献]

- [1] 何雄奎 植保机械与施药技术[J]. 植保机械与清洗机动态, 2002, (4): 5- 8
- [2] 何雄奎, 刘亚佳, 曾爱军 农业机械化[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 113- 133
- [3] 席运官, 钦 佩 有机农业生态工程[M]. 北京: 北京化学工业出版社, 2002, 5, 1- 12
- [4] 袁会珠, 何雄奎, 李秉礼 FAO 农药施用机具的最低准则第一, 二, 三卷(英译中)[M]. 联合国粮农组织, 罗马, 2003
- [5] 戴奋奋, 袁会珠, 何雄奎 植保机械与施药技术规范[M]. 中国农业科学技术出版社, 2002: 92- 107.
- [6] 何雄奎 大力发展中国植保机械与施药技术[J]. 科学时报, 2003 年第 2008 期
- [7] 何雄奎, 严荷荣, 吴春笃, 等 果园自动对靶静电喷雾机设计与试验研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 78- 80
- [8] 何雄奎 改变中国植保机械和施药技术严重落后的现象[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 13- 15
- [9] ISSN 1010-1365, FAO Agricultural Service Bulletin 112/1-Pesticide application equipment for use in agriculture [R]. Vol 1 Manually carried equipment, Rome, 1994
- [10] FAO. Technical standards-Sprayer specifications and test procedures-Agricultural Pesticide Sprayers[R]. 1998

Design and parameter test of the low volume air assistant rice boom sprayer

He Xiongkui¹, Zeng Aijun¹, Liu Yajia¹, Yan Herong², Wang Jian³

(1. College of Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China;

3. Suzhou Plant Protection Machinery Co., Ltd., Suzhou 215000, China)

Abstract: A new rice translator general chassis mounted low volume air assisted rice boom sprayer was designed to meet the demand of chemical pest control in rice field. This sprayer characterized light weight, high efficiency, saving pesticide and being friendly to environment. The techniques of low volume spraying and air-assisted boom spraying were applied at the same time in this system. The small droplets toward to the target by assisting of air stream can increase the penetrability. Experimental results show that the new sprayer can save more than 15% pesticides, working speed in rice field is $0.82 \sim 0.98 \text{ m/s}$, and working efficiency is $2 \text{ hm}^2/\text{h}$, wind speed of air assistant outlet is more than 14 m/s , improving the utilization rate (above 35%) and control efficiency and decreasing significantly environmental pollution caused by the application. At the same time the key technological problems between low volume and boom air-assisted spraying for this rice sprayer have been solved.

Key words: rice boom sprayer; air assisted spray; low volume spray; technological parameter