

3WFXM-400 型风送式果园喷雾机喷雾性能试验研究

王利源,殷梦杰,汪 强,李建平,王鹏飞,杨 欣*

河北农业大学 机电工程学 院, 河北 保定 071001

摘要: 我国苹果产业已经成为农民致富的重要途径之一,近年来随着苹果矮砧密植宽行栽培技术的推广,治病虫害的果园植保机械等果园农事作业机械在果园应用率逐年提高。本文对3WFXM-400型风送式果园喷雾机的喷雾性能在苹果园试验示范站进行了施药液误差率、药箱药液残留率、药液附着率和滴沉积密度试验研究。结果表明:

风送式果园喷雾机在一定工况下作业时,平均施药液误差率为6.24%,平均药箱药液残留率为0.67%,平均药液附着率达83.0%,滴沉积密度均值为90粒/cm²,满足风送式果园喷雾机的作业质量要求。

关键词: 果园; 风送式喷雾机; 喷雾; 试验

中图分类号: S491

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2017)04-0587-05

Experimental Study on the Performance of 3WFXM-400` Orchard Sprayer

WANG Li-yuan, YIN Meng-jie, WANG Qiang, LI Jian-ping, WANG Peng-fei, YANG Xin*

College of Mechanical and Electrical Engineering/Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China

Abstract: Apple industry in China has become an important way for farmers to get rich, in recent years, with the promotion of Dwarf Rootstock Wide Row Intensive Planting and Cultivation Mode for Apple, orchard plant protection machinery for pest control and orchard farming machinery in the orchard application rate increased year by year. In this paper, 3WFXM-400 air-assisted orchard sprayer conduct spray performance experiment in the orchard demonstration station, including determination error rate of pesticide dosage, residual rate of liquid medicine, liquid attraction rate and droplet deposition density. The results showed that the air-assisted orchard sprayer in operation under the rated conditions, the average dose rate error was 6.24%, the average the medicine bucket liquid residue rate was 0.67%, the average number of droplets was 83%, the droplet deposition density was 90 grain /cm², meeting the requirements of the operation quality of the air-assisted orchard sprayer.

Keywords: Orchard; air-assisted sprayer; spraying; experiment

中国是世界上最大的水果出产国,居全球13个产超1000万t的国家之一;水果总产量和总产一直稳居世界第一,水果的质量与产业化水平也在不断发展和提高^[1]。2015年末,中国水果种植总面积12816.67千hm²,水果总产量达到27375.03万t^[2]。其中,苹果种植面积2328.53千hm²,占水果种植总面积的18.17%;苹果产量达到4261.29万t,占水果总产量的15.57%。而近年来中国在苹果种植模式上学习并推广了国外先进的苹果矮砧密植宽行栽培模式,为风送式果园喷雾机等果园机械的应用提供了场所,减轻了人工喷雾作业的劳动强度、降低了药液对施药人员的伤害。

国外果园施药机械已经普遍应用喷雾技术,美、日等发达国家已将农机与农艺相结合。与发达国家果园施药技术相比,中国在农药应用方面有很大差距,果园施药器械存在有效喷幅偏窄,喷雾精度较低,药液的吸、沉淀性和药液的穿透力不强等^[4-6],且风送式机械不适用于近年来中国用矮砧密植宽行栽培模式建成的现代型果园;但随着国家对现代化果园扶持力度的增大,果园机械化施药技术取得很大进步^[3]。对矮砧密植宽行栽培模式果园的种植及管理要求,本文对3WFXM-400型风送式果园喷雾机的药箱药液残留率、施药液误差率、药液附着率和滴沉积密度在苹果园试验示范站进行测定试验。

1 试验机结构及工作原理

收稿日期: 2017-06-05

修回日期: 2017-06-22

基金项目: 国家重点研发计划专项(2016YFD0201100);现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-28)

作者简介: 王利源(1994-),男,硕士研究生.主要从事机械装备设计与性能分析. E-mail:2629265210@qq.com

***通讯作者:** Author for correspondence. E-mail:yangxin@hebau.edu.cn

3WFXM-400 型 式果园喷 机由机架、药箱、 膜泵、净水桶、喷头、导流罩及 机等 件构成，如图 1 所示。

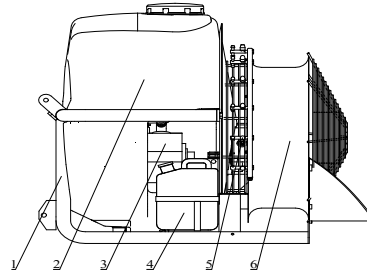


图 1 3WFXM-400 型风送式果园喷雾机

Fig.1 3WFXM-400 wind-driven orchard sprayer

1. 机架 Frame; 2. 药箱 Medicine barrel; 3. 隔膜泵 Diaphragm pump; 4. 净水桶 Net bucket; 5. 喷头 Blow head; 6. 导流罩 Deflector

拖拉机的悬挂装置与 3WFXM-400 型 式果园喷 机的机架 接，形成悬挂式作业机组。喷 机工作前，将可溶性的药物溶于水中形成药液；喷 作业时，拖拉机后置动力输出轴输出的动力经联轴器传 至喷 机的 膜泵，再 过 膜泵与 机变 箱的联轴器传 至 机变 箱，动 膜泵和 机作业。药箱中药液经 膜泵加压后， 一 分药液回流到药箱起搅拌作用外，其余药液经液管输 至喷头 化喷出； 机变 箱将动力传 至 机， 机 旋转形成的 压 气流将喷头喷出的 滴二次 化，并将 滴 至果树叶片和枝干上；同时， 压 气流 能翻动果树枝叶，使 滴均匀覆盖于果树叶片的叶 与叶背。

3WFXM-400 型 式果园喷 机的主要参数如表 1 所示。

表 1 3WFXM-400 型风送式果园喷雾机主要参数

Table 1 3WFXM-400 wind-driven orchard sprayer major parameter

参数 Parameter	单位 Unit	数值 Value
整机尺寸	(×宽×)mm ³	1050×1140×1200
套功率	kW	30~44
喷头型号		ARAG F20002A
喷头数	个	12
工作压力	MPa	0.3~2.5
机形式		轴流式
机转	r/min	2200
机叶轮直径	mm	710
水平射程(单边)	m	≥6
液泵类型		膜泵
药箱容积	L	400
膜泵排	L/min	≥75

2 果园试验

2.1 试验环境

果园喷 性能试 于 2016 年 08 月 18 日在河北农业大学唐县丹凤山试 示范站 行，果园种植模式为矮砧密植宽行栽培，行距 3.5 m~4.0 m、株距 1.2 m~2.0 m，树冠呈现细 纺 形或者圆柱状，成形后树冠冠幅小而细 ，平均冠幅 1.0 m~1.5 m，树 3.5 m~4.0 m，主干 0.8 m~0.9 m^[7]。试 条件为：①环境温度 15 ℃；②环境湿度 45%；③环境 1~2 级；④作业 度 8.8 km/h。

2.2 试验前准备

2.2.1 试验仪器 本次试 仪器有水敏纸、带刻度的 杯、放大 和卷尺等器具。考虑试 技术要求与实 情况，将购买的 2.5 cm×7.5 cm 水敏纸裁剪成 2.5 cm×2.5 cm，在水敏纸反 粘贴双 胶。为了 免带刻度的 杯出现破碎、携带方便， 择塑料材质；考虑 杯的用 多样性和可 复利用性， 择容积为 1000 mL、2000 mL 和 5000 mL 的带刻度 杯，分度值为 10 mL。卷尺 择 度为 25 m 和 50 m，分度值为 0.01 m。放大 择 10 倍手持放大 。

2.2.2 水敏纸布置方法 参考农药喷 机(器)田 操作规程及喷洒质 评定标准^[8]中的方法在果树上布置水敏纸。将 定的每株果树按方位分为东、西、南、北四个方向;按距树干的距离分为外膛、中膛与内膛;按垂直 度分为上层、中层与下层,共 36 点 行观察,如图 2 所示。在喷 作业机组药液覆盖的范围内按等 平 的位置 取叶片,将 2.5 cm×2.5 cm 大小的水敏纸固定在叶片的叶 与叶背^[8-10]。

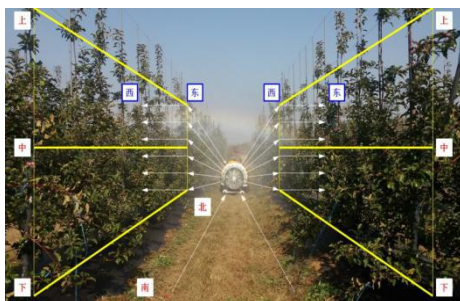


图 2 测点布置及作业机组试验情况

Fig.2 Measuring point arrangement and operation unit test situation

2.3 试验安排

为了确保试 时 3WFXM-400 型 式果园喷 机工作稳定,试 前在苹果园中 行试喷作业,确保喷 机在稳定工作的情况下 行试 ;试 介质为水。

2.3.1 施药液量误差率测定试验 在苹果园中 定一块苹果树林,以果树枝最外端为边,用卷尺测该块苹果树林的 宽,计算出该苹果树林地块 积;每 666.67 m² 定施药液 23 L。

每次喷 前往水箱中加入水,水 与药箱上 50 L 刻度 平时停止加水。调节拖拉机与喷 机各参数值,达到稳定工作状态后,拖拉机以 8.8 km/h 匀 向前前行,喷 机工作压力为 2.0 MPa,机以 2200 r/min 转 工作,当喷 机 入苹果园时,打开喷 开关, 行喷 作业;药液喷洒完成后,用带刻度的 杯 新将药液箱装满到相同水平的位置上,由加入 测定实 施药液 ,按式(1)计算出施药液 误差率^[8,9]。

$$u = \frac{q - q_0}{q_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中, u 为施药液 误差率, %; q 为实 施药液 , L/min; q_0 为 定施药液 , L/min。

2.3.2 药箱药液残留率测定试验 药箱药液残留率试 分别在 止状态与运动状态 行。试 过程中记录药箱容积 (L)、药液灌注 (L)、药箱残留 (L),并计算出药箱药液残留率(%),试 过程如下:

(1) 止状态药箱药液残留率试 。先往药箱中加入 100 L 水,喷 机不移动,打开拖拉机后置动力输出轴使 机转动,当 机达到 2200 r/min 转 且喷 机工作压力为 2.0 MPa 时,再打开喷 开关,药液喷 完成后,灵活运用不同带刻度的 杯接出药箱内剩余水,如剩余过多可分多次取出, 复试 3 次,按式(2)计算出药箱药液残留率;

(2) 运动状态药箱药液残留率试 。先往药箱中加入 100 L 水,打开拖拉机后置动力输出轴使 机转动,当 机达 2200 r/min 转 且喷 机工作压力为 2.0 MPa 时,拖拉机直线移动,当 度达到 8.8 km/h 后,匀 前 ,再打开喷 开关。药液喷 完成后,灵活运用不同带刻度的 杯接出药箱内剩余水分,如剩余过多可分多次取出, 复试 3 次,按式(2)计算出药箱药液残留率;

(3) 计算出两种状态下药箱药液残留率的平均值。

$$\mu = \frac{p}{v} \times 100\% \quad (2)$$

式中, μ 为药箱药液残留率, %; p 为药箱残留 , L; v 为药箱容积, L。

2.3.3 药液附着率与雾滴沉积密度测定试验 定药液喷洒工作区,在药液喷洒工作区域 机 择有

代表性（果树枝叶茂盛）的 3 株果树，按照 2.2.2 中提到的方法在每株苹果树上布置水敏纸。调节拖拉机与喷机各参数值，达到稳定工作状态后，拖拉机以 8.8 km/h 匀向前前行，喷机工作压力为 2.0 MPa，机以 2200 r/min 转工作，打开喷开关，药液喷洒完成后，在水敏纸未干燥前，用 10 倍手持放大迅观察水敏纸，读取水敏纸上的滴数并记录药液着分级（0 级、1 级、2 级、3 级和 4 级）情况，按式（3）计算出药液着率^[8]。

$$\text{药液着率} = \frac{(1 \text{ 级叶片数} \times 1) + (2 \text{ 级叶片数} \times 2) + (3 \text{ 级叶片数} \times 3) + (4 \text{ 级叶片数} \times 4)}{\text{观察叶片总数} \times 4} \times 100\% \quad (3)$$

3 试验结果分析

3.1 施药液量误差率

3WFXM-400 型式果园喷机在果园中进行施药液误差率测定试，根据累计加水算出实施药液并按式（1）算出施药液误差率，试结果见表 2。

表 2 施药液量误差率测定试验结果

Table 2 Test result of pesticide dosage determination error rate

试次数	地块积	定施药液	工作压力	作业度	实施药液	施药液误差率
Number of test	Plot area	Predetermined dosage of pesticide	Working pressure	Operation speed	Actual application liquid	Dose rate error
1					41.15 (L/666.67m ²)	7.78%
2	1104 (m ²)	23 (L/666.67m ²)	2.0 (MPa)	8.8 (km/h)	39.87 (L/666.67m ²)	4.42%
3					40.67 (L/666.67m ²)	6.52%
平均施药液误差率					6.24%	

分析表 2 数据可知，3WFXM-400 型式果园喷机以 2.0 MPa 的工作压力和 8.8 km/h 作业度即喷机在定工况下对定的苹果树林行喷工作时，平均施药液误差率为 6.24%，最施药液误差率为 7.78%，施药液误差率不大于 10%，符合作业质指标要求^[8,9]。

3.2 药箱药液残留率

3WFXM-400 型式果园喷机以止状态与运动状态行药箱药液残留率测定试。用带刻度的杯接出药箱内残留的药液，记录药箱残留，按式（2）算出药箱药液残留率并算出平均药箱药液残留率，试结果见表 3。

表 3 药箱药液残留率测定试验结果

Table 3 Test result of liquid medicine residual rate

状态	试次数	药箱容积	药液灌注	药箱残留	药箱药液残留率
Status	Number of test	Medicine barrel volume	Liquid drug perfusion	Medicine residue	The medicine bucket liquid residue rate
止	第 1 次	400 (L)	100 (L)	2.6 (L)	0.65%
	第 2 次			2.8 (L)	0.70%
	第 3 次			2.7 (L)	0.68%
运动	第 1 次			2.7 (L)	0.68%
	第 2 次			2.6 (L)	0.65%
	第 3 次			2.6 (L)	0.65%
平均药箱药液残留率				0.67%	

分析表 3 数据可知，3WFXM-400 型式果园喷机在止和运动两种状态下，药液灌注均为 100 L，药箱残留均不超过 3 L，药箱药液残留率平均为 0.67%，药箱药液残留率不大于 1%，符合作业质指标要求^[11]。

3.3 药液附着率与雾滴沉积密度

3WFXM-400 型式果园喷机在定工况下行药液着率与滴沉积密度测定试，试记录与计算结果见表 4、表 5、表 6。表 4 为其中一株果树药液着率与滴沉积密度统计表，表 5 为 3 株果树药液着率与滴沉积密度并算出平均值。

分析表 4~6 数据可知，药液吸在果树树叶的叶与叶背，着率均值达 83.0%。滴在果树的上层、中层与下层三层的沉积粒数相差不大；东、西、南、北四个方向的沉积粒数有些差距，

但满足果树病虫害的 治; 在外膛、中膛与内膛平均 滴粒数差距也不大, 说明喷 机的穿 能力很强。 滴沉积密度均值为 90 粒/cm², 药液 着率和 滴沉积密度均符合质 指标要求^[8,9]。

表 4 药液附着率

Table 4 Liquid attraction rate

位置 Position	外膛树叶 滴粒数 (粒/cm ²) (叶 /叶背)				中膛树叶 滴粒数 (粒/cm ²) (叶 /叶背)				内膛树叶 滴粒数 (粒/cm ²) (叶 /叶背)			
	东	西	南	北	东	西	南	北	东	西	南	北
	East	West	South	North	East	West	South	North	East	West	South	North
上层	93/81	86/70	99/80	84/89	88/80	64/75	84/65	60/72	57/64	82/73	48/56	62/49
中层	76/79	93/67	105/90	75/59	72/76	83/60	92/76	91/80	76/80	80/65	62/50	82/66
下层	80/89	76/84	82/71	62/54	67/49	55/43	66/48	77/64	68/57	56/44	70/55	57/71
合格叶片	36片(一级: 2片; 二级: 3片; 三级: 6片; 四级: 25片)											
药液 着率	87.5%											

表 5 雾滴沉积密度

Table 5 The deposition density of droplet

位置 Position	外膛树叶 滴粒数				中膛树叶 滴粒数				内膛树叶 滴粒数			
	东	西	南	北	东	西	南	北	东	西	南	北
	East	West	South	North	East	West	South	North	East	West	South	North
上层	840	750	490	820	330	860	630	820	400	650	890	770
中层	920	540	340	1000	670	900	480	770	550	720	760	580
下层	690	580	690	480	710	820	520	630	490	630	540	610
平均 滴粒数	678				678				632			
滴沉积密度 (粒/cm ²)	106											

表 6 药液附着率与雾滴沉积密度均值

Table 6 Liquid attraction rate and droplet deposition density average

	第一株	第二株	第三株	平均值
	The first tree	The second tree	The third tree	average value
药液 着率	87.5%	78.6%	82.9%	83.0%
滴沉积密度 (粒/cm ²)	106	80	84	90

4 结论

(1) 过施药液 误差率、药箱药液残留率以及药液覆盖率、 滴沉积密度试 , 表明 3WFXM-400型 式果园喷 机喷 性能符合作业质 指标要求;

(2) 3WFXM-400型 式果园喷 机在 定工况下, 平均施药液 误差率为 6.24%, 最 施药液 误差率为 7.78%, 药箱残留 不超过 3 L, 药液残留率均值为 0.67%, 低于规定的 1.0%, 符合作业质 指标要求;

(3) 药液 着率与 滴沉积密度试 结果表明, 药液在叶 与叶背吸 均匀、充分, 药液 着率均值达到 83.0%, 滴沉积密度均值达到 90 粒/cm², 喷 性能优良。

参考文献

- [1] 中国产业信息网.2016年我国水果行业产 、消费 以及供 平衡表 测图[DB/OL].[2016-09-14].http://www.chyxx.com/industry/201609/448941.html.
- [2] 国家统计局.中国统计年 [M].北京:中国统计出版社,2016
- [3] 张佳琛, 巍,张 燕.恒压变 喷 技术研究现状[J].农机化研究,2015,(2):257-260
- [4] 赵 东,张晓辉,蔡冬梅,等.梯度 对 滴穿 性影响的研究及试 [J].农业工程学报,2004,20(4):21-25
- [5] 吕晓兰,蔺 经,常有宏,等.我国植保机械社会化服务模式的探讨[J].江苏农业科学,2015,43(11):545-547
- [6] 何 奎.改变我国植保机械和施药技术严 落后的现状[J].农业工程学报,2004,20(1):13-15
- [7] 张亮,刘俊峰,李建平,等.3WFQ-1600型牵引式 喷 机研制与试 [J].农机化研究,2017,39(4):62-67,72
- [8] 中华人民共和国国家质 监督检 检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T17997-2008 农药喷 机(器)田 操作规程及喷洒质 评定[S].北京:中国标准出版社,2008
- [9] 中华人民共和国农业 .NY/T992-2006 式果园喷 机作业质 [S].北京:中国标准出版社,2006
- [10] 张晓辛,吕晓兰,丁素明,等.果园 式喷 机仿形喷 试 研究[J].中国农机化,2011(3):68-72
- [11] 中华人民共和国国家质 监督检 检疫总局.GB/T18675-2002 植物保护机械农业喷 机总残留液 的测定[S].北京:中国标准出版社,2002