

果园风送式喷雾机防治效果试验*

邱威¹ 顾家冰¹ 丁为民¹ 吕晓兰² 孙诚达¹ 陆江¹

(1. 南京农业大学江苏省智能化农业装备重点实验室, 南京 210031;

2. 江苏省农业科学院农业设施与装备研究所, 南京 210014)

摘要: 为明确风送条件下不同农药制剂浓度对病虫害防治效果的影响,以虫口减退率和病情指数为指标,测试2种农药对梨蚜虫、梨黑斑病的田间防治效果;同时利用荧光试剂研究雾滴在冠层内的沉积分布,提出适应风送式施药的药液质量浓度范围。结果表明:果园风送喷雾机行驶速度1 m/s、风机转速1 200 r/min、单侧流量7.2 L/min工作条件下,喷施药液量为0.24 L/棵,比人工喷施减少药量33.3%。风送式喷施0.4 g/L的10%吡虫啉防治梨蚜虫,14 d后防效可以达到人工喷施0.8 g/L农药防治效果,药剂质量为0.096 g/棵,为人工施药的1/3。风送式喷雾防治效果随药液质量浓度增加而提高。风送式喷施0.75 g/L、1.0 g/L、1.5 g/L 3种质量浓度的75%百菌清防治梨黑斑病,第14天防效为46.52%、44.46%、55.63%,防效均显著优于人工喷施1.0 g/L质量浓度的农药。喷施0.75 g/L农药的药剂用量为0.18 g/棵,为人工施药时的1/2。风送式施药雾滴空间分布情况更好,可以参考人工作业减少1/3药液喷施量,同时适当增加药液质量浓度以求达到更好防效,实际喷施药剂质量建议为人工作业的1/3~1/2。

关键词: 果园喷雾机 风送 药液浓度 防治效果

中图分类号: S491 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2015)01-0094-06

Experiment on Control Effect of Different Pesticide Concentration Using Air-assisted Sprayer

Qiu Wei¹ Gu Jiabing¹ Ding Weimin¹ Lü Xiaolan² Sun Chengda¹ Lu Jiang¹

(1. Key Laboratory of Intelligent Agricultural Equipment in Jiangsu Province, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China

2. Institute of Agriculture Facilities and Equipment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: To define different effects of several concentrations pesticide for pest prevention under air-assisted spraying condition, pest population decline rate and disease index were used to test effects of two kinds pesticide which were applied to pear aphids and pear black spot. Furthermore, the droplets distribution inside the canopy was also analyzed with *Brilliant sulfaflavine*, and the reasonable range of pesticide concentration for air-assisted spraying application was proposed. The results showed that: the amount of pesticide was 0.24 L per tree, which was decreased by 33.3% compared to artificial spraying under the condition that the sprayer speed was 1 m/s, the rotary speed of fan was 1 200 r/min, and the wind flow was 7.2 L/min in one side. Compared to artificial spraying, air-assisted spraying application can achieve better control effect with the same quality of pesticides. The distribution of droplets under air-assisted condition was better than traditional way, and the amount of pesticide was suggested 1/3 that of artificial spraying, at the same time, the concentration could be increased properly in order to reach better effect, and the actual pesticide mass was suggested 1/3~1/2 that of artificial spraying.

Key words: Orchard sprayer Air-assisted Pesticide concentration Control effect

收稿日期: 2014-10-05 修回日期: 2014-11-05

* 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2012AA101904)、国家自然科学基金资助项目(31301687)、江苏省自然科学基金资助项目(BK20130670)和江苏省产学研联合创新基金——前瞻性联合研究资助项目(BY2013050)

作者简介: 邱威, 讲师, 博士, 主要从事农业机械装备研究, E-mail: qiuweipass@163.com

通讯作者: 丁为民, 教授, 博士生导师, 主要从事农业机械装备研究, E-mail: wmding@njau.edu.cn

引言

当前我国果园用植保机械主要为高压喷枪和背负式喷雾机,施药者通过观察叶面大部分面积是否被药液淋湿来判断施药效果,通常施药量较大,资源浪费和环境污染严重^[1-3]。此外,通过调研和实地考察发现施药者通常在药液浓度选择上有较大的弹性区间,多根据个人经验和当时疫情选择药液浓度。风送喷雾是一种先进高效的施药技术,目前在我国部分地区也逐渐被农户接受,有较大应用前景^[4-6]。风送式喷雾施药量和雾滴粒径较小,雾滴穿透性强,通过风力辅助输送雾滴到靶标内部,对枝叶搅动大,有别于传统施药的冲淋式施药,寻找风送式施药较为合理的药液浓度范围显得尤为重要。目前药械的施药效果多以示踪剂沉积量、覆盖率等指标来衡量,虽有参考意义,但无法对某种病虫害防治效果准确判定,有一定局限性^[7]。本文以南京农业大学江浦农场梨园试验基地为例,通过虫口减退、病情指数等指标考察风送式喷雾药液浓度对施药效果的影响,并结合雾滴在冠层的沉积分布试验,探寻风送式喷雾机具在病虫害防治中较为适宜的药液质量浓度。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

1.1.1 试验装备与药剂

喷雾作业采用 3WZ-700 型自走式果园风送喷雾机,其作业过程包括注水、混药、喷射、风送等工序^[8]。喷雾机配套动力为 28 kW,风机叶轮直径 700 mm,作业幅宽 4~5 m,喷雾高度 3~4 m。采用圆锥形喷头,单个喷头喷雾量为 1.2 L/min。人工施药选择 3WBS-18A 型背负式电动喷雾机,喷头流量 1.5 L/min。

药剂:10% 吡虫啉(山东奥凯农业发展公司);75% 百菌清(广东中迅农科股份有限公司);可溶性荧光示踪剂 Brilliant sulfaflavine。仪器设备:PerkinElmerLS55 荧光分光光度计;上海精密 FA2204B 电子天平;水敏纸;滤纸;不同规格的移液瓶,烧杯,量筒;遮光箱。

1.1.2 试验条件和对象

试验地点:南京农业大学江浦农场梨园基地;施药时间:2012 年 8 月 31 日,试验时环境温度 28℃,湿度 62.3%,空气流速 0.8~1.2 m/s。在施药前 1 d 进行基数调查,施药后 1、3、7、14 d 各调查一次。试验对象:丰水梨,最大冠径约 2 m,平均高度 2.25~3 m,行距×株距为 4 m×3 m。防治对象:梨蚜虫、梨黑斑病。根据前期研究和试验果园冠层特

征等情况,设定果园风送喷雾机行驶速度 1 m/s、风机转速 1 200 r/min、喷雾压力 1.0 MPa^[8-9]。

1.2 试验设计

1.2.1 小区安排

试验地分为 3 个区域,记为 A、B、C 区。每个区域划分为 5 个小区;试验设 5 种处理,每个小区对应一种处理。按照田间药效试验设计方法^[10],采用随机区组法,具体排列形式如表 1。图中数字 1~4 代表药剂处理方法 1~4 对应的施药区,5 表示对照区。

表 1 随机区域设计

Tab. 1 Design of random areas

区域编号	小区代码				
A	1	3	4	5	2
B	4	3	1	2	5
C	3	5	1	4	2

处理 1 为:浓度 X_1 药液,风送式施药;处理 2 为:浓度 X_2 药液,风送式施药;处理 3 为:浓度 X_3 药液,风送式施药;处理 4 为:浓度 X_2 药液,人工施药方式;处理 5 为:空白对照区。

1.2.2 小区重复与取样调查

参照农药登记田间药效试验方法规定,每个小区选择 3~5 棵果(梨)树,共设计 3 个区域重复^[11]。果树采用五方位取样法,即从每株树的东、南、西、北、中各取一定数量的叶片(枝条、果实)。同时调查各小区的果树药害情况,每株树按东、南、西、北、中 5 个方位,每方位调查 1 个枝梢上的叶片,记录药剂质量浓度对作物安全性的影响。

1.3 调查方法与指标

各种不同作物的病害、虫害调查方法和药效防治效果计算方式都不相同^[12-13]。本次试验针对梨蚜虫、黑斑病等病虫害,选用常用的吡虫啉、百菌清 2 种农药进行防治,其中 X_1 药液为 0.4 g/L 的 10% 吡虫啉或 0.75 g/L 的 75% 百菌清; X_2 药液为 0.8 g/L 的 10% 吡虫啉或 1.0 g/L 的 75% 百菌清; X_3 药液为 1.2 g/L 的 10% 吡虫啉或 1.5 g/L 的 75% 百菌清。试验调查期降雨 3 次,分别是施药后第 3、8、11 天。

1.3.1 梨蚜虫害防治试验

(1) 调查方法

每小区调查 2 株,每株按东、南、西、北、中固定 5 个梢,每梢调查顶梢 5~10 片叶的活蚜虫数。

(2) 药效计算方法

$$R = \frac{B - A}{B} \times 100\% \quad (1)$$

式中 R ——虫口减退率 B ——防治前活虫数
 A ——防治后活虫数

式(1)中防治后害虫死亡数包括药剂作用死亡数和自然死亡数。一般情况下,自然死亡数很小,往往忽略不计。本试验害虫自然死亡数较低,表征防治效果采用公式^[14]

$$E_1 = \frac{R_{PT} - R_{CK}}{1 - R_{CK}} \times 100\% \quad (2)$$

式中 E_1 ——虫害防效

R_{PT} ——防治区虫口减退率

R_{CK} ——空白对照区虫口减退率

1.3.2 黑斑病防治试验

(1) 调查方法

按照叶(果)分级方法(表2)^[11],调查各小区的果树叶片病斑情况。每株分东、南、西、北、中5点取样,每点取当年生枝条的20片叶(果)进行调查。

表2 叶(果)分级方法

Tab.2 Classification method for leaves (fruits)

等级	症状
0	无病
1	病斑面积占整片叶(果)面积的10%以下
3	病斑面积占整片叶(果)面积的11%~25%
5	病斑面积占整片叶(果)面积的26%~40%
7	病斑面积占整片叶(果)面积的41%~64%
9	病斑面积占整片叶(果)面积的65%以上

(2) 药效计算方法

$$I = \frac{\sum N_i n_i}{9M} \times 100\% \quad (3)$$

式中 I ——病情指数

N_i ——各级病叶(果)数

n_i ——相对级数 M ——调查总叶数

$$E_2 = \left(1 - \frac{I_{CB} I_{PA}}{I_{CA} I_{PB}}\right) \times 100\% \quad (4)$$

式中 E_2 ——病害防效

I_{CB} ——空白对照区施药前病情指数

I_{PA} ——药剂处理区施药后病情指数

I_{CA} ——空白对照区施药后病情指数

I_{PB} ——药剂处理区施药前病情指数

1.4 雾滴沉积分布试验

测试示踪剂覆盖率、沉积量等指标是施药技术常用的试验方法^[15]。本试验通过覆盖率、沉积量等指标进一步探讨风送式施药的雾滴沉积分布特征及对药液质量浓度的影响。

根据果树冠层形状和枝叶疏密程度确定试验采样点个数和位置,在竖直方向将树冠层分为上、下2层,高度分别是1.8 m、1.2 m;沿施药机具前进方向在冠层内取截面a、b、c;在冠层内沿风送方向,在冠层内取3个截面,把3面交叉点作为布样点,用回

形针分别卡住2张水敏纸和直径7 cm的滤纸,用于测定叶片正、反面雾滴覆盖率和沉积量,如图1。喷雾液体为质量分数0.3%的可溶性荧光示踪剂 Brilliant sulfaflavine。同时由技术熟练工人用背负式电动喷雾机人工喷施若干棵果树,随机挑选其中3棵进行统计计算。

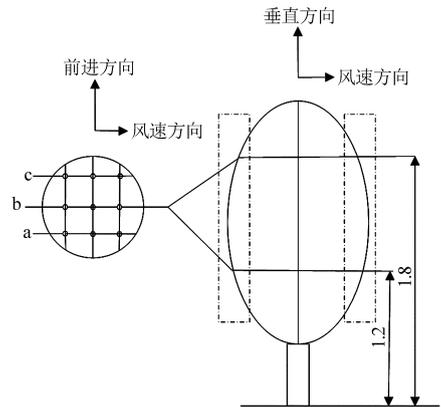


图1 冠层内取样点布置分布示意图

Fig.1 Sampling points distribution in canopy

田间作业结束后,将晾干的水敏纸取下放入塑料袋,带回实验室进行后期图像处理并计算得出覆盖率。同时将每张滤纸单独放入对应的密封罐中并遮光处理,带回实验室加入一定量的蒸馏水进行清洗,使用 PerkinElmerLS55 型荧光分光光度计测量荧光强度,结合已绘制荧光-浓度的工作曲线,计算得到单位面积药液沉积量

$$m = \frac{\rho V}{\pi r^2} \quad (6)$$

式中 V ——加水量, mL

ρ ——溶液质量浓度, $\mu\text{g}/\text{mL}$

r ——圆形滤纸半径, cm

2 结果与分析

2.1 药液浓度对梨蚜虫防治效果的影响

10%吡虫啉防治梨蚜虫试验结果如表3,从中可以看出:作为传统的施药方式,人工施药都能达到防治指标。药液质量浓度为0.8 g/L时,风送式施药与人工施药后第14天防效分别达到100%、82.02%,相比较而言风送式施药害虫存活、复发率相对较低。风送式施药雾滴较小,而风力能提供额外的能量搅动枝叶,增加树叶背面和树膛内部的药液沉积量和覆盖率。而虫害多发生叶子背面,人工施药雾滴尺寸较大,穿透性较差,药液沉积和覆盖率呈两级分布,在同一树冠部分区域存在叶面药液流失严重和无药液附着现象。

采用1.2 g/L、0.8 g/L药液,风送式施药14天

后防治效果基本相同,但 1.2 g/L 施药后虫口减退周期缩短。风送式施药 0.4 g/L 1 d、3 d、7 d、14 d 后平均防效为 51.53%、90.40%、86.65%、83.61%,也存在一定程度上的虫害复发。风送式施药 0.4、

0.8、1.2 g/L 的 3 种试验中,1.2 g/L 施药后有较好的防治效果,施药后 7 d、14 d 防效达到 100%。0.8 g/L 药液下,人工施药和风送式施药后 14 d 防效分别达到 82.02% 和 100%。

表 3 不同质量浓度吡虫啉对梨蚜虫的防治效果

Tab. 3 Control efficiency to pear aphids by using different concentration imidacloprid

药剂处理	区域编号	药前虫口平均基数	药后 1 d			药后 3 d			药后 7 d			药后 14 d		
			活虫均数	虫口减退率/%	防效/%	活虫均数	虫口减退率/%	防效/%	活虫均数	虫口减退率/%	防效/%	活虫均数	虫口减退率/%	防效/%
1	A	13.40	6.20	53.73	30.89	2.00	85.07	80.42	2.50	81.34	77.98	98.51	98.68	
	B	7.89	3.00	67.03	85.62	0.90	90.11	90.78	0.00	100	100	0.00	10.00	55.54
	C	3.80	2.70	28.95	38.09	0.00	100.00	100.00	0.60	84.21	81.95	0.10	97.37	96.60
	平均													
2	A	5.90	2.20	62.71	44.30	0.20	96.61	95.56	0.20	96.61	96.00	0.00	100	100
	B	3.40	3.30	2.94	57.67	0.10	97.06	97.26	0.20	94.12	95.27	0.00	100	100
	C	2.20	3.40	54.55	60.40	0.90	59.09	62.89	0.40	81.82	79.22	0.00	100	100
	平均													
3	A	5.50	2.60	52.73	29.40	1.40	74.55	66.63	0.00	100	100	0.00	100	100
	B	2.90	1.60	44.83	75.94	0.00	100.0	100.00	0.00	100	100	0.00	100	100
	C	2.40	3.00	25.00	34.65	1.10	54.17	58.42	0.00	100	100	0.00	100	100
	平均													
4	A	6.70	3.40	49.25	24.20	0.00	100.0	100	0.00	100	100	0.00	100	100
	B	2.40	1.20	50.00	78.19	0.30	87.50	88.35	0.20	91.67	93.30	0.00	100	100
	C	2.40	1.10	54.17	60.07	1.50	37.50	43.30	0.50	79.17	76.19	1	58.33	46.07
	平均													
5	A	20.60	15.80	31.07		16.0	19.25		21	14.23		25.5	-15.71	
	B	8.20	18.80	-129.27		8.80	-7.32		10.20	-24.39		16.6	-102.44	
	C	17.60	20.20	-14.77		19.4	-10.20		15.4	12.5		21.6	22.73	

风送式施药平均喷施到每棵果树的药量为

$$Q = \frac{q_j n_j}{v} B_j \quad (7)$$

式中 q_j ——喷头流量 n_j ——喷头个数
 v ——行驶速度 B_j ——冠层幅宽

由式(7)计算可得施药量为 0.24 L/棵,测试人工施药量约为 0.36 L/棵。通过计算可得:风送式喷施 0.4 g/L、0.8 g/L、1.2 g/L 药液到单棵果树,药剂质量分别为 0.096 g、0.192 g、0.228 g。人工喷施 0.8 g/L 药液(通常采用)到单棵果树,药剂质量为

0.288 g。根据药害试验测试,4 种质量浓度药剂处理施药试验后 1~14 d 均未发现叶(果)面有药害症状。

2.2 药液浓度对梨黑斑病防治效果的影响

从表 4 可以看出:在 75% 百菌清防治梨黑斑病试验中,3 种质量浓度药液的风送式施药均优于人工施药,药后 14 d 防治效果都可以达到 44% 以上。1.0 g/L 的风送式施药和人工施药 14 d 后防治效果为 44.46%、36.41%。风送式施药 0.75 g/L、1.0 g/L、1.5 g/L 3 种试验中,1.5 g/L 有较好的防治效果,施药后第 14 天防效达到 55.63%。

表 4 不同质量浓度百菌清对梨黑斑病的防治效果

Tab. 4 Control efficiency to pear black spot disease by using different concentration chlorothalonil %

药剂处理	药前病情指数	药后 1 d		药后 3 d		药后 7 d		药后 14 d	
		病情指数	防效	病情指数	防效	病情指数	防效	病情指数	防效
1	15.48	12.22	27.63 ± 8.47 ^{ab}	11.11	34.20 ± 7.97 ^{ab}	10.76	31.36 ± 6.63 ^{ab}	11.02	46.52 ± 3.28 ^b
2	13.28	12.80	11.65 ± 4.48 ^c	11.61	19.83 ± 7.30 ^{bc}	10.67	20.66 ± 4.40 ^b	9.81	44.46 ± 2.30 ^b
3	17.50	13.13	31.22 ± 7.32 ^a	12.19	36.17 ± 4.36 ^a	11.06	37.61 ± 4.49 ^a	10.33	55.63 ± 3.78 ^a
4	13.74	12.44	16.97 ± 4.00 ^{bc}	12.15	18.95 ± 4.89 ^c	11.52	17.21 ± 10.35 ^b	11.63	36.41 ± 3.66 ^c
5	9.85	10.45		10.45		9.70		12.75	

注:每个纵列上不同上标表示显著性差异($P < 0.05$)。

百菌清是一种非内吸性广谱杀菌剂,没有内吸传导作用,具有较长的药效期,与梨蚜虫相比,其防治效果相对缓慢。但是和梨蚜虫防治一样,在合理的农药质量浓度使用范围内较高质量浓度风送式施药能够取得较好的防治效果。通过施药量计算得:0.75 g/L、1.0 g/L、1.5 g/L的75%百菌清风送式喷施到每棵果树的药剂质量分别为0.18 g、0.24 g、0.36 g。1.0 g/L(通常采用)人工喷施到每棵果树药剂质量为0.36 g。药害试验测试表明:4种质量浓度药剂处理施药试验后1~14 d均未发现叶(果)面有药害症状。

2.3 雾滴在梨树冠层的沉积分布

除了冠层沉积量和覆盖率等指标,果树施药效果与雾滴在冠层内分布均匀性、叶背面雾滴沉

积分布、在叶面上的分散程度和雾滴粒径等因素也相关。病虫害发病有一定的随机性,又易发生于叶子背面,所以药液在冠层内的均匀分布和背面药液有效沉积是防治病虫害、减少病虫害复发的重要因素。由表5可以看出,风送式和人工施药的平均沉积量为 $1.94 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、 $2.12 \mu\text{g}/\text{cm}^2$,但是覆盖率分别为24.4%、16.6%。说明人工施药时药剂在叶面上有堆积现象。相同药量喷施到叶面积上,即使有着相同的药液沉积量和覆盖率,其防治效果也不一定相同。因为雾滴在叶面上分散均匀程度也是影响施药效果的重要因素之一。更细、分散更均匀的雾滴分布(图2)更容易起到良好施药效果,每个小雾滴都能充分发挥防治作用。

表5 风送式喷雾与人工喷施荧光示踪剂对比试验

Tab.5 Contrast test between air-assisted spraying and artificial spraying

施药方式	平均沉积量 / $(\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2})$	平均覆盖 率/%	叶片背面		雾滴粒径 / μm
			覆盖率/%	沉积量/ $(\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2})$	
人工喷施	2.12 ± 0.13^a	16.60 ± 0.28^b	11.52 ± 1.53^b	1.67 ± 0.19^a	194~348
风送式喷雾	1.94 ± 0.11^a	24.40 ± 3.15^a	19.62 ± 1.16^a	1.85 ± 0.09^a	176~216

注:每个纵列的不同上标表示显著性差异($P < 0.05$)。

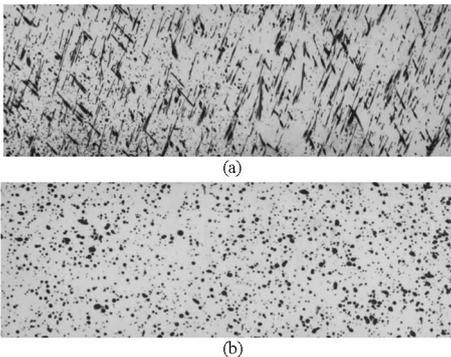


图2 布样点水敏纸的雾滴覆盖图像

Fig.2 Collecting paper card by artificial spraying and air-assisted spraying

(a) 人工施药 (b) 风送式喷雾

对于单个叶面来说,风送式雾滴粒径较小,在叶面上分散较均匀。由于分散程度较高,较小质量的药剂可以覆盖较大范围,所以相同质量药剂喷施到叶面上时,风送式喷雾比人工施药有着更好防治效果。与人工冲淋式施药相比,风送式喷雾可以适当减少施药量。但是为了保证药剂含量可选择较高浓度的农药,较适宜于“低容量、高浓度”作业方式。

3 结论

(1) 风送式喷雾能保证较高的农药分散度,雾

滴尺寸较小,分散均匀,与传统人工施药区别明显。在不增加药剂质量的前提下,风送式喷雾的施药效果随着药液质量浓度在一定范围内的增加而提高。

(2) 在10%吡虫啉防治梨蚜虫试验中,风送式施药采取较低的质量浓度施药可以达到人工施药同水平防治效果,药剂用量为人工施药的1/3。喷施相同质量药剂,风送式施药防治效果明显优于人工施药,病虫害防治周期缩短。在75%百菌清防治梨黑斑病试验中,喷施相同质量浓度1.0 g/L药剂,风送式14 d后防治效果明显优于人工施药,而药剂用量为人工施药的2/3。

(3) 风送式喷雾和人工施药的药液平均沉积量为 $1.94 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、 $2.12 \mu\text{g}/\text{cm}^2$,雾滴覆盖率分别为24.4%、16.6%,说明人工施药时药剂在叶面上的堆积更为严重。风送式喷雾雾滴较细,易于分散,药液可以覆盖较大范围,较适宜于“低容量、高浓度”作业方式,可以参考人工作业减少1/3药液喷施量,同时适当增加药液浓度以求达到更好防效,实际喷施药剂量建议为人工作业的1/3~1/2。

参 考 文 献

- 1 翟长远,王秀,葛纪帅,等. 风送喷雾雾滴粒径测量系统设计与影响因素试验[J]. 农业工程学报,2012,28(19):33-38.
Zhai Changyuan, Wang Xiu, Ge Jishuai, et al. Design of droplet size measuring system of air-assisted spraying and experiment on its influencing factors[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(19): 33-38. (in Chinese)
- 2 宋坚利,何雄奎,张京,等. “Π”型循环喷雾机设计[J]. 农业机械学报,2012,43(4):31-36.
Song Jianli, He Xiongkui, Zhang Jing, et al. Design of “Π”-type recycling tunnel sprayer[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(4): 31-36. (in Chinese)
- 3 宋淑然,王卫星,洪添胜,等. 水稻田农药喷雾上层植株雾滴截留影响的试验研究[J]. 农业工程学报,2003,19(6):114-117.
Song Shuran, Wang Weixing, Hong Tiansheng, et al. Testing research on effects of top layer rice fog drop interception on pesticide spraying distribution in rice fields[J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(6): 114-117. (in Chinese)
- 4 Gu Jiabing, Zhu Heping, Ding Weimin, et al. Droplet size distribution of adjuvant-amended sprays from an air-assisted five-port PWM nozzle[J]. Atomization and Sprays, 2011, 21(3): 263-274.
- 5 Cross J V, Walklate P J, Murray R A, et al. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 3. effects of air volumetric flow rate[J]. Crop Protection, 2003, 22(2): 381-394.
- 6 邱白晶,徐溪超,邓斌,等. 射流混药装置面积比对混药均匀性的影响[J]. 农业机械学报,2011,42(10):95-100,83.
Qiu Baijing, Xu Xichao, Deng Bin, et al. Effect of area ratio on mixing homogeneity in jet-mixing apparatus[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(10): 95-100, 83. (in Chinese)
- 7 邱白晶,殷磊. 基于近红外光谱技术的叶面药液浓度检测[J]. 农业机械学报,2012,43(9):197-201,208.
Qiu Baijing, Yin Lei. Measurement of pesticide concentration on the leaf based on Vis/NIR spectroscopy[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(9): 197-201, 208. (in Chinese)
- 8 邱威,丁为民,汪小岳,等. 3WZ-700型自走式果园风送定向喷雾机[J]. 农业机械学报,2012,43(4):26-30,44.
Qiu Wei, Ding Weimin, Wang Xiaochan, et al. 3WZ-700 self-propelled air-blowing orchard sprayer[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(4): 26-30, 44. (in Chinese)
- 9 邱威. 自走式果园风送定向喷雾机的研制与试验[D]. 南京:南京农业大学,2012.
Qiu Wei. Development and experimental research of self-propelled air assisted orchard sprayer[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012. (in Chinese)
- 10 GB/T 17980.9—2000 田间药效试验准则(一)杀虫剂防治果树蚜虫[S]. 2000.
- 11 GB/T 17980.24—2000 田间药效试验准则(一)杀菌剂防治梨黑星病[S]. 2000.
- 12 陈尤嘉,楼曼庆,黄福旦,等. 担架式喷雾机防治水稻二迁害虫的喷液量试验[J]. 浙江农业科学,2012(7):997-998.
- 13 禹明甫,杨留成. 五种杀菌剂防治梨黑斑病田间药效试验[J]. 北方园艺,2008(4):240-241.
- 14 高圆圆,张玉涛,张宁,等. 小型无人机低空喷洒在小麦田的雾滴沉积分布及对小麦吸浆虫的防治效果初探[J]. 作物杂志,2013(2):139-142.
Gao Yuanyuan, Zhang Yutao, Zhang Ning, et al. Primary studies on spray droplets distribution and control of aerial spraying using unmanned aerial vehicle (UAV) against wheat midge[J]. Crops, 2013(2):139-142. (in Chinese)
- 15 冯超,张成省,王静,等. 烟田农药有效利用率的喷雾法研究[J]. 中国烟草科学,2011,32(1):52-55.
Feng Chao, Zhang Chengsheng, Wang Jing, et al. Comparison of different vaporizers for the evaluation of pesticide efficacy in tobacco field [J]. Chinese Tobacco Science, 2011, 32(1): 52-55. (in Chinese)