



王龙江, 刘伟玲, 潘志萍, 等. 农药助剂对无人机施用甲维盐微乳剂的雾滴特性及蓟马防效的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (4): 940–944.

农药助剂对无人机施用甲维盐微乳剂的雾滴特性及蓟马防效的影响

王龙江¹, 刘伟玲¹, 潘志萍², 李传瑛¹, 章玉苹^{1*}, 朱天圣¹, 黄少华¹, 廖永林¹

(1. 广东省农业科学院植物保护研究所, 广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640;

2. 广东省生物资源应用研究所, 广州 510620)

摘要: 我国在使用农药防控农作物病虫害上, 无人机施药技术仍处于初级阶段, 农药有效利用率低, 飘失严重, 防治效果较差。本研究通过添加助剂来增加药液到达靶标作物上的雾滴密度和药液沉积量, 提高利用 2.3% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂进行无人机喷雾对蓟马的防效。研究表明, 添加助剂后, 药液冠表层雾滴密度从 84.3 个/cm² 增加到了 130.8 个/cm², 沉积量从 0.4 μL/cm² 提高到 1.7 μL/cm²; 内冠层雾滴密度从 52.5 个/cm² 增加到 99.1 个/cm², 沉积量从 0.1 μL/cm² 提高到 0.8 μL/cm²; 药后 5 d 对蓟马的校正防效由 31.18% 提高到 91.67%, 试验结果表明, 合理地添加助剂有利于提高无人机喷雾雾滴密度和沉积量, 显著提高了农药对蓟马的防效。

关键词: 雾滴密度; 沉积量; 农药助剂; 无人机喷雾

中图分类号: Q968.1; S433.89

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2017) 04-0940-05

The influence of adjuvants on the characteristics of aerial spraying about the emanectin benzoate ME and the control efficacy of the thrips

WANG Long-Jiang¹, LIU Wei-Ling¹, PAN Zhi-Ping², LI Chuan-Ying¹, ZHANG Yu-Ping^{1*}, ZHU Tian-Sheng¹, HUANG Shao-Hua¹, LIAO Yong-Lin¹ (1. Institute of Plant Protection, Guangdong Academy of Agricultural Science, Guangdong Provincial Key Laboratory High Technology for Plant Protection, Guangzhou 510640, China; 2. Guangdong Institute of Applied Biological Resources, Guangzhou 510620, China)

Abstract: In recent years, the pesticide application technology was still on the initial stage in our country by the aviation plant protection machinery, the effective utilization of the pesticide was low, the drift of the pesticide was serious, and the control effect was poor. In this paper, the correlation between the droplet density, the deposit rate about the 2.3% emanectin benzoate ME and the control efficiency against the thrips on the chili was investigated by the unmanned plane. The results showed that the droplet density was increased from 84.3 droplets/cm² to 130.8 droplets/cm², the deposit rate was increased from 0.4 μL/cm² to 1.7 μL/cm² after adding the adjuvant on canopy; in canopy the droplet density was increased from 52.5 droplets/cm² to 99.1 droplets/cm² after adding the adjuvant, the deposit rate was increased from 0.1 μL/cm² to 0.8 μL/cm² after adding the adjuvant. The control efficiency against the thrips was 91.67%. The results showed that the reasonable adjuvant was helpful to increase the droplet density, deposit rate spray, and improved the effectiveness against the thrips during the aerial spraying.

Key words: Droplet density; deposit rate; adjuvant; aerial spraying

基金项目: 广东省星火计划项目 (2013B020309007); 技术交易体系与科技服务网络建设领域 (2014B040404060); 科技创新治理体系建设与实践领域 (2016B080802004); 广东省科技计划项目 (2015A020210082)

作者简介: 王龙江, 男, 1981 年生, 山东潍坊市人, 硕士, 工程师, 研究方向为农药制剂及喷雾助剂, E-mail: 249705768@qq.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: zhangyp@gdppri.cn

收稿日期 Received: 2017-05-26; 接受日期 Accepted: 2017-06-18

近年来施药人员出现老龄化、女性化趋势(张银, 2016), 加剧了病虫草害无法及时有效防治的局面。因此, 发展以工作效率高、人力投入少、处理面积大为特征的“高工效、轻简化”农业使用技术成为缓解我国病虫草害防治压力、推动农业现代化发展的迫切需求(袁会珠, 2012), 其中, 无人机施药以其省时、省工、省水的特点成为了近年农药使用技术领域关注的热点之一(王帅, 2012)。

但是, 我国目前在农药田间采用小型无人直升机喷雾方法防治农作物病虫草害时, 盲目作业现象非常普遍, 雾滴在作物冠层的沉积状况差, 很难以达到理想的防治效果(袁会珠等, 2011)。虽然国内众多学者研究了飞机喷雾剂的雾滴密度、飞行高度、沉积量与病虫害的相关性, 研究证明了雾滴密度与沉降量、粒径大小随下风作用距离增加而降低的现象(王军, 1995; 陈万权, 2001; 徐德进等, 2014), 在常规喷雾中添加助剂有利于农药对靶标的粘附力和沉积量(朱金文等, 2004; 顾中言, 2009; Fountain *et al.*, 2010)。但是无人机助剂选择等方面尚无太多技术参考依据, 在田间植保无人机的应用上仍然需要进一步研究, 特别是对适用于无人机的飞机喷雾助剂还缺乏一个系统的研究, 而目前飞机施用的大多药剂都是利用乳油、悬浮剂、水乳剂、粉剂等兑少量水直接飞机喷雾, 这样的药液易漂移、雾滴难以有效沉积, 导致防效达不到理想状态。本研究在参考前人研究工作的基础上, 通过添加助剂来影响药液在作物冠层的雾滴沉积分布状况, 使无人机喷雾的药液不易飘移、难蒸发、易附着, 提高雾滴密度和有效沉积量, 来达到增效控害的目的。

1 材料和方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试材料

(1) 2.3% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂, 广东大丰植保科技有限公司;

(2) 助剂 1、助剂 2 是利用乳化剂单体添加一定量植物油、高沸点溶剂等调配而成。

(3) 无人机为 P20 型极飞植保无人机飞行参数: 2.3% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂稀释 100 倍, 喷雾高度 1 m, 飞行速度 6 m/s, 喷药量 1500 mL/亩, 助剂 1 和 2 分别用量 10 mL/亩。

1.1.2 供试作物

辣椒(蓟马试验): 试验区选在肇庆市沙埔镇文朗村, 辣椒品种为汇丰 2 号朝天椒, 土壤为沙壤土, 井水灌溉, 试验地田字形分布成相对独立的 4 小区, 每小区大约 400 m², 各小区中间有 2 m 宽路作为隔离带, 各小区栽培管理条件均匀一致, 辣椒行距为 70 cm, 株距 40 cm, 试验时株高约 75 cm, 辣椒为开花结果期, 辣椒蓟马危害严重。试验当天多云, 最高气温 30℃, 最低气温 23℃, 微风。

1.2 试验方法

1.2.1 雾滴密度与沉积量测定

在试验喷雾中心区, 选取长势良好植株, 在冠表层和内冠层分别放置 7 cm × 3 cm 水敏纸检测雾滴参数, 试验重复 5 次。冠表层水敏纸测试点置于辣椒植株顶部, 用回形针固定于叶表面, 内冠层水敏纸放置点距离地面高度约为 30 cm 位置, 喷雾结束后, 喷雾结束后收集试纸, 放入盛有硅胶颗粒的盒中保存, 带回实验室对雾滴密度和药液沉积量进行统计、分析(袁会珠等, 2000)。

1.2.2 药效结果调查

用无人机对各小区喷雾, 并设清水对照。施药前在每个处理小区中随机调查 10 株, 进行挂牌定株调查, 每株调查上部叶片和花朵, 在白瓷盘放上 A4 白纸, 将白瓷盘置于植株叶片、茎秆、花的下面, 轻轻拍抖叶片和花朵, 连续拍抖 4 下, 使蓟马落在白瓷盘上, 记录白瓷盘纸上蓟马的活虫数(贾彦霞等, 2012)。于药后第 1 天, 第 3 天, 第 5 天调查各处理活虫数, 计算防治效果(李先文等, 2008)。

药效计算方法:

$$\text{虫口减退率}(\%) = \frac{\text{药前虫口基数} - \text{药后活虫数}}{\text{药前虫口基数}} \times 100$$

$$\text{校正防效}(\%) = \frac{\text{处理区虫口减退率} - \text{空白对照区虫口减退率}}{100 - \text{空白对照区虫口减退率}} \times 100$$

1.2.3 数据统计与分析

喷雾结束后，收取水敏试纸，用扫描仪进行扫描，用“Deposit Scan”（美国农业部）软件进行测定雾滴密度、雾滴沉积量。

试验数据采用数据处理系统 DPS 处理（唐启义和冯明光，2000），用邓肯氏新复极差法比较处理间差异的显著性。

2 结果与分析

2.1 雾滴在辣椒冠表层的分布

无人机喷洒 2.3% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微

乳剂雾滴密度及雾滴沉积量情况结果如下（表 1），结果表明添加助剂后雾滴密度增大，药液沉积量变大。添加助剂 1#、2#后雾滴密度分别达到 130.8 ± 2.89 个/cm²、 128.8 ± 2.00 个/cm²，均与对照 84.3 ± 2.19 个/cm² 差异显著。对照沉积量为 0.4 ± 0.02 μL/cm²，添加助剂 1#后，沉积量达到 1.7 ± 0.08 μL/cm²，添加助剂 2#沉积量为 1.1 ± 0.04 μL/cm²，三者间差异显著，其中添加助剂 1#的沉积量最高。结果表明在施药液量均为 1.5L/亩的情况下，药液添加助剂后，挥发量减小，漂移减小，促进了雾滴在植株上的沉积，其中助剂 1#更有利于药液在冠表层面的沉积，助剂 2#次之。

表 1 雾滴在辣椒冠表层的沉积分布

Table 1 The distribution of spraying droplet on the canopy of the chili canopy

	1#	2#	2.3% 甲维盐 ME 2.3% emamectin benzoate ME
雾滴密度 (droplets/cm ²) droplet density	130.8 ± 2.89 a	128.8 ± 2.00 a	84.3 ± 2.19 b
沉积量 (μL/cm ²) deposit rate	1.7 ± 0.08 a	1.1 ± 0.04 b	0.4 ± 0.02 c

注：同行数据后的字母不同表示同行之间差异达到显著水平（ $P < 0.05$ ）。下同。Note: Different letters indicate significant difference between droplet density in the same line at $P < 0.05$ (Duncan's multiple range test). The same below.

2.2 雾滴在辣椒内冠层的分布

无人机喷洒 2.3% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂在辣椒内冠层的雾滴密度及药液沉积量情况如下（表 2），结果表明添加助剂后，雾滴密度增大，药液沉积量变大，说明添加助剂后药液穿透能力增强，更有利于在辣椒内冠层的有效沉积。从表 2 可以看出添加助剂 1#、2#后雾滴在内冠层的密度分别达到 99.1 ± 3.7 个/cm²、 $94.6 \pm$

1.9 个/cm²，与对照 52.5 ± 2.6 个/cm² 差异显著，助剂 1#和 2#间差异不显著，但助剂 1#沉积量 0.8 ± 0.07 μL/cm²，与助剂 2#沉积量 0.5 ± 0.11 μL/cm² 和对照 0.1 ± 0.02 μL/cm² 相比均差异显著。以上结果表明助剂 1#和 2#在提高内冠层雾滴密度方面性能相当，且助剂 1#更加有利于药液的沉积。

表 2 雾滴在辣椒内冠层的沉积分布

Table 2 The distribution of spraying droplet in the canopy of the chili canopy

	1#	2#	2.3% 甲维盐 ME 2.3% emamectin benzoate ME
雾滴密度 (droplets/cm ²) Droplet density	99.1 ± 3.7 a	94.6 ± 1.9 a	52.5 ± 2.6 b
沉积量 (μL/cm ²) Deposit rate	0.8 ± 0.07 a	0.5 ± 0.11 b	0.1 ± 0.02 c

2.3 添加喷雾助剂后阿维菌素微乳剂对蓟马的防效

添加助剂后 2.3% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对蓟马的防效情况如下（表 3），结果表明，药剂添加喷雾助剂 1#和 2#的药剂更有利提高对蓟马的防效明显，与对照相比均差异显著。药后 1 d 助剂 1#和 2#性能相当，二者校正防效分别为

91.89%、91.01%，药后 3–5 d，助剂 1#、2#、对照三者差异均显著，药后 5 d，添加助剂 1#、2#的药剂校正防治效果分别为 91.67%、86.21%，而对照防效仅为 31.18%；表明 2.3% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂添加助剂后提高了对蓟马的防效，其中助剂 1#表现最佳，助剂 2#次之。

表 3 甲维盐添加助剂后对蓟马的校正防治效果
Table 3 Corrective control efficacy of emamectin benzoate on thrips by adding adjuvant

供试药剂 Supplied agentia	药前虫口基数 (头/株) Population base	药后 1 天 1 st day		药后 3 天 3 rd day		药后 5 天 5 th day	
		残虫数 (头/株)	校正防效 (%)	残虫数 (头/株)	校正防效 (%)	残虫数 (头/株)	校正防效 (%)
1#	12. 7	1. 3	91. 89 ±0. 01 a	1. 7	88. 67 ±0. 03 a	1. 0	91. 67 ±0. 05 a
2#	14. 3	1. 3	91. 01 ±0. 01 a	1. 0	82. 24 ±0. 02 b	0. 3	86. 21 ±0. 04 b
2. 3% 甲维盐 ME	13. 0	7. 0	54. 76 ±0. 06 c	7. 0	53. 63 ±0. 12 c	10. 3	31. 18 ±0. 05 c
对照 CK	12. 4	13. 7	—	13. 3	—	13. 0	—

注：数字后不同小写字母表示经 Duncan 新复极差法检验所有数据在 $P < 0. 05$ 水平差异显著。Note: Different lowercase mean significant differences at $P = 0. 05$ level (Duncan's multiple range test).

3 结论与讨论

当前我国农药不合理、过度的施用已对环境生态造成很大的压力，为了减轻农药滥用现象，实现到 2020 年农药使用量“零增长”的目标，施用无人机喷雾进行植保防控病虫害具有重要意义。与传统的喷雾方式不同，无人机喷雾属于超低容量喷雾，应尽量选用适于超低容量喷洒的农药剂型和制剂，以提高农药的利用率（朱传银和王秉玺，2014）。但是国内无人机的用药水平比较低，目前用于无人机喷洒的药剂大多是直接用乳油、微乳或悬浮剂直接兑水使用，雾滴在到达靶标作物之前，由于受风力、温度、空气湿度等因素影响大，雾滴蒸发和漂移程度大，雾化后的雾滴在到达靶标物前极易迅速蒸发，导致雾滴萎缩变小而随风漂移到天外很远的地方，无法沉降到处理目标上（王军，1995；高圆圆，2013），大部分的药液在沉降过程中被挥发掉或飘移到作业区域以外的地方，只有 25% 左右的药液沉积到作物植株上，雾滴沉积分布状况对病虫害的防治效果有很大影响（Fisher *et al.*，1974）。

通过在无人机喷雾中加入某种助剂的方法，可改变药液的黏度、表面张力、挥发度等性质，有利于药液雾化的均匀性和雾滴沉降，减少飘移，改善药液在作物植株表面的展着性、提高附着率和渗透性（简捷等，1997）。袁会珠等（2000）研究表明雾滴密度与小麦蚜虫防治效果关系紧密。董玉轩等（2012）研究表明雾滴密度越高，毒死蜱防治褐飞虱效果的越明显。陈万权等（1999）研究结果表明，农药沉积量与药效相关程度更高，

药效随着农药沉积量的增加而明显的提高。崔丽等（2010）则研究了雾滴在小麦上的沉积密度越大，防治效果越好。这些研究结果均证实，在农药田间喷雾中，农药喷雾需要一定的雾滴沉积密度，农药雾滴的沉积分布对于病虫害的防治起着至关重要的作用。

由于蓟马多隐蔽在叶背或花朵中，而且无人机药液释放位点距作物冠层较高，受风力、温度、空气湿度等因素影响大，其飘移、蒸腾损失较大，防治效果不理想，而且还会造成用药浪费和对环境的污染。因此，本研究在无人机喷雾时，添加助剂 1#和 2#后，明显提高了药液在靶标作物的雾滴密度，增加药液沉积量，增强药剂对冠层的穿透能力，从而提高对蓟马的防效。同时本研究表明采用添加助剂可提高无人机喷雾的药液沉积量和雾滴密度，这样就提高了农药有效利用率，降低了农药流失率。因此，无人机喷雾除了选用适于超低容量喷洒的农药剂型和制剂，还需要科学合理利用农药喷雾助剂，这样才能提高药液对靶标生物的有效利用率，降低药液流失，从而达到减量施药、保护环境的目的，促进我国农药“高工效、轻简化”农业技术的发展。

参考文献（References）

Chen WQ, Zhang YJ, Yuan HZ. Relationship between the distributions of fungicide and the effects of controll against wheat powdery mildew by spraying triadimefon with taishan-48bc motorized mist blower [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 1999, 1 (3) : 76 – 81.
[陈万权, 张跃进, 袁会珠. 泰山-48BC 型机动喷雾机防治小麦白粉病效果与喷雾质量关系研究 [J]. 农药学报, 1999, 1 (3) : 76 – 81]
Chen WQ, Zhang YJ. Relationship between distribution of insecticides and wheat aphid control effect applying with taishan-48BC motorized

- mist blower [J]. *Journal of Plant Protection*, 2001, 28 (4): 340–344. [陈万权, 张跃进. 泰山-18BC 型机动喷雾机防治麦蚜效果与农药沉积分布的关系 [J]. 植物保护学报, 2001, 28 (4): 340–344]
- Cui L, Wang JF, Qin WC, *et al.* Relationship between droplet density and field efficacy when applying imidacloprid 700WG against wheat aphids with knapsack mist-blower [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2010, 12 (3): 313–318. [崔丽, 王金凤, 秦维彩, 等. 机动弥雾法施用 70% 吡虫啉水分散粒剂防治小麦蚜虫的雾滴沉积密度与防效的关系 [J]. 农药学学报, 2010, 12 (3): 313–318]
- Dong YX, Gu ZY, Xu DJ, *et al.* Influence of droplet densities and spray methods on the efficiency of chlorpyrifos against brown planthopper [J]. *Journal of Plant Protection*, 2012, 39 (1): 75–80. [董玉轩, 顾中言, 徐德进, 等. 雾滴密度与喷雾方式对毒死蜱防治褐飞虱效果的影响 [J]. 植物保护学报, 2012, 39 (1): 75–80]
- Fisher RW, Menzies DR, Herne DC, *et al.* Parameters of dicofol spray deposit in relation to mortality of European red mite [J]. *Economic Entomology*, 1974, 67 (1): 124–126
- Fountain MT, Harris AL, Cross JV. The use of surfactants to enhance acaricide control of *Ptonemaspallidas* (Acari: Tarsonemidae) in strawberry [J]. *Crop Protection*, 2010, 29 (11): 1286–1292.
- Gao YY. Study on Distribution of Pesticide Droplets in Gramineous Crop Canopy and Control Effect Sprayed by Unmanned Aerial Vehicle (UAV) [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2013. [高圆圆. 无人直升机低空低容量喷洒农药雾滴在禾本科作物冠层的沉积分布及防治效果研究 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2013]
- Gu ZY. Analysis of the relationship between hydrophilic or hydrophobic property of plant and action of pesticides solution on plants Leaves [J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2009, 25 (2): 276–281. [顾中言. 植物的亲水疏水特性与农药药液行为的分析 [J]. 江苏农业学报, 2009, 25 (2): 276–281]
- Jia YX, Wang XP, Shi J, *et al.* Species of thrips in fields of vegetables and flowers in Ningxia (Thysanoptera) [J]. *Journal of Ningxia University (Natural Science Edition)*, 2012, 33 (3): 298–302. [贾彦霞, 王新谱, 史娟, 等. 宁夏蔬菜及花卉蓟马种类记述 [J]. 宁夏大学学报 (自然科学版), 2012, 33 (3): 298–302]
- Jian J, Wang J. Application of AA-921 agricultural aviation spraying additives [J]. *Xinjiang State Farms Economy*, 1997, 4: 45–46. [简捷, 王军. AA-921 农业航空喷洒助剂的应用 [J]. 新疆农垦经济, 1997, 4: 45–46]
- Li XW, Tan JC, Bai XY, *et al.* Biological activity test and field trial of pesticides on *basilepta melauopus lefevre* [J]. *Modern Agrochemicals*, 2008, 7 (3): 44–47. [李先文, 谭济才, 柏晓勇, 等. 几种药剂对茶角胸叶甲的室内杀虫活性测定及田间药效试验 [J]. 现代农药, 2008, 7 (3): 44–47]
- Tang QY, Feng MG. Practical Statistical Analysis and Computer Processing Platform [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 192–137. [唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其计算机处理平台 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 192–237]
- Wang J. Analysis of the loss of the aircraft spraying pesticide [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1995, 15 (3): 322–329. [王军. 飞机喷洒农药的损失分析 [J]. 环境科学学报, 1995, 15 (3): 322–329]
- Wang S. Development of plant protection machinery in China [J]. *Agricultural Science & Technology and Equipment*, 2012, 9: 42–43. [王帅. 国内植保机械发展探析 [J]. 农业科技与装备, 2012, 9: 42–43]
- Xu DJ, Gu ZY, Xu GC, *et al.* Influence of spray method on the deposit and distribution of spray droplets in rice field [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2014, 47 (1): 69–79. [徐德进, 顾中言, 徐广春, 等. 喷雾方式对农药雾滴在水稻群体内沉积分布的影响 [J]. 中国农业科学, 2014, 47 (1): 69–79]
- Yuan HZ, Chen WQ, Yang DB, *et al.* Relationship between the efficacy of wheat aphids control and the omethoate concentration, droplets density [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2000, 1: 58–62. [袁会珠, 陈万权, 杨代斌, 等. 药液浓度、雾滴密度与氧乐果防治麦蚜的关系研究 [J]. 农药学学报, 2000, 1: 58–62]
- Yuan HZ, Li WG, Yang DB, *et al.* Plant protection science and technology innovation and construction of modern agriculture——The proceedings of the Chinese academy of plant conservation in 2012 [C]. 2012: 369–373. [袁会珠, 李卫国, 杨代斌, 等. 植保科技创新与现代农业建设——中国植物保护学会 2012 年学术年会论文集 [C]. 2012: 369–373]
- Yuan HZ, Yank DB, Yan XJ, *et al.* Pesticide efficiency and the way to optimize the spray application [J]. *Plant Protection*, 2011, 37 (5): 14–20. [袁会珠, 杨代斌, 闫晓静, 等. 农药有效利用率与喷雾技术优化植物保护 [J]. 植物保护, 2011, 37 (5): 14–20]
- Zeng Q. Ultralow volume spray of aviation plant protection is the most advanced application technique [J]. *Modern Agricultural Machinery*, 2015, 42 (7): 161. [曾强. 航空植保的超低容量喷雾是目前最先进的农药使用技术 [J]. 时代农机, 2015, 42 (7): 161]
- Zhang Y. Research on the Impact of Rural Population Structure Change on Grain Production – a case study of Hubei Province [D]. Hubei: Yangtze University, 2016: 33–37. [张银. 农村人口结构变动对粮食生产的影响研究——以湖北省为例 [D]. 湖北: 长江大学, 2016: 33–37]
- Zhu CY, Wang BX. Development and discussion of aerial spray technology in plant protection [J]. *Plant Protection*, 2014, 45 (5): 1–7. [朱传银, 王秉玺. 航空喷雾植保技术的发展与探讨 [J]. 植物保护, 2014, 45 (5): 1–7]
- Zhu JW, Wu HM, Sun LF, *et al.* Influence of leaf incline angle, droplet size and spray volume on deposition of chlorpyrifos on rice plants [J]. *Journal of Plant Protection*, 2004, 31 (3): 259–263. [朱金文, 吴慧明, 孙立峰, 等. 叶片倾角、雾滴大小与施药量对毒死蜱在水稻植株沉积的影响 [J]. 植物保护学报, 2004, 31 (3): 259–263]