

文章编号: 1674-7054(2019)03-0235-05

雾滴粒径对川楝素在3种作物上沉积量的影响

李海¹, 马志卿^{1,2}, 张兴^{1,2}, 周一万¹

(1. 西北农林科技大学 无公害农药研究服务中心, 陕西 杨凌 712100;

2. 陕西省生物农药工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 为探明川楝素(Toosendanin)的沉积量与所用喷头粒径的关系, 笔者以小白菜(*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* Makino)、黄瓜(*Cucumis sativus* L.)和甘蓝(*Brassica oleracea* L.)为植物材料, 2%川楝素乳油、2%川楝素微乳剂、2%可湿性粉剂为供试药剂, 选用德国Lechler公司生产的ST110-03、ST110-04、ST110-05及ST110-06 4种扇形雾喷头, 研究了3种制剂形态的川楝素在3种作物上的沉积量。结果表明, 喷雾雾滴VMD在151.7~215.3 μm 范围内, 在叶片临界表面张力较大的黄瓜和小白菜上, 川楝素乳油和可湿性粉剂稀释液在植物叶片上的沉积量有随着雾滴直径增加而增加的趋势, 但处理间的差异不明显。而川楝素微乳剂稀释液在小白菜和黄瓜叶面上的沉积量随雾滴直径的增加而逐渐减小。在叶片临界表面张力较小的甘蓝植株上, 3种川楝素制剂稀释液的沉积量均随着喷雾雾滴直径的增加而减小。因此, 建议使用ST110-03(151.7 μm)型喷头, 以提高药剂沉积量。

关键词: 川楝素; 沉积量; 雾滴粒径

中图分类号: S 482.1

文献标志码: A

DOI: 10.15886/j.cnki.rdsxb.2019.03.005

农药在田间的有效利用率的高低属于农药剂量转移的范畴。农药一旦从喷洒机械喷出便开始了“剂量转移(dose transfer)”过程, 这个过程包括农药从使用开始到活性物质分解前产生最终生物效果的所有环节。但是在实际的施药过程中, 大多情况只有不超过田间用药量0.1%的药剂能到达防治对象, 绝大部分均“脱靶”, 以多种方式进入环境和散落在非靶标生物上^[1]。农药使用的目的是将足够的活性物质安全、经济的转移到防治对象上以获得理想的生物效果。在田间条件下, 农药要转移到有害生物体内, 必须首先满足剂量向有害靶标生物转移所要求的各项条件, 包括农药剂型和农药的沉积分布规律^[2-3]。影响农药活性物质向各个途径进行剂量转移的因素包括活性成分本身的理化性质、制剂的剂型及配方组成、制剂稀释液的特性、作物和防治对象的特点、环境条件、施药器械和使用技术等多个方面^[4-9]。川楝素(Toosendanin)是从楝科植物川楝(*Melia toosendan* Sieb. et Zucc.)和苦楝(*Melia azedarach* L.)树皮及果实中提取出来的四环三萜类化合物^[10]。川楝和苦楝在中国被用于消化道驱虫和农业杀虫方面已有2000多年的历史, 具有广泛的药理作用和杀虫活性^[11]。川楝素作用机理独特, 对昆虫具有拒食、内吸毒杀、胃毒及生长抑制等作用^[12-22], 对昆虫天敌等非靶标生物及环境较为安全^[23-24], 是一种极具开发和应用前景的植物源农药。我国曾经登记的川楝素制剂产品有0.5%川楝素乳油, 用于防治菜青虫等鳞翅目害虫。目前, 关于川楝素制剂产品应用技术研究仍是空白, 笔者以2%川楝素乳油、2%川楝素微乳剂、2%可湿性粉剂为供试药剂, 对其进行施用技术研究, 旨在为川楝素的高效使用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料 供试药剂: 2%川楝素乳油、2%川楝素可湿性粉剂、2%川楝素微乳剂(西北农林科技大学无

收稿日期: 2019-06-18

基金项目: 国家自然科学基金(31471802)

作者简介: 李海(1989-), 男, 西北农林科技大学2017级博士研究生, 研究方向: 农药毒理. E-mail: 825434977@qq.com

通信作者: 周一万(1973-), 男, 博士, 助理研究员. 研究方向: 农药化学. E-mail: yiwany1021@163.com

公害农药研究服务中心研制)。

供试作物: 百甘 8A-5 甘蓝, 前锋黄瓜, 绿冠小白菜, 均来源于永清县丰瑞果蔬农民专业合作社。试验前, 将 5~6 叶期的甘蓝、黄瓜及小白菜苗, 移栽在直径 15 cm 的花盆内温室培养, 当植株长到 7~8 叶时进行试验。

喷雾器械: 选用德国 Lechler 公司生产的 ST110-03, ST110-04, ST110-05, ST110-06 4 种扇形雾喷头。

主要试剂: 乙腈(色谱纯)、甲酸(色谱纯)、超纯水(自制)。

1.2 方法 选用的试验仪器为喷雾天车, 将喷头高度定位距离作物表面 60 cm, 固定喷头压力为 0.2 Mpa, 实测当时风速风向(室内条件)及温湿度(温度 28 °C, 湿度 85%)。试验过程选取了 4 种扇形雾喷头: ST110-03(151.7 μm)、ST110-04(162.1 μm)、ST110-05(180 μm)、ST110-06(215.3 μm)。选取了小白菜、甘蓝和黄瓜 3 种植物, 2% 川楝素乳油、2% 川楝素微乳剂、2% 川楝素可湿性粉剂 3 种制剂。取 3 种川楝素制剂适量, 稀释 800 倍, 再在配好的药剂中加入一定的柠檬色, 使柠檬黄最终的浓度为 2 g · L⁻¹。选用每种喷头时, 同种植物每处理均选 4 盆, 每个处理重复 3 次。

植物表面川楝素沉积量测定方法, A 标准溶液配制及标准吸收曲线的测定, 称取柠檬黄 0.01 g, 即柠檬色 0.015 g, 将其溶解并转移至 10 mL 容量瓶中, 定容, 配成质量浓度为 1 000 μg · mL⁻¹ 的母液。分别用移液枪移取母液 10, 20, 50, 100, 200, 350, 500, 750 μL 至 8 个 10 mL 容量瓶中, 定容, 配制成为 1, 2, 5, 10, 20, 35, 50, 75 μg · mL⁻¹ 的系列浓度柠檬黄水溶液。在 426 nm 波长条件下, 用紫外可见分光光度计对上述标准溶液进行吸光度测定, 绘制标准曲线^[25]。

B 叶片表面沉积量测定, 在各处理叶片表面药液自然风干 2 h 以后, 从每株植物上采取面积最大的两片叶, 平展拍照后装入同一自封袋(12 cm × 18 cm)中。然后加入 10 mL 超纯水, 将叶片表面的柠檬黄和药剂全部洗入袋中, 取 3 mL 洗脱液在紫外可见分光光度计测定柠檬黄的浓度, 用以下公式计算叶片单位面积上川楝素的沉积量(mg · kg⁻¹)。

$$\text{叶片沉积量} = \frac{\text{洗涤液的柠檬黄浓度} \times \text{体积}}{\text{叶片面积}}$$

2 结果与分析

2.1 雾滴大小对川楝素沉积量的影响 用 ST110-03(151.7 μm), ST110-04(162.1 μm), ST110-05(180 μm) 和 ST110-06(215.3 μm) 4 种扇形雾喷头, 将 3 种形态川楝素制剂按照方法要求喷施处理小白菜、甘蓝和黄瓜 3 种作物。

从表 1 可知, 对于川楝素乳油的喷施, 在小白菜和黄瓜上, 粒径的变化对单位面积叶片上的沉积量没有显著影响; 而当靶标植物为甘蓝时, 单位叶面积的沉积量随着粒径的增大越来越小, 且每两组之间差异明显。

表 1 雾滴大小对 2% 川楝素乳油在小白菜、黄瓜和甘蓝叶面原始沉积量的影响

Tab. 1 Effect of droplet size on deposition of 2% toosendanin EC on pakchoi, cucumber and cabbage leaves

喷头型号 Nozzle type(VMD)	小白菜上川楝素 原始沉积量/(μg · cm ⁻²) Toosendanin deposition in pakchoi leaves	黄瓜上川楝素 原始沉积量/(μg · cm ⁻²) Toosendanin deposition in cucumber leaves	甘蓝上川楝素 原始沉积量/(μg · cm ⁻²) Toosendanin deposition in cabbage leaves
ST110-03	0.221 7 a	0.202 5 a	0.133 3 a
ST110-04	0.260 0 a	0.202 5 a	0.109 2 b
ST110-05	0.296 7 a	0.258 3 a	0.080 0 c
ST110-06	0.252 5 a	0.270 0 a	0.042 5 d

注: 表中数据为 3 次重复平均值, 同列数据后标不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著(LSD 法)。下同

Note: All data in the table are an average of 3 replicates, and different lowercase letters in the same column mean significant difference at $P < 0.05$ by LSD test, similarly hereinafter

表 2 雾滴大小对 2% 川楝素微乳剂在小白菜、黄瓜和甘蓝叶面原始沉积量影响

Tab. 2 Effect of droplet size on deposition of 2% toosendanin micro emulsion on pakchoi, cucumber and cabbage leaves

喷头型号 Nozzle type(VMD)	小白菜上川楝素 原始沉积量/($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$) Toosendanin deposition in pakchoi leaves	黄瓜上川楝素 原始沉积量/($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$) Toosendanin deposition incucumber leaves	甘蓝上川楝素 原始沉积量/($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$) Toosendanin deposition in cabbage leaves
ST110-03	0. 500 8 a	0. 420 0 a	0. 214 2 a
ST110-04	0. 374 2 b	0. 264 8 b	0. 152 5 b
ST110-05	0. 237 5 c	0. 251 7 b	0. 139 2 b
ST110-06	0. 230 8 c	0. 195 9 b	0. 115 0 b

表 3 雾滴大小对 2% 川楝素可湿性粉剂在小白菜、黄瓜和甘蓝叶面原始沉积量影响

Tab. 3 Effect of droplet size on deposition of 2% toosendanin wettable powder on pakchoi, cucumber and cabbage leaves

喷头型号 Nozzle type(VMD)	小白菜上川楝素 原始沉积量/($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$) Toosendanin deposition in pakchoi leaves	黄瓜上川楝素 原始沉积量/($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$) Toosendanin deposition incucumber leaves	甘蓝上川楝素 原始沉积量/($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$) Toosendanin deposition in cabbage leaves
ST110-03	0. 431 7 a	0. 432 5 a	0. 185 0 a
ST110-04	0. 300 0 b	0. 233 3 b	0. 152 5 ab
ST110-05	0. 274 2 b	0. 165 0 c	0. 150 0 b
ST110-06	0. 208 3 b	0. 293 3 d	0. 135 0 b

对于 2% 川楝素微乳剂来说,由表 2 可知,在 3 种植物上均是使用 ST110-03 喷头时,叶片单位面积的沉积量最大,其中,小白菜川楝素原始沉积量高达 $0.5008\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$;另外,使用其他 3 种喷头,在黄瓜和甘蓝叶片上,各自沉积量没有显著差异,而小白菜单位沉积量为使用 ST110-04($162.1\text{ }\mu\text{m}$) 时,显著高于使用 ST110-05($180\text{ }\mu\text{m}$) 和 ST110-06($215.3\text{ }\mu\text{m}$) 。

结果表明(表 3) ,使用 ST110-03($151.7\mu\text{m}$) 时,2% 川楝素可湿性粉剂在小白菜、黄瓜和甘蓝叶面的原始沉积量最大。

2.2 不同的靶标作物对沉积量的影响 由表 1 ~ 3 可以看出,喷雾雾滴直径对沉积量的影响与制剂的剂型及植物叶片表面特性密切相关。

当靶标植物为小白菜时,供试药剂为川楝素乳油时,粒径变化对沉积量没有影响;药剂为川楝素微乳剂时,随着粒径的增大,单位面积沉积量是显著减小的,仅 ST110-05 和 ST110-06 之间没有显著差异;剂型为可湿性粉剂时,ST110-03 喷头处理过的叶片单位沉积量显著高于另外 3 个喷头处理。

靶标作物为黄瓜时,只有当供试药剂剂型为可湿性粉剂时,随着喷头粒径增大,叶面上川楝素的单位沉积量显著减小,另 2 种剂型粒径大小对沉积量几乎没有影响。

靶标作物为甘蓝时,只有当供试药剂剂型为乳油时,随着喷头粒径增大,叶面上川楝素的单位沉积量显著减小,另两种剂型粒径大小对沉积量几乎没有影响。

由此可知,喷雾雾滴 VMD 在 $151.7\sim215.3\text{ }\mu\text{m}$ 范围内,不同的靶标作物只对特定的药剂剂型敏感。小白菜是微乳剂,黄瓜是可湿性粉剂,甘蓝为乳油。

3 讨 论

雾滴粒径大小直接影响药液在空气中的漂移、植物表面覆盖情况及是否能均匀地落在靶标表面,这三者是评价药液喷洒质量的指标。生物最佳粒径范围表明,不同的植物能够捕获的雾滴粒径范围不同,只有在最佳粒径范围内,植物上沉积的药液最多。吴春笃等人用刚果红溶液模拟农药,采用静电喷雾器进行喷雾试验得出,在距离喷头同一距离处,随着喷雾雾滴的减小,沉积量的大小是递增的^[26]。朱金文等

人试验结果显示,在毒死蜱的使用中,生产上使用小孔径的喷头比工农-16 型喷雾器所配大孔径喷头,能大幅度提高药剂的利用率^[27]。这与本研究结果较为相似,说明小孔径喷雾喷头可以提高药物在作物上的沉积量,进而提高利用率。

本研究选用 3 种不同的植物材料和 3 种川楝素制剂,与应用结合,研究了不同植物表面以及不同制剂形态下,粒径对沉积量的影响。结果显示,雾滴 VMD 在 151.7 μm ~ 215.3 μm 范围内,3 种作物上使用 3 种川楝素剂型时,均为使用 ST110-03(151.7 μm) 时沉积量最高,其他组随着喷头粒径的增加,3 种作物表面沉积量均有不同程度的减小。因此,建议使用 ST110-03(151.7 μm) 喷头。

参考文献:

- [1] SAGHIR A R. International Symposium on Crop Protection, Gent May 1977 [J]. Pans Pest Articles & News Summaries, 1977, 23(4): 446-447.
- [2] 屠豫钦. 农药剂型和制剂与农药的剂量转移 [J]. 农药学报, 1999(1): 1-6.
- [3] ALI A S, HALL F R, DOWNER R A. Impact of spray application methodology on the development of resistance to cypermethrin and spinosad by fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) [J]. Pest Management Science, 2006, 62(11): 1023-1031.
- [4] HILZ E, VERMEER A V P. Effect of formulation on spray drift: a case study for commercial imidacloprid products [J]. Aspects of Applied Biology, 2011, 114: 445-450.
- [5] HEWITT A J. Spray optimization through application and liquid physical property variables-I [J]. Environmentalist, 2008, 28(1): 25-30.
- [6] CHOWDHURY A B, JEPSON P C, HOWSE P E, et al. Leaf surfaces and the bioavailability of pesticide residues [J]. Pest Management Science, 2001, 57(5): 403-412.
- [7] DOWNER R A, HALL F R, THOMPSON R S. Temperature effects on atomization by flat-fan nozzles: implications for drift management and evidence for surfactant concentration gradients [J]. Atomization Spray, 1998, 8: 241-254.
- [8] ELLIS M C B, MILLER P C H. The Silsoe Spray Drift Model: A model of spray drift for the assessment of non-target exposures to pesticides [J]. Biosystems Engineering, 2010, 107(3): 169-177.
- [9] QIN K, TANK H, WILSON S. Controlling droplet size distribution using oil emulsions in agricultural sprays [J]. Atomization Spray, 2010, 20: 227-239.
- [10] ZHANG Y, TANG C P, KE C Q, et al. Limonoids and Triterpenoids from the Stem Bark of *Melia toosendan* [J]. Journal of Natural Products, 2010, 73(4): 664-668.
- [11] LIU, SU Y N, HUO X H, et al. Chemical constituents of plants from the genus *Illicium* [J]. Chemistry & Biodiversity, 2010, 6(6): 818-826.
- [12] SHI Y L, LI M F. Biological effects of toosendanin, a triterpenoid extracted from Chinese traditional medicine [J]. Progress in Neurobiology (Oxford), 2007, 82(1): 1-10.
- [13] 罗刚, 金钰珠. 川楝素药理研究进展 [J]. 华西药理学杂志, 1983(3): 154-156.
- [14] LIAO C, LIU X Q. Observation on the cephalic sensory organ of the oriental armyworm with scanning electron microscope and the antifeedant activities of toosendanin [J]. J. S. China Agric. Univ., 1986(7): 43-48.
- [15] SHI Y L, WANG W P, LIAO C Y, et al. Effect of toosendanin on the sensory inputs of chemo-receptors in the armyworm larvae (*Mythimneseparata*) [J]. Acta Entomol Sin., 1986, 29: 233-239.
- [16] LIU Y Q, FENG G, YANG L, et al. Podophyllotoxin-derived insecticidal agents: part XIII -evaluation of insecticidal activity of podophyllotoxin derivatives against *Brontispa onassis* [J]. Nat Prod Res., 2011, 25: 1570-1576.
- [17] 张兴, 赵善欢. 川楝素对菜青虫中肠组织的影响 [J]. 昆虫学报, 1991, 34(4): 501-504.
- [18] 张兴, 赵善欢. 川楝素对菜青虫体内几种酶活性的影响 [J]. 昆虫学报, 1992, 35(2): 171-177.
- [19] CÉSPEDES C L, CALDERÓN J, LINA L, et al. Growth inhibitory effects on Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* of some limonoids isolated from *Cedrela* spp. (Meliaceae) [J]. J. Agric. Food Chem., 2000, 48: 1903-1908.
- [20] STAINIER C, DESTAIN M F, SCHIFFERS B, et al. Droplet size spectra and drift effect of two phenmedipham formulations and four adjuvants mixtures [J]. Crop Protection, 2006, 25(12): 1238-1243.
- [21] CHIU S F, ZHANG X. A critical review of toosendanin, a novel insecticide isolated from *Melia toosendan* Sied et Zucc(*Meli-*

- acea) [J]. J. S. China Agric. Univ. , 1987(8) : 57 - 67.
- [22] KOUL O, MULTANI J S, SINGH G, et al. Bioefficacy of toosendanin from *Melia dubia* (syn. *Mazedarach*) against gram pod-borer, *Helicoverpa armigera* [J]. Curr Sci. , 2002, 83: 1387 - 1391.
- [23] 徐敦明,李飞,冯俊涛,等. 几种植物源提制品对鱼的毒性与安全性评价 [J]. 农药学学报, 2004, 6(3) : 89 - 92 .
- [24] 张亚妮,马志卿,王海鹏,等. 植物源杀虫剂川楝素对环境生物安全性评价 [J]. 环境科学学报, 2007, 27(12) : 2038 - 2045
- [25] 张宁,钱沛泽,牛承辉. 果汁中胭脂红、柠檬黄和日落黄含量检测能力验证研究 [J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(8) : 3146 - 3150.
- [26] 陈志刚,冷超,杜彦生,等. 影响雾滴靶标沉积效果的三种因素实验分析 [J]. 中国农机化学报, 2015, 36(3) : 127 - 131.
- [27] 朱金文,吴慧明,孙立峰,等. 叶片倾角、雾滴大小与施药液量对毒死蜱在水稻植株沉积的影响 [J]. 植物保护学报, 2004(3) : 259 - 263.

Effects of Droplet Size on Deposition of Toosendanin on Three Crops

LI Hai¹, MA Zhiqing^{1,2}, ZHANG Xing^{1,2}, ZHOU Yiwan¹

(1. Research R & Development Center of Biorational Pesticides, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Shannxi Center for Engineering and Technology Research of Biopesticides, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Pakchoi, cucumber and cabbage were sprayed with 2% toosendanin EC, MEC or WP by using four different fan-shaped spray nozzles from a German company Lechler, ST110-03, ST110-04, ST110-05 and ST110-06, to analyze the relation between toosendanin deposition on three crops and nozzle size. The results show that the deposition of toosendanin EC and WP sprayed with droplet size between 151.7 ~ 215.3 on cucumber and cabbage leaves which had larger critical surface tension tended to increase in droplets size, but had no obvious difference between the treatments. Meanwhile the deposition of toosendanin ME on pakchoi and cucumber leaves gradually decreased with the increase of the nozzle sizes. The toosendanin deposition of the 3 preparations on the cabbage leaves decreased with increase in size of nozzles. It is suggested that nozzle ST110.03 (151.7) be used to increase the deposition of toosendanin on the leaves of the tree crops.

Keywords: toosendanin, deposition, droplet size

(责任编辑: 潘学峰)