

电动多旋翼植保无人机低容量喷雾防治玉米 三点斑叶蝉的应用研究

赵冰梅¹, 丁丽丽¹, 张强¹, 董红强^{2*}

(1. 新疆兵团农业技术推广总站, 乌鲁木齐 830011; 2. 塔里木大学植物科学学院, 阿拉尔 843300)

摘要 利用 KT-10-II 型四旋翼植保无人机开展玉米灌浆期三点斑叶蝉的防治试验, 研究无人机飞行高度、飞行速度、施药液量以及喷雾助剂等因素对农药雾滴在玉米冠层的沉积分布影响及对三点斑叶蝉防效的影响。结果表明: 在无人机飞行高度为距玉米株冠顶部 1 m、飞行速度 6 m/s、施药液量 15 L/hm², 并加入 1.5% 喷雾助剂“迈飞”的条件下, 喷雾雾滴在玉米冠层上部、中部和下部的沉积密度分别达到 41.9、27.3 和 14.9 个/cm², 对三点斑叶蝉药后 1 d 防效可达 91.3%, 药后 14 d 防效 96.8% 以上, 速效性和持效性均较理想。

关键词 无人机; 玉米; 三点斑叶蝉; 雾滴沉积分布; 防治效果

中图分类号: S 435.132 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2017100

Control effects of low volume spraying using unmanned aerial vehicle (UAV) against *Zygina salina* Mit

ZHAO Bingmei¹, DING Lili¹, ZHANG Qiang¹, DONG Hongqiang²

(1. General Station of Agricultural Technology Extension, Xinjiang Production and Construction Corps, Urumqi 830011, China; 2. College of Plant Science, Tarim University, Aral 843300, China)

Abstract Field trials were conducted with the KT-10-II four-rotor unmanned aerial vehicles (UAV) to control *Zygina salina* Mit during grain filling stage in maize. The influence of UAV's flight altitude, velocity, spray volume and special additives on the deposit distribution of pesticide droplet on maize canopy was investigated and the control effect on *Z. salina* was also studied. The results showed that under the conditions of 1 m flying altitude from the corn crown top, 6 m/s flying speed, 15 L/hm² spray volume and 1.5% spray adjuvants “Maifei”, the spray droplet deposit's density on the upper, middle and lower part of corn canopy were 41.9, 27.3 and 14.9 particle/cm², respectively. The control efficacy was 91.3% and 96.8% at the first and the 14th day after spraying pesticides with KT-10-II UAV, respectively. The results indicated that this optimized method was of quick and persistent action on the control of *Z. salina* Mit.

Key words unmanned aerial vehicles; maize; *Zygina salina*; droplets deposition distribution; control efficacy

玉米三点斑叶蝉 *Zygina salina* Mit 属半翅目叶蝉科小叶蝉亚科。自 20 世纪 90 年代以来, 该虫在北疆各地为害日趋严重, 成为新疆玉米田继玉米螟之后的第二大害虫, 玉米被害率达 100%, 严重影响玉米产量和质量^[1]。玉米三点斑叶蝉主要以二代、三代成、若虫为害玉米。7 月中下旬和 8 月中旬为其为害高峰期。而玉米生长中后期, 株高叶茂, 田

间郁闭, 人员进地施药困难。近年来虽然有大型自走式喷雾机械、玉米去雄机、热力烟雾机等投入使用, 但仍无法满足玉米生长中后期病虫害防治需求。无人机飞防具有工效高、劳动强度低、不受地形、作物高度限制等优点, 但其施药效果与诸多参数如飞行作业高度、飞行速度、气温、风速、喷头等相关, 这些参数直接影响雾滴的沉积量与均匀程度及

收稿日期: 2017-03-24 修订日期: 2017-04-25

基金项目: 新疆兵团科技计划项目(2016AC026)

* 通信作者 E-mail: donghq234@163.com

穿透程度等^[2-7]。而在农药的田间喷雾中,农药雾滴沉积密度对病虫害的防治效果起决定性作用^[8-9]。无人机飞防及其施药技术的研究在新疆目前处于起步阶段。本文利用 KT-10-Ⅱ型四旋翼无人机,对其飞行作业高度、飞行速度、施药液量以及喷雾助剂等因素对农药雾滴在玉米冠层的沉积分布影响及对三点斑叶蝉防效的影响进行了研究,以期为无人机喷雾技术应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设备

试验药械为 KT-10-Ⅱ型四旋翼无人机(重庆金泰航空工业有限公司),配备 6 个德国进口气压式扇形喷头,型号 LECHLER ST-110-01,单个喷头流量 0.428 L/min。作业高度和速度可以根据作业要求调控。喷幅 6 m,有效载荷 10 kg。

试验药剂为 4.5%高效氯氰菊酯水乳剂(EW),购于济南中科绿色生物工程有限公司、70%吡虫啉

可湿性粉剂(WP),购于山东东泰农化有限公司、飞防专用喷雾助剂“迈飞”(甲基化植物油),由北京广源益农化学有限责任公司提供。

采用雾滴测试卡(26 mm×76 mm)布置在玉米叶片上,测试雾滴沉积密度。

1.2 试验方法

试验于 2016 年 7 月 21 日(玉米灌浆期)在新疆兵团第六师共青团农场场部玉米田进行。玉米品种为‘郑单 958’,种植密度 84 000 株/hm²(行距 60/30 cm宽窄行、株距 20 cm)。植株高度 2.6 m 左右。在试验进行时,用温湿度表和风速仪测量并记录环境参数:平均温度 32.9℃,相对湿度 31%,风速 0.7 m/s。

除空白对照外,施药试验共设 6 个飞防处理,每处理重复 3 次,随机区组排列。试验小区面积 3 500 m²(100 m×35 m);不施药空白对照面积 30 m²。在药剂用量、飞防助剂加入量、施药液量、飞行速度和飞行作业高度(距玉米株冠顶部)五个方面进行对比。具体设定见表 1。

表 1 试验设计¹⁾

Table 1 Experiment design

处理 Treatment	药剂 Insecticide	制剂用量/g·(hm ²) ⁻¹ Dosage of preparation	助剂用量/mL·kg ⁻¹ Dosage of Maifei	施药液量/ L·(hm ²) ⁻¹ Spray volume	作业高度 (距玉米株冠顶部)/m Flight altitude	飞行速度/m·s ⁻¹ Flight velocity
1	A+B	33.75+157.5	0.0	15.0	1.0	6.0
2	A+B	33.75+157.5	15.0	15.0	1.0	6.0
3	A+B	33.75+157.5	15.0	15.0	2.0	6.0
4	A+B	23.63+110.25	15.0	15.0	1.0	6.0
5	A+B	23.63+110.25	20.0	15.0	1.0	6.0
6	A+B	23.63+110.25	15.0	10.5	1.0	8.0
CK	—	—	—	—	—	—

1) A: 4.5%高效氯氰菊酯 EW; B: 70%吡虫啉 WP。
A: *beta*-cypermethrin 4.5% EW; B: imidacloprid 70% WP.

1.2.1 喷雾雾滴在玉米冠层的沉积分布调查

分别在第 2、3、5、6 四个飞防处理区内随机选定 5 个雾滴采集点,每个雾滴采集点在玉米植株上中下 3 个位置叶片的正反两面各布放一张雾滴测试卡,分别对应玉米冠层雄穗下 1 叶(冠层上部)、穗部叶(冠层中部)及基部叶第 3 叶(冠层下部)3 个部位。喷雾结束后,分别收集各处理不同位置的雾滴测试卡,带回实验室用软件 ImageJ (中国农业科学院植物保护研究所提供)进行数据处理,记录雾滴密度。

1.2.2 对三点斑叶蝉防治效果的调查

分别在施药前和施药后第 1、7、14 天调查 6 个

飞防施药处理区与空白对照区的虫口数量。每小区随机取 5 点,每点扫 5 网(来回算一网),计数每网中三点斑叶蝉数量。根据调查数据计算虫口减退率和防治效果。

虫口减退率=(施药前活虫数-施药后活虫数)/施药前活虫数×100%;

防治效果=(药剂处理区虫口减退率-空白对照区虫口减退率)/(100-空白对照区虫口减退率)×100%。

1.3 数据统计分析

数据采用 DPS 数据处理系统 Duncan 氏新复极差法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 雾滴沉积分布

由表 2 可看出,KT-10-Ⅱ型四旋翼无人机旋翼产生的向下气流使玉米冠层不同部位和叶片正反两面均可着药,但各部位和叶片正反面农药雾滴沉积状况有较大差异。雾滴在上部的沉积密度最大,其次中部,下部沉积较少。叶片正面雾滴沉积密度大于反面;在飞行速度 6 m/s、作业高度距玉米植株冠层 1 m、施药液量 15 L/hm²,并在药液中加入 1.5%的飞防专用喷雾助剂“迈飞”时(处理 2),雾滴在玉米冠层

上部、中部和下部的沉积密度分别达到 41.9、27.3 和 14.9 个/cm²;当喷雾助剂“迈飞”的添加量从 1.5%增加到 2%时(处理 5),玉米冠层各部位雾滴沉积密度不升反降,但与处理 2 差异不大;飞行作业高度由距玉米植株冠层 1 m 升至 2 m 时(处理 3),喷雾雾滴在玉米上部叶片的沉积密度略有下降,而在中下部叶片的沉积密度迅速衰减达 53%~56%;随着无人机飞行速度的增加(6 m/s 增加到 8 m/s)和施药液量的降低(15 L/hm² 降至 10.5 L/hm²)(处理 6),玉米冠层各部位雾滴沉积密度均大幅减少,尤其是上部和中部叶片的雾滴沉积密度减少 56%~53%,影响较大。

表 2 无人机飞防不同施药处理在玉米冠层的雾滴沉积分布状况¹⁾

Table 2 Distribution of droplet deposit in maize canopy with different treatments using UAV

处理 Treatment	助剂 用量/% Dosage of Maife	作业 高度/m Flight altitude	飞行速度/ m·s ⁻¹ Flight velocity	施药 液量/L· (hm ²) ⁻¹ Spray volume	雾滴沉积密度/个·(cm ²) ⁻¹ Droplet deposit's density								
					玉米冠层(上) Maize canopy (upper)			玉米冠层(中) Maize canopy (middle)			玉米冠层(下) Maize canopy (below)		
					叶片 正面 Leaf front	叶片 反面 Leaf back	正反之和 Sum of the density in the front and back	叶片 正面 Leaf front	叶片 反面 Leaf back	正反之和 Sum of the density in the front and back	叶片 正面 Leaf front	叶片 反面 Leaf back	正反之和 Sum of the density in the front and back
2	1.5	1.0	6.0	15.0	37.8	4.1	41.9	25.3	2.0	27.3	10.8	4.1	14.9
3	1.5	2.0	6.0	15.0	33.6	1.7	35.3	10.6	2.1	12.7	5.4	1.2	6.6
5	2.0	1.0	6.0	15.0	33.5	1.2	39.7	22.8	1.4	24.2	9.7	1.1	10.8
6	1.5	1.0	8.0	10.5	16.9	1.2	18.2	11.6	1.2	12.8	10.3	1.2	11.5

1) 处理编号及对应处理方式同表 1。
Treatment number was the same as in table 1.

2.2 防治效果

由表 3 可知,在无人机飞行速度 6 m/s、作业高度距玉米植株冠层 1 m、施药液量 15 L/hm² 条件下,喷施 4.5%高效氯氰菊酯 EW 33.75 g/hm² + 70%吡虫啉 WP 157.5 g/hm² (处理 1),药后 1、7、14 d 对三点斑叶蝉的防效分别为 85.4%、87.4%和

95.2%;当在药液中加入占总药液量 1.5%的飞防专用喷雾助剂“迈飞”时(处理 2),药后各天防效均有所提高,升幅在 4.1%~9.7%;但此时若将飞行作业高度从 1 m 升高到 2 m(处理 3),药后 1 d 防效大幅降低,只有 78.8%,药后 7、14 d 的防效又回升至 91.3%以上。

表 3 无人机飞防不同处理对三点斑叶蝉的防治效果¹⁾

Table 3 Control effect of different treatments using UAV on *Zygina salina*

处理 Treatment	药前虫 口基数/头 Population base before spray	药后 1 d 1 d after treatment		药后 7 d 7 d after treatment		药后 14 d 14 d after treatment	
		虫口减退率/% Population decline rate	校正防效/% Corrected control effect	虫口减退率/% Population decline rate	校正防效/% Corrected control effect	虫口减退率/% Population decline rate	校正防效/% Corrected control effect
1	91.7	89.1 a	85.4 b	90.9 a	87.4 c	97.1 a	95.2 a
2	79.3	95.4 a	93.8 a	97.9 a	97.1 a	99.6 a	99.3 a
3	90.7	84.2 a	78.8 c	93.8 a	91.3 bc	99.3 a	98.8 a
4	103.0	93.5 a	91.3 ab	95.5 a	93.7 ab	98.1 a	96.8 a
5	61.7	91.4 a	88.4 ab	94.1 a	91.7 bc	97.8 a	96.4 a
6	76.7	74.3 a	65.6 d	95.7 a	94.0 ab	99.1 a	98.6 a
CK	81.7	25.5 b	—	28.0 b	—	39.9 b	—

1) 处理编号对应处理方式同表 1。表中数据为平均数。同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。
Treatment number was the same as in table 1. The data in the table are mean. Different small letters in the same column indicated significant difference at 5% level.

表 3 结果显示,在药液中加入占总药液量 1.5% 的飞防喷雾助剂“迈飞”,同时减少 30%用药量,即以 4.5%高效氯氰菊酯 EW 23.63 g/hm² + 70%吡虫啉 WP 110.25 g/hm² 喷施(处理 4),药后 1、7、14 d 对三

点斑叶蝉的防效分别在 91.3%、93.7%和 96.8%，虽略低于同等条件下农药不减量喷施的处理 2，但两者差异不大；继续增加飞防喷雾助剂“迈飞”的添加比例至 2%（处理 5），药后各天防效略有降低；将无人机喷施药液量由 15 L/hm² 降至 10.5 L/hm²，飞行速度由 6 m/s 增加到 8 m/s 时（处理 6），药后 1 d 防效迅速降至 65.6%，药后 7、14 d 的防效又上升至 94.0%以上。

3 结论与讨论

试验结果表明，KT-10-II 型四旋翼无人机施药时，在飞行作业高度距玉米植株冠层 1 m、飞行速度 6 m/s、施药液量 15 L/hm² 的条件下，螺旋桨产生的下旋气流能很好地使雾滴具有穿透性，保证玉米植株上中下部均能着药。防治三点斑叶蝉时，药剂可选用 4.5% 高效氯氰菊酯 EW 23.63~33.75 g/hm² + 70% 吡虫啉 WP 110.25~157.5 g/hm²，并加入喷施药液量 1.5% 的飞防专用助剂“迈飞”，药后 1 d 防效 91.3%~93.8%，药后 14 d 防效 96.8%~99.3%。

新疆气候干燥，蒸发量大，开发应用具有抗蒸发、抗飘移功能的飞防专用喷雾助剂，提高农药雾滴在作物表面的有效沉积，对在新疆应用无人机飞防作业具有实际意义^[10]。试验表明，在喷雾药液中加入总药液量 1.5% 的飞防专用助剂“迈飞”，药后各天对玉米三点斑叶蝉的防治效果可提高 4.1~9.7 百分点，尤其是药后 1~7 d 的防效升高 9 个百分点左右，且“迈飞”的使用可减少 30% 的农药使用量。但继续增加“迈飞”的添加比例至 2% 时，药后各天的防效未相应升高，此现象与雾滴密度的沉积结果相对应。

飞行作业高度的变化会带来雾滴在玉米冠层分布趋势的改变。随着无人机作业高度的增加，玉米叶片感知到旋翼向下的气流减弱，使冠层顶部到下部的雾滴沉积密度呈下降趋势，当作业高度升高达 2 m 时，中下部叶片的雾滴沉积密度衰减加速，反映到防治效果上，药后 1 d 对三点斑叶蝉的防效同比降低了近 15 百分点。

当前的植保无人机多采用农药喷洒可控速率技术，即农药喷洒速率与飞行器飞行状态特别是速度状态相关联，当飞行速度升高时，农药喷洒相应变快。本试验为了比较无人机喷施药液量对防效的影响，通过提高飞行速度（由 6 m/s 提高到 8 m/s），将每 hm² 喷液量由 15 L 减为 10.5 L。从结果来看，飞行速度的增加，致使进入玉米冠层内的风量减少，冠层顶部和中部雾滴沉积明显减少，反映到防治效果上，药后

1 d 对三点斑叶蝉的防效同比降低了 25.7 百分点。

虽然升高飞行作业高度至 2 m 或加快飞行速度至 8 m/s、降低喷施药液量至 10.5 L/hm² 改变了喷雾雾滴在玉米冠层的分布趋势，大幅降低了药后 1 d 的防治效果，但随着施药时间的延长，药效逐渐增加，防效上升，至药后 7~14 d 即与常规无显著差异。分析原因，可能是喷雾雾滴的减少，使杀虫剂对害虫存在亚致死效应。相关研究表明，一些杀虫剂的亚致死剂量可对害虫个体发育、取食行为、生殖和寿命等产生抑制作用，从而能持续控制害虫的危害，甚至能增强某些药剂的田间防治效果，尤其是在作物生长后期^[11-12]。王小强等^[13]的研究也表明，吡虫啉、高效氯氰菊酯亚致死剂量处理绿色型豌豆蚜成蚜后，对其寿命和繁殖力均起到抑制作用。尽管如此，在害虫暴发期，种群密度偏高时建议还是控制好飞行作业高度和飞行速度，保证一定的雾滴沉积，以实现对害虫的快速有效控制。

参考文献

- [1] 于江南,李刚,马德英,等.新疆玉米三点斑叶蝉发生消长规律及防治对策[J].玉米科学,2001,9(3):79-81.
- [2] 张京,何雄奎,宋坚利,等.无人驾驶直升机航空喷雾参数对雾滴沉积的影响[J].农业机械学报,2012,43(12):94-96.
- [3] 高圆圆,张玉涛,赵西城,等.小型无人机低空喷洒在玉米田的雾滴沉积分布及对玉米螟的防治效果初探[J].植物保护,2013,39(2):152-157.
- [4] 秦维彩,薛新宇,周立新,等.无人直升机喷雾参数对玉米冠层雾滴沉积分布的影响[J].农业工程学报,2014,30(5):50-56.
- [5] 杨帅,王国宾,杨代斌,等.无人机低空喷洒苯氧威防治亚洲玉米螟初探[J].中国植保导刊,2015,35(2):59-62.
- [6] 邱白晶,王立伟,蔡东林,等.无人直升机飞行高度与速度对喷雾沉积分布的影响[J].农业工程学报,2013,29(24):25-32.
- [7] 杜文,曹英丽,许童羽,等.无人机喷雾参数对梗稻冠层沉积量的影响及评估[J].农机化研究,2017(4):182-183.
- [8] 袁会珠,王国宾.雾滴大小和覆盖密度与农药防治效果的关系[J].植物保护,2015,41(6):9-16.
- [9] 廖娟,臧英,周志艳,等.作物航空喷施作业质量评价及参数优选方法[J].农业工程学报,2015,31(S2):38-45.
- [10] 赵冰梅,张强,朱玉永,等.多旋翼植保无人机在棉蚜防治中的应用效果[J].中国植保导刊,2017,37(2):61-63.
- [11] 崔丽,杨代斌,李克斌,等.吡蚜酮对禾谷缢管蚜的亚致死效应[J].植物保护,2010,36(6):26-30.
- [12] 谢桂英,孙淑君,赵艳芹,等.亚致死浓度毒死蜱对小麦禾谷缢管蚜生长和繁殖的影响[J].农药学报,2014,16(6):681-686.
- [13] 王小强,刘长仲,邢亚田,等.吡虫啉、阿维菌素和高效氯氰菊酯亚致死剂量对绿色型豌豆蚜发育及繁殖的影响[J].草业学报,2014,23(5):279-286.

(责任编辑:杨明丽)