

球形诱捕器对柑橘大实蝇的诱杀效果

陈振中¹ 邓安石² 朱群²
陈维彬² 许秀美³ 郑和斌³ 牛长缨¹

1. 华中农业大学植物科学技术学院, 武汉 430070;
2. 湖南省石门县植保植检站, 石门 415300; 3. 湖南省植保植检站, 长沙 410005

摘要 利用球形诱捕器诱杀柑橘大实蝇 *Bactrocera minax* 成虫, 通过不同示范点、不同柑橘品种、不同悬挂密度以及悬挂时间对该诱捕器的防治效果进行了评估。结果发现: 球形诱捕器能有效控制不同示范点柑橘大实蝇的为害, 脐橙园和蜜橘园的防治效果分别达到 97.5% 和 100%。此外, 球形诱捕器的悬挂密度及悬挂时间与其防治效果密切相关。在 5 月中旬成虫羽化高峰期以及 6 月初成虫大量返回柑橘园期间, 利用球形诱捕器诱杀柑橘大实蝇能达到最佳防效。根据果园中果树密度及柑橘大实蝇危害程度不同, 建议每 666.7 m² 柑橘园悬挂诱捕器 15 个左右。该球形诱捕器不仅能够监测柑橘大实蝇成虫发生动态, 而且能有效防治柑橘大实蝇。

关键词 柑橘大实蝇; 球形诱捕器; 悬挂密度; 悬挂时间; 防治效果

中图分类号 S 436.661.2⁺9; S 477 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2017)02-0033-05

柑橘大实蝇 *Bactrocera minax* (Enderlein) 隶属于双翅目、实蝇科、果实蝇属, 主要为害柑橘类果实, 为害率一般为 5%~20%, 局部地区高达 50%, 是柑橘的重要害虫^[1-5]。该虫主要分布于印度、锡金、不丹、尼泊尔以及中国的湖南、湖北、四川、重庆、贵州、陕西、广西等柑橘产区^[6-10]。柑橘大实蝇成虫飞行能力强, 有较强隐蔽性, 防治困难, 且呈现扩散蔓延、危害加重的趋势, 迫切需要建立可持续的防控措施^[11-12]。

柑橘大实蝇成虫产卵于柑橘果实内, 幼虫取食果肉造成危害, 11 月初入土化蛹, 这 3 个阶段均比较隐蔽而不利于防治, 只有成虫暴露在外。因此, 每年 5-6 月在成虫羽化活动期采取诱杀技术是防控的关键^[13]。成虫需要大量补充营养才能性成熟^[14], 对糖、醋、酵母水解蛋白等具有趋性, 利用此特性研发毒饵诱杀技术^[15], 在生产实践中防效较好。近年来研究表明, 柑橘大实蝇成虫通过视觉定向, 对绿色球体具有强烈的趋性, 因此, 华中农业大学针对柑橘大实蝇生物学和行为学特性研发出来一项绿色防控新技术——利用球形诱捕器诱杀成

虫^[16-18]。为进一步推动该技术的应用, 笔者在柑橘大实蝇危害严重的湖南省石门县进行了球形诱捕器的诱杀技术研究, 评估了其防治效果, 以期可为持续控制柑橘大实蝇的危害、促进柑橘产业的安全生产等提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

本试验所使用的球形诱捕器最先由华中农业大学 2010 年自主研制并获得实用新型专利^[18], 随后湖南石门欧式诱蝇厂通过改进后, 生产出一种球形诱捕器产品, 与华中农业大学签订了专利实施许可合同, 并取得外观设计专利证书^[19]。该诱捕器为黄绿色球体, 球体直径为 (70±2) mm, 外表涂布黏胶, 顶部设有铁丝吊耳。该诱捕器充分利用害虫的生物学和行为学特性, 即柑橘大实蝇雌雄成虫对未成熟绿色柑橘果实的强烈选择趋性, 成虫在趋向诱捕器后被上面的黏胶牢牢粘住, 从而达到诱杀成虫的目的。

1.2 试 验 地 点

本试验选取柑橘大实蝇最嗜好的寄主——脐橙

收稿日期: 2016-07-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(31371945; 31071690; 31661143045); 农业部农作物病虫害鼠害疫情监测与防治项目(2013-2016)

陈振中, 博士研究生, 研究方向: 昆虫生理生化与分子生物学. E-mail: czzwell@163.com

通信作者: 牛长缨, 博士, 教授, 研究方向: 昆虫生理生化与分子生物学. E-mail: niuchangying88@163.com

园和次嗜好的寄主——蜜橘园作为示范点^[20-21],通过不同时间悬挂球形诱捕器,同时设置不同悬挂密度,进一步检验该诱捕器在不同柑橘品种果园内的防治效果。所设 7 个田间示范点如下:(I)雁池乡雁池坪村蜜橘园,面积 2 300 m²,栽植密度 60 株/666.7 m²,每株悬挂 1 个球形诱捕器,5 月 14 日开始;(II)二都乡新坪村脐橙园,面积 2 500 m²,栽植密度 50 株/666.7 m²,每株悬挂 1 个球形诱捕器,5 月 20 日开始;(III)新铺乡岳家棚村蜜橘园,面积 1 700 m²,栽植密度 50 株/666.7 m²,每株悬挂 1 个球形诱捕器,5 月 20 日开始;(IV)二都乡新坪村脐橙园,面积 3 100 m²,栽植密度 50 株/666.7 m²,采取每 10 株悬挂 1 个球形诱捕器,5 月 20 日开始;(V)白云乡筑坝桥村蜜橘园,面积 2 100 m²,栽植密度 60 株/666.7 m²,每 10 株悬挂 1 个球形诱捕器,5 月 28 日开始;(VI)夹山寺桃花山凹地蜜橘园,面积 3 700 m²,栽植密度 60 株/666.7 m²,每 4 株悬挂 1 个球形诱捕器,6 月 11 日开始;(VII)夹山寺桃花山坡边蜜橘园,面积 3 500 m²,栽植密度 70 株/666.7 m²,采取每 4 株悬挂 1 个球形诱捕器,6 月 18 日开始。同时选取距示范点 I 处 1 700 m 的蜜橘园、距示范点 II 处 3 500 m 的脐橙园分别作为空白对照,即未防治区。

1.3 试验方法

使用诱捕器时,将吊耳挂于橘树株高的 2/3 处,尽量避免枝叶遮挡住球体,然后撕去包裹的油纸即可。在各示范点悬挂上诱捕器后,选取 5 个示范点(II、III、IV、VI 和 VII),5 月 17 日—7 月 10 日每 5 d 每个示范点随机调查 10 个诱捕器,统计成虫数量。8 月 12—13 日,采用 5 点取样法,每个示范点随机采摘柑橘果实 40~200 个,对以上 7 个示范点(I、II、III、IV、V、VI 和 VII)和对照柑橘园柑橘上有大实蝇产卵痕果比率进行统计,计算该诱捕器对柑橘大实蝇产卵为害的控制效果。

1.4 数据分析

本文中图均由 Origin 9.0 软件制作,多组数据由 SPSS 16.0 软件进行单因素方差分析并作 Duncan's 多重比较,2 组数据采用独立样本 *t* 检验进行差异性分析,所有数据均以平均值±标准误表示。产卵痕果率=有产卵孔的柑橘数/调查的柑橘总数×100%,防治效果=(1-处理组产卵痕果率/对照组产卵痕果率)×100%。

2 结果与分析

2.1 不同示范点诱捕器对柑橘大实蝇成虫的及时诱杀效果

对不同时期悬挂诱捕器的诱虫量进行统计分析表明,柑橘大实蝇成虫的诱杀高峰主要集中在 5 月中下旬的羽化高峰期及 6 月上中旬的交配高峰期,但不论是悬挂较早的示范点(II、III 和 IV),还是相对较晚的示范点(VI 和 VII),在诱捕器悬挂后都能迅速有效地在短时间内诱杀大量柑橘大实蝇雌雄成虫,尤其是示范点 VI 和 VII(图 1)。结果表明,柑橘大实蝇成虫对球形诱捕器具有明显的趋性,同时悬挂诱捕器的时间对诱虫量有很大影响。

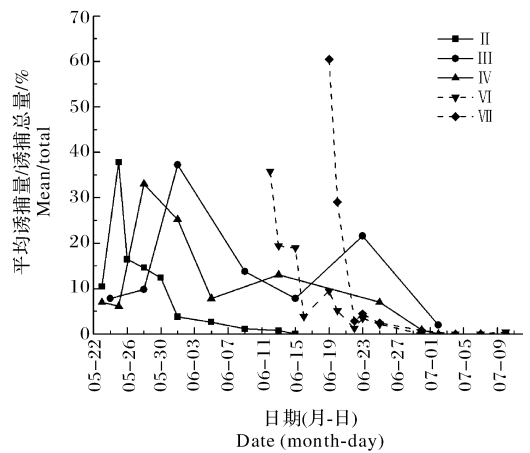


图 1 不同示范点柑橘大实蝇成虫诱捕量

Fig.1 Trapping quantity of *Bactrocera minax* in different experimental locations

2.2 球形诱捕器对不同柑橘品种上柑橘大实蝇的诱捕效果

根据成虫诱杀调查结果,该球形诱捕器能有效诱杀柑橘大实蝇雌雄成虫。所有示范点均表现出明显的诱杀效果,7 个示范点在整个诱捕期间单个诱捕器平均诱虫数为 6~30 头,单球最高诱虫数达 86 头。如图 2 所示,6 月 18 日 15:00 悬挂的诱捕器,6 月 19 日 08:30 诱到 45 头;6 月 19 日 17:20 调查,诱到雌雄成虫 78 头。蜜橘 *Citrus reticulata* (CR) 园和脐橙 *Citrus sinensis* (CS) 园诱捕器对柑橘大实蝇的防治效果分别达到 100% 和 97.1%,产卵痕果率分别控制在 0% 和 1.2%,并且脐橙园内单个诱捕器平均诱虫量显著多于蜜橘园(表 1)。另外在对照组中,脐橙园的产卵痕果率显著高于蜜橘园,分别达到了 40.2% 和 29.5%。

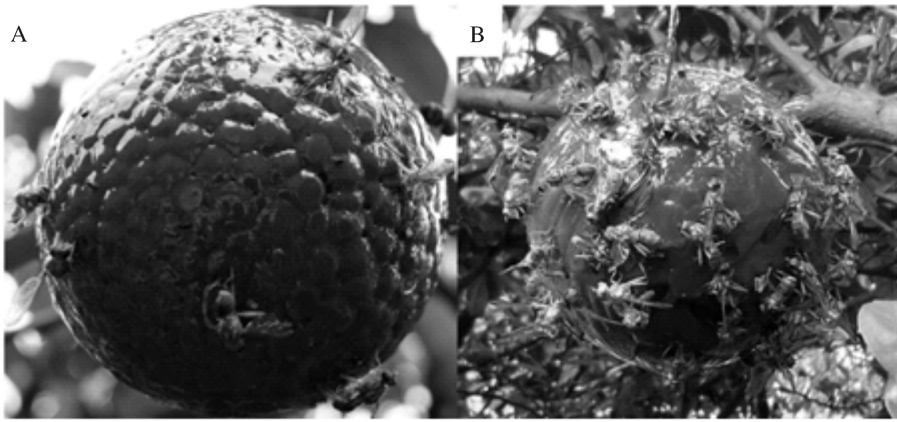


图 2 柑橘大实蝇球形诱捕器 (A) 及诱杀效果 (B)

Fig.2 Spherical trap for *Bactrocera minax* (A) and its trapping effect (B)

表 1 不同品种柑橘园球形诱捕器对柑橘大实蝇防治效果

Table 1 Control efficiency of spherical trap for *B. minax* in different citrus varieties

柑橘品种 Citrus variety	处理 Treatment	单个诱捕器平均诱虫总数/头 Total number per trap	产卵痕果率/% Infested fruit rate	防治效果/% Control efficiency
蜜橘 CR	球形诱捕器防治区 Trapping area	13.50±2.27b	0.00±0.00c	100.00±0.00a
	对照区 Control area		29.45±2.87b	
脐橙 CS	球形诱捕器防治区 Trapping area	29.70±4.28a	1.16±0.76c	97.10±1.88a
	对照区 Control area		40.23±5.73a	

注：同列数值后具相同字母者表示在 5% 水平上差异不显著 ($P < 0.05$)，下同。Note: The data within the different letters in the same column are significantly different at the level of 5% ($P < 0.05$). The same as follows.

2.3 不同悬挂时间球形诱捕器对柑橘大实蝇的诱捕效果

对 4 个时间悬挂球形诱捕器的诱杀效果的统计结果显示，随着诱捕器悬挂时间的推迟，防治效果略有下降，但均达到了 85% 以上，6 月 11 日之前悬挂

诱捕器的防治效果均达到 90% 以上，随着悬挂时间的推迟，产卵痕果率显著上升，同时防治效果显著下降 (表 2)。说明悬挂时间能够显著影响球形诱捕器的诱杀效果，只有在柑橘大实蝇成虫羽化至性成熟返回柑橘园高峰前悬挂球形诱捕器才能达到理想的

表 2 不同时间悬挂诱捕器对柑橘大实蝇的诱杀效果

Table 2 Trapping effect of spherical trap for *B. minax* upon different suspension time

悬挂时间(月-日) Suspension time (month/day)	柑橘品种 Citrus variety	单个诱捕器平均诱虫总数/头 Total number per trap	产卵痕果率/% Infested fruit rate	防治效果/% Control efficiency
05-14	蜜橘 CR	13.50±2.27bc	0.00±0.00c	100.00±0.00a
05-20	蜜橘 CR	5.70±1.67c	2.67±1.02ab	90.94±3.45bc
06-11	蜜橘 CR	23.20±1.95ab	1.80±0.80bc	93.89±2.71ab
06-18	蜜橘 CR	27.60±8.51a	4.26±0.69a	85.54±2.34c

防治效果。

2.4 不同悬挂密度对球形诱捕器诱捕效果的影响

从表 3 中可以看出，球形诱捕器的悬挂密度对其防治效果具有较大影响，随着密度的逐渐降低其对应的产卵痕果率显著升高，防治效果显著下降。

密度较大 (每株果树悬挂 1 个诱捕器) 的防治效果最佳，达到 97% 以上，对蜜橘园的防治效果更是达到了 100%。密度较小 (每 10 株果树悬挂 1 个诱捕器) 的防治效果较差，不到 80%，脐橙园内的防治效果仅为 69.2%。结果表明，柑橘园内只有悬挂合适

表 3 悬挂密度对球形诱捕器诱杀效果的影响

Table 3 Effect of suspension density on the control efficiency of spherical trap

悬挂密度/(个/株) Spherical trap density (trap/trees)	柑橘品种 Citrus variety	单个诱捕器平均诱虫总数/头 Total number per trap	产卵痕果率/% Infested fruit rate	防治效果/% Control efficiency
1/1	蜜橘(CR)	13.50±2.27b	0.00±0.00b	100.00±0.00a
1/1	脐橙(CS)	29.70±4.28a	1.16±0.76b	97.10±1.88a
1/4	蜜橘(CR)	23.20±1.95a	1.80±0.80b	93.89±2.71ab
1/10	蜜橘(CR)	13.70±1.97b	6.13±2.01b	79.17±6.83bc
1/10	脐橙(CS)	12.80±1.84b	12.39±3.68a	69.20±9.15c

密度的球形诱捕器才能达到理想防效。

3 讨 论

球形诱捕器是近些年研发的诱杀柑橘大实蝇的绿色防控新技术^[16-18],其优点在于:高效,持效期长,且雌雄双杀;防治成本低、耐雨水冲刷;充分利用柑橘大实蝇的行为学特性,无需添加任何农药,对环境友好,柑橘果实无农药残留;使用便捷,去掉油纸悬挂即可,适用于农村劳动力严重缺乏的状况。

本试验结果表明该诱捕器能够迅速有效诱杀柑橘大实蝇雌雄成虫。所有示范点均表现出明显的诱杀效果,7个示范点每个球形诱捕器平均诱虫数5.7~29.7头,单球最高诱虫数达86头。根据产卵痕果率调查结果,采取适当时间和较高密度悬挂球形诱捕器1次诱杀,即能显著降低柑橘大实蝇发生区的成虫数量,有效控制其为害。在产卵始期(6月中旬)前悬挂球形诱捕器1个/1株、1个/4株的示范点I、II、III、VI,产卵痕果率均被控制在3%以下,防治效果达到90%以上。考虑成本因素,每666.7 m²柑橘园建议悬挂15个球形诱捕器即可。示范点IV、V悬挂球形诱捕器密度过低(1个/10株)、示范点VII悬挂球形诱捕器时间过迟(6月18日),均达不到理想的控制效果。但上述示范点柑橘果树栽植均较稀疏或内膛较空,柑橘大实蝇成虫较易发现球体,从而达到理想防治效果,对于枝叶茂盛、荫蔽度高的柑橘园,如何提高诱杀效果,仍需进一步研究。

通过观察,该球形诱捕器黏胶耐日晒雨淋,使用15~20 d后粘性仍较强。但后期球体受到苍蝇、叶甲、金龟类等昆虫的污染后会影响到诱杀效果。悬挂球形诱捕器时间过早,球体易受污染,降低诱杀效率;过迟,球体在柑橘大实蝇成虫产卵前的有效诱杀时间缩短,影响诱杀效果。综合考虑,建议在5月中旬开始悬挂诱捕器,1~2次即可。当然,根据不同

地区柑橘大实蝇羽化监测结果可适当提前或推后,以达到最佳防效^[10-15]。对于枝叶茂盛、荫蔽度高、柑橘大实蝇危害严重的柑橘园,应根据发生程度适当增加球形诱捕器悬挂密度,同时对悬挂球形诱捕器位置做适当修剪处理,营造敞亮环境,让柑橘大实蝇成虫容易发现球体,以提高诱杀效果。

综上所述,我们认为,该球形诱捕器无需添加任何农药即可诱杀柑橘大实蝇,是一种有效的物理防控措施,值得推广^[13,17]。为更快、更好地应用于大面积防控,应继续加强和完善该技术的应用研究,如柑橘果园不同部位及周边杂木林成虫诱杀调查,针对不同地形、不同发生程度果园的最佳防治方案,包括悬挂球形诱捕器时间、悬挂球形诱捕器密度、生产成本、产品性能等,最大限度地造福于柑橘产业。

参 考 文 献

- [1] CHEN Z Z, DONG Y C, WANG Y H, et al. Pupal diapause termination in *Bactrocera minax*: an insight on 20-hydroxyecdysone induced phenotypic and genotypic expressions [J]. Scientific reports, 2016, 6: 27440. doi:10.1038/srep27440.
- [2] DONG Y C, WANG Z J, ANTHONY R C, et al. Pupal diapause development and termination is driven by low temperature chilling in *Bactrocera minax* [J]. Journal of pest sciences, 2013, 86: 429-436.
- [3] DONG Y C, NICOLAS D, LEI C L, et al. Transcriptome characterization analysis of *Bactrocera minax* and new insights into its pupal diapause development with gene expression analysis [J]. International journal of biological sciences, 2014, 10: 1051-1063.
- [4] WANG J, XIONG K C, LIU Y H. De novo transcriptome analysis of Chinese citrus fly, *Bactrocera minax* (Diptera: Tephritidae), by high-throughput illumine sequencing [J]. PLoS ONE, 11: e0157656. doi:10.1371/journal.pone.0157656.
- [5] ZHANG B, FRANCESCO N, HELEN H S, et al. The complete nucleotide sequence of the mitochondrial genome of *Bactrocera minax* (Diptera: Tephritidae) [J]. PLoS ONE, 9: e100558. doi:10.1371/journal.pone.0100558.
- [6] 王金涛,董永成,李宗镨,等.昆虫不育技术防治柑橘大实蝇研

- 究概况[J].应用昆虫学报,2013,5(3):848-852.
- [7] 汪兴鉴,罗禄裕.桔大实蝇的研究进展[J].昆虫知识,1995,32(5):310-315.
- [8] 鲁红学,何开平,阮华芳,等.柑桔大实蝇生物学特性的研究[J].湖北农学院学报,1997,17(3):169-173.
- [9] WANG J, ZHOU H Y, ZHAO Z M, et al. Effects of juvenile hormone analogue and ecdysteroid on adult eclosion of the fruit fly *Bactrocera minax* (Diptera: Tephritidae) [J]. Journal of economic entomology, 2014, 107: 1519-1525.
- [10] DORJI C, CLARKE A R, DREW R A I, et al. Seasonal phenology of *Bactrocera minax* (Diptera: Tephritidae) in western Bhutan [J]. Bulletin of entomological research, 2006, 96: 531-538.
- [11] DONG Y C, WAN L, RUI P, et al. Feeding and mating behaviour of Chinese citrus fly *Bactrocera minax* (Diptera, Tephritidae) in the field [J]. Journal of pest sciences, 2014, 87: 647-657.
- [12] 覃中强,郭世赞,李红丽,等.长阳县柑橘大实蝇绿色防控措施[J].植物医生,2015,28(6):31-32.
- [13] 李萍,牛长缨,贺倩,等.柑橘大实蝇绿色防控技术挂图[M].北京:中国农业出版社,2013.
- [14] 刘颖,徐鹏辉,陈舟,等.柑橘大实蝇雌成虫卵巢发育的分级[J].华中农业大学学报,2015,34(1):33-37.
- [15] 张小亚,张长禹,韩庆海,等.柑橘大实蝇诱杀方法研究及防治效果初步评估[J].中国植保导刊,2007,27(1):5-8.
- [16] 周晓渭.柑橘大实蝇诱杀技术研究[D].武汉:华中农业大学,2011.
- [17] 易继平,李双华,张光国,等.黄绿色球形诱捕器诱杀柑橘大实蝇技术应用效果[J].中国植保导刊,2015,3(8):34-37.
- [18] 牛长缨,周晓渭,韩鹏,等.一种柑橘大实蝇诱捕器:中国,201020502060.0[P].2010-08-20.
- [19] 欧阳明.诱蝇球:中国,201530192716.1[P].2015-06-12.
- [20] 张小亚,喻法金,韩庆海,等.橘大实蝇对三种寄主植物的偏好比较[J].昆虫知识,2007,44(3):364-366.
- [21] 刘路,周琼,宋傲群,等.柑橘大实蝇对不同柑橘品种的产卵偏好和幼虫取食选择[J].昆虫学报,2014,75(9):1037-1044.

Attracting and killing effects of spherical traps on Chinese citrus fly, *Bactrocera minax*

CHEN Zhenzhong¹ DENG Anshi² ZHU Qun² CHEN Weibin²
XU Xiumei³ ZHENG Hebin³ NIU Changying¹

1. College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;
2. Shimen Station of Plant Protection and Quarantine, Shimen 415300, China;
3. Hunan Station of Plant Protection and Quarantine, Changsha 410005, China

Abstract In this study, spherical traps were used to attract and kill the Chinese citrus fly, *Bactrocera minax*. The control efficiency of the traps was estimated under various factors, including different experimental location, citrus variety, suspension density and suspension time. Results revealed that the flies could be attracted and killed by the spherical traps in different citrus orchards and the control efficiency in naval orange orchards and mandarin orange orchards reached 97.5% and 100%, respectively. In addition, the control efficiency was closely associated with the appropriate suspension density and proper time. It is suggested that the optimum time for the control of *B. minax* adults by the spherical traps was from middle May to early June. According to the density and luxuriant level of citrus trees, we advised that 15 traps be suspended per 666.7 m² of land. In conclusion, the spherical trap not only can monitor the population dynamic of *B. minax* in the field, but also can control this serious insect pest effectively.

Keywords *Bactrocera minax*; spherical trap; suspension density; suspension time; control efficiency