应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(3):669—674

杀虫灯诱杀昆虫的有效距离及生态学参数*

季香云 万年峰 蒋杰贤**

(上海市农业科学院生态环境保护研究所 上海市设施园艺技术重点实验室 上海市低碳农业技术工程研究中心 上海 201106)

摘 要 采用人工标记释放回收技术,探讨了杀虫灯诱杀斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* Fabricius 和甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* Hübner 的有效距离及不同安装高度的诱杀效果。诱杀结果表明,标记释放虫源离灯越远,其灯下回收率越低;灯高 0.8 m 的灯下回收率显著高于灯高 1.3 m。提出了用"可控距离 *CID*"、"诱杀中距离 MTD_{50}"、"诱杀黄金距离 $GTD_{61.8}$"3 个生态学参数量化与规范杀虫灯对昆虫的诱杀距离。拟合结果表明,高 0.8 m 杀虫灯诱杀斜纹夜蛾和甜菜夜蛾的可控距离分别为 115.1 m、110.9 m,诱杀中距离分别为 71.8 m、67.4 m,诱杀黄金距离分别为 61.5 m、57.1m,可控面积分别是 4.2 hm^2、3.9 hm^2;高 1.3 m 杀虫灯诱杀斜纹夜蛾和甜菜夜蛾的可控距离分别为 108.1 m、107.8 m,诱杀中距离分别为 66.6 m、64.7 m,诱杀黄金距离分别为 56.7 m、54.5 m,可控面积分别是 3.7 hm^2、3.6 hm^2。

关键词 杀虫灯,可控距离,诱杀中距离,诱杀黄金距离

Ecological parameters and effective distance of insecticidal lights

JI Xiang-Yun WAN Nian-Feng JIANG Jie-Xian**

(Ecological Environment Protection Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai Key Laboratory of Protected Horticultural Technology, Shanghai Low-carbon Agricultural Technical Engineering Research Center, Shanghai 201106, China)

Abstract The effective distance for light-trapping *Spodoptera litura* Fabricius and *Spodoptera exigua* Hübner, and the relative trapping efficiency of light-traps at two different heights, were studied using mark-release-recapture methods. The results indicate a lower recovery rate of marked insects at longer distances from light traps and that the recovery rate for lights hung at 0.8 m was significantly greater than that of lights hung at 1.3 m. Lights hung at 0.8 m trapped significantly more *S. litura* and *S. exigua* than those at 1.3 m, but lights at both heights trapped both species equally effectively. Three ecological parameters, the Capable Insect-killing Distance (*CID*), the Median Trapping Distance (MTD_{50}) and the Golden Trapping Distance ($GTD_{61.8}$), are proposed to quantify and standardize the effective distance of light-traps. The fitted results show that the *CID* for *S. litura* Fabricius and *S. exigua* using 0.8m high light-traps was 115.1 and 110.9m respectively; the MTD_{50} was 71.8 m and 67.4 m respectively and the $GTD_{61.8}$ was 61.5 m and 57.1 m respectively. The effective trapping area was 4.2 and 3.9 hm^2 respectively. The *CID* for these species using 1.3 m high light-traps was 108.1m and 107.8m respectively, the MTD_{50} was 66.6m and 64.7 m respectively and the $GTD_{61.8}$ was 56.7 m and 54.5 m respectively. The effective trapping area for each species was 3.7 hm^2 and 3.6 hm^2 respectively.

Key words Insecticidal light, capable insect-killing distance, median trapping distance, golden trapping distance

杀虫灯作为一种重要的害虫防治技术,在生产中发挥了重要作用。目前,关于杀虫灯诱杀害虫的报道较多(许方程等,2000;叶曙光等,2000;肖艳等,2001;高文琦和郁樊敏,2003;张广学等,2004;曹欢欢等,2006;高文琦,2006;谢婵娟,2006;熊扬才等,2007;文兆明等,2009),然而,至今并没有确定量化与评价杀虫灯诱杀害虫效果的生态学参数,尤其是针对杀虫灯的控害面积至今

* 资助项目:上海市重大科技攻关项目(08dz1900401、08dz1206000)、国家科技支撑计划(2010BAK69B18)、上海市科技兴农重点攻关项目(沪农科攻字 2004 第 7-4 号)。

**通讯作者,E-mail: jiangjiexian@163.com

收稿日期:2010-11-17,接受日期:2011-01-05

没有科学的定论。为此，本研究采用人工标记释放回收技术（徐广和蒋金炜，2000；吴毅和徐剑，2001；周毅彬和冷培恩，2004；刘军和和朱玉，2009；姚历勇，2010），对 2 种蔬菜重要害虫斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* Fabricius 和甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* Hübner 分别进行标记释放，根据灯下回收数量确定杀虫灯诱杀昆虫的有效距离与效果。

1 材料与方法

1.1 试验区域概况

试验地点位于上海市浦东新区机场镇（北纬 31°10′，东经 121°40′，属亚热带季风气候类型）。试验期间设施园艺场以种植青菜、米苋、蕹菜、杭白菜等绿叶蔬菜为主，番茄、黄瓜、刀豆、豇豆等瓜果茄类蔬菜少量种植。园艺场面积近 100 hm^2，南北、东西向长度均 1 000 m 左右。12V 6W 太阳能杀虫灯（深圳市富巍盛科技有限公司生产，型号 FWS-DBL-1，FWS-DBL-2）安装高度分别为 0.8 m 和 1.3 m，两盏灯南北向相隔 400 m。

1.2 试验设计与方法

采用人工标记释放回收技术。先用荧光笔标记室内饲养的斜纹夜蛾、甜菜夜蛾成虫腹部，然后以杀虫灯为中心点，在距离灯 30、60、90、110、120、140、150 m 处分批次释放，每批次释放时分东、西、南、北 4 个方向，每个方向释放每种成虫 40 ~ 50 头，重复 3 次。释放后第 2 天开始灯下回收统计，每批次连续回收统计 3 d。标记释放时，天气晴好，标记释放时间在 7—10 月间的晚上进行，次日凌晨 06:00 灯下回收并统计标记的成虫数。

1.3 数据处理

本试验数据用 Excel 和 SPSS16.0 数据处理软件进行统计分析、*t* 检验、Duncan's 新复极差测验法和线性拟合。

2 结果与分析

2.1 标记释放虫源灯下回收率

从图 1，2 可见，当标记释放虫源距离杀虫灯 140 m 时，2 种高度的杀虫灯灯下都不能回收到斜纹夜蛾或甜菜夜蛾。在距离杀虫灯 30、60、90、110、120 m 处分别标记释放同种虫源，灯高0.8 m 的灯下回收率均显著高于灯高 1.3 m，表明在离灯相同距离条件下，高 0.8 m 杀虫灯诱杀斜纹夜蛾和甜菜夜蛾的能力均显著强于高 1.3 m 杀虫灯。

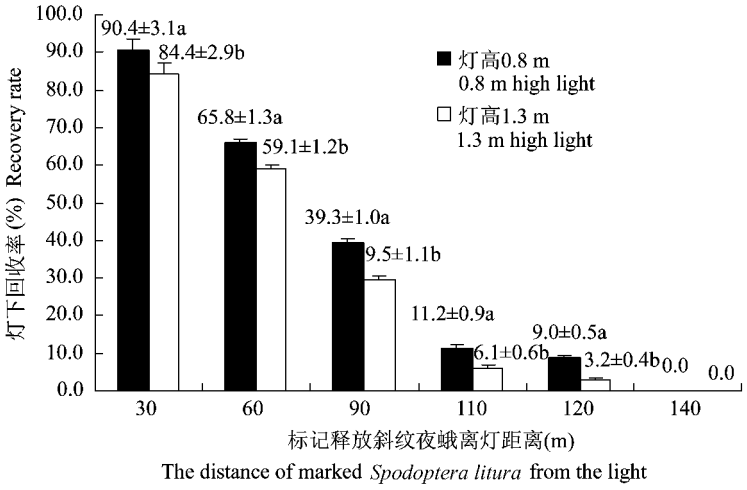

图 1 2 种高度杀虫灯灯下回收斜纹夜蛾效果比较

Fig. 1 The recovery rate comparison of two high lights trapping *Spodoptera litura*

注：杀虫灯安装高度是指杀虫灯灯芯下端离地面的距离；图中数据为平均值 ± 标准误，运用 Duncan's 新复极差测验法进行比较。不同小写字母表示在 5% 水平差异显著。下图同。

The height of light means the distance from the low lampwick to the ground; figure data are means ± *SE*. Different letters indicate significant difference at 0.05 level by Duncan's New Multiple-Range Test. The same below.

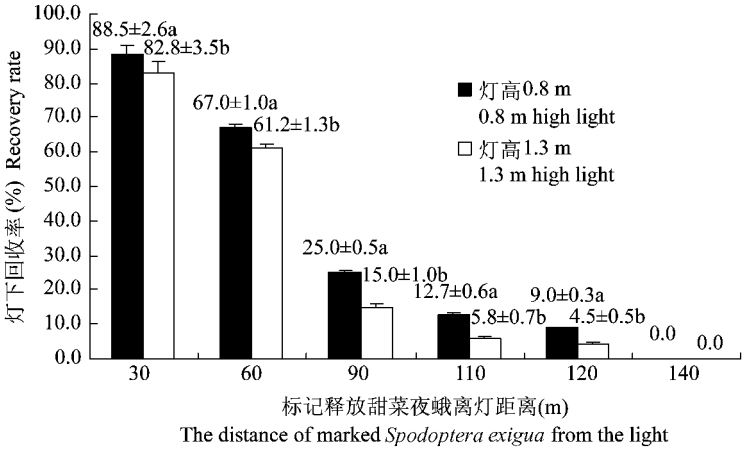

图 2　两种高度杀虫灯灯下回收甜菜夜蛾效果比较

Fig. 2　The recovery rate comparison of two high lights trapping *Spodoptera exigua*

经统计分析,高 0.8 m 杀虫灯灯下诱杀斜纹夜蛾的能力显著强于高 1.3 m 杀虫灯($df = 4$, $t = 8.141$, $P = 0.001$),高 0.8 m 杀虫灯灯下诱杀甜菜夜蛾的能力也显著强于高 1.3m 杀虫灯($df = 4$, $t = 7.033$, $P = 0.002$)。

从图 3,4 可见,无论是斜纹夜蛾还是甜菜夜蛾,虫源扑灯有明显的距离效应,标记释放虫源距离杀虫灯越远,其灯下回收率越低,杀虫灯灯下回收斜纹夜蛾和甜菜夜蛾的次序均为:30 m > 60 m > 90 m > 110 m > 120 m > 140 m。

2.2　杀虫灯诱杀昆虫的生态学参数

为了统一规范和量化杀虫灯诱杀效果,这里提出评价杀虫灯诱杀昆虫的几个生态学参数:在某一特定作物种植布局时空范围内,针对某种安装技术措施的杀虫灯,某种昆虫扑灯的种群数量为零(即灯下回收率为零)时的离灯距离为杀虫灯的"可控距离"(Capable Insect-killing Distance,简称"*CID*"),当灯诱杀到的某种昆虫成虫数量占该时空内该昆虫成虫总数量的 50% 时的离灯距离为杀虫灯的"诱杀中距离"(Median Trapping

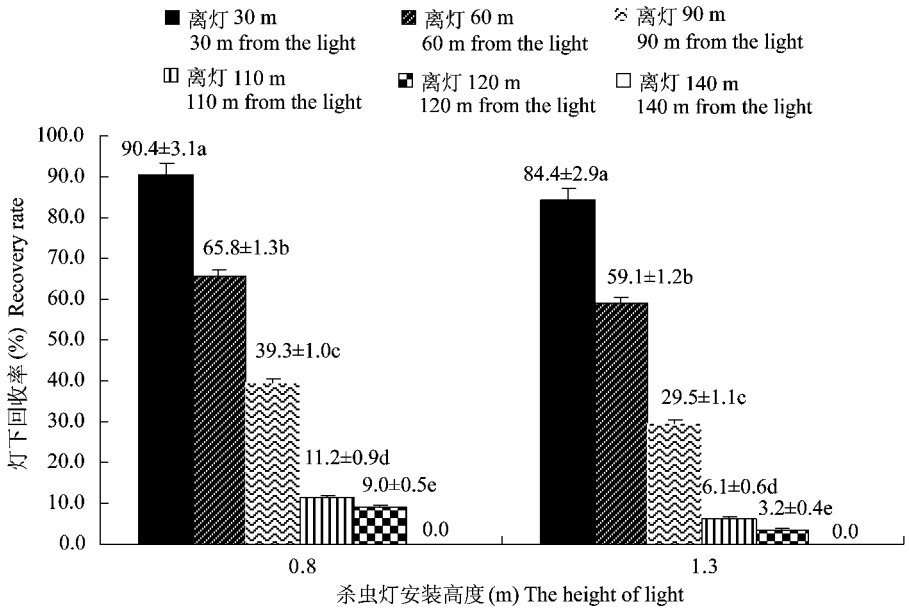

图 3　标记释放点离灯不同距离灯下回收斜纹夜蛾效果比较

Fig. 3　The comparison for the recovery rate of *Spodoptera litura* at the different distance from the light to the marked-releasing point

Distance，简称“MTD_{50}”），当灯诱杀到的某种昆虫成虫数量占此时空内此种昆虫成虫总数量的61.8%时的离灯距离为杀虫灯的“诱杀黄金距离”（Golden Trapping Distance，简称“$GTD_{61.8}$”）。

将标记释放虫种斜纹夜蛾和甜菜夜蛾的灯下回收率（X）与标记释放虫源离灯距离（Y）分别进行回归分析。从表1看出，线性方程拟合达显著水平，灯下回收率与离灯距离之间存在显著的线性关系。

从表1可见，高0.8 m杀虫灯诱杀斜纹夜蛾和甜菜夜蛾的可控距离分别为115.1、110.9 m，诱杀中距离分别为71.8、67.4 m，诱杀黄金距离分别为61.5、57.1 m；高1.3 m杀虫灯诱杀斜纹夜蛾和甜菜夜蛾的可控距离分别为108.1、107.8 m，诱杀中距离分别为66.6、64.7 m，诱杀黄金距离分别为56.7、54.5 m。根据杀虫灯以灯芯为中心点向外以圆弧形发光的原理，将杀虫灯光波涉及的范围视为圆形。按照圆形面积公式，计算出高0.8 m杀虫灯控制斜纹夜蛾和甜菜夜蛾的面积分别是4.2、3.9 hm^2，而高1.3 m杀虫灯可控面积分别为3.7、3.6 hm^2。

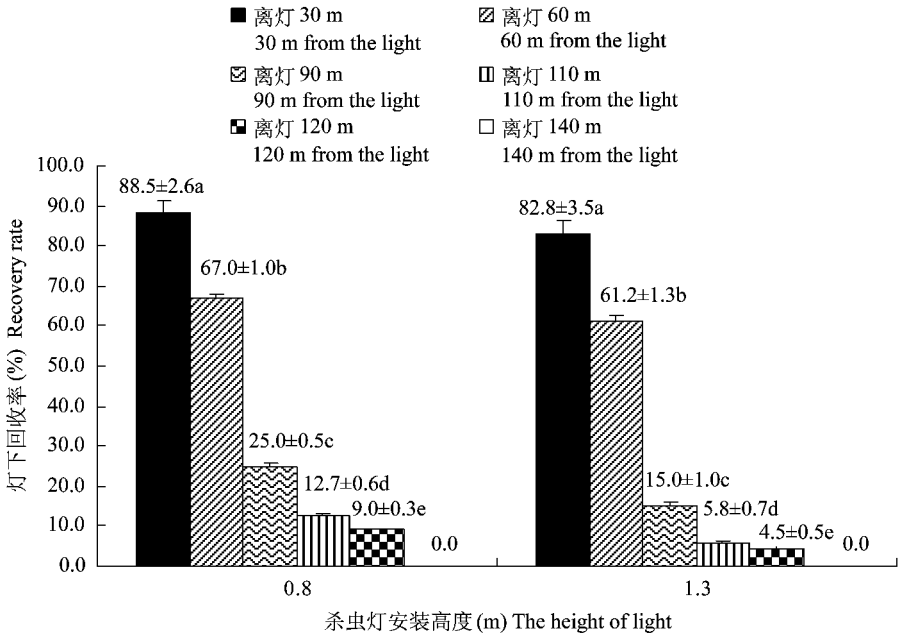

图4 标记释放点离灯不同距离灯下回收甜菜夜蛾效果比较

Fig. 4 The comparison for the recovery rate of *Spodoptera exigua* at the different distance from the light to the marked-releasing point

表1 杀虫灯灯下回收率（X）与标记释放虫源离灯距离（Y）的回归分析

Table 1 Regression analysis between the distance from the light to the marked-releasing point (Y) and recovery rate (X)

杀虫灯安装高度(m) The height of lights	标记释放虫种 Marked-releasing adults	拟合方程 Fitting equation	可控距离 CID (m)	诱杀中距离 MTD_{50} (m)	诱杀黄金距离 $GTD_{61.8}$ (m)
0.8	斜纹夜蛾 *S. litura*	$Y = 115.1 - 0.867X$ ($P = 0.003$, $t = -16.515$)	115.1	71.8	61.5
1.3	斜纹夜蛾 *S. litura*	$Y = 108.1 - 0.831X$ ($P = 0.008$, $t = -10.308$)	108.1	66.6	56.7
0.8	甜菜夜蛾 *S. exigua*	$Y = 110.9 - 0.871X$ ($P = 0.001$, $t = -9.453$)	110.9	67.4	57.1
1.3	甜菜夜蛾 *S. exigua*	$Y = 107.8 - 0.862X$ ($P = 0.002$, $t = -7.300$)	107.8	64.7	54.5

3　讨论

目前,杀虫灯在农林害虫、卫生害虫、储粮害虫防治与预测预报上已有广泛应用(张明等,1994;杨秀军和王克让,1996;姚渭等,2004;胡成志等,2008)。灯光诱杀作为化学防治的有效补充,已成为害虫综合治理中的一项重要措施(胡成志等,2008),特别是在现阶段生态农业和低碳农业生产中,杀虫灯的作用更加明显。截至为止,杀虫灯控害研究主要集中在昆虫的趋光性研究,然而,这并没有从根本上解决生产实践问题。有关杀虫灯的报道主要滞留在诱杀效果上,也未见标记释放技术在杀虫灯诱杀蔬菜夜蛾上的应用报道。杀虫灯到底有多好?控害面积到底有多大?怎样去量化与规范控害面积?学术界至今没有形成共识。

"可控距离 *CID*"揭示出了杀虫灯的有效控害距离,这里的"控害"是指在一定的时空内(如本试验的时间在 7—10 月间,空间是设施园艺场内以种植绿叶菜为主)、某个高度的杀虫灯(如本试验设置的高 0.8 m 和 1.3 m 的杀虫灯)对某种昆虫(如本试验涉及的斜纹夜蛾、甜菜夜蛾)的诱杀能力。同样,"诱杀中距离 MTD_{50}"、"诱杀黄金距离 $GTD_{61.8}$"也是针对特定时空、某个高度的杀虫灯和某种昆虫而言的,不能泛泛而论。

以种植十字花科蔬菜或其他低矮作物为主的大田安装杀虫灯时,装灯高度以距离地面 1 m 以下为宜(王迪轩,2004;郁樊敏等,2007;金星等,2009;薛洪远等,2009)。万年峰等(2008)根据杀虫灯诱杀昆虫节律效果表明,高 0.8 m 杀虫灯对天敌的杀伤作用显著小于高 1.3 m 杀虫灯,诱杀害虫能力显著优于 1.3 m 杀虫灯,与本试验结果一致。

本文提出的 3 个参数对于评价杀虫灯的时空优越性、杀虫灯安装型号及其技术和评价昆虫扑灯能力大小,是大有裨益的,符合生物学意义。"可控距离 *CID*"是评价杀虫灯功率型号及其安装技术的砝码,不同的光源强弱,不同的安装高度,其值是不一样的。"诱杀中距离 MTD_{50}"、"诱杀黄金距离 $GTD_{61.8}$"是评价昆虫扑灯能力大小的准绳,不同的昆虫,其扑灯能力是有所差别的,其值越大,说明某种昆虫在其所处特定的时空内的趋光性越强,越容易扑灯。

限于一些主客观因素的影响,本研究只对蔬菜主要害虫斜纹夜蛾、甜菜夜蛾进行了标记释放,而未将其他害虫进行标记释放,得出的可控面积也许不能代表杀虫灯诱杀昆虫的极限控害面积。本文提出的 3 个参数在开放式或封闭式种植模式下都适用,还可应用于性引诱剂诱捕器和诱虫板控害距离中,可作为生物趋光性、趋波性、趋色性、趋化性、趋声性的有效距离参数,具体应用有待进一步探讨。

致谢:感谢美国俄勒冈州农业局 Barry 教授修改英文摘要!

参考文献(References)

曹欢欢,胡家阳,杨银娟,2006. 佳多频振式杀虫灯对鳞翅目害虫诱杀效果. 上海农业学报,22(4):147—148.

高文琦,2006. 佳多频振式杀虫灯在上海地区蔬菜上控害应用的效益. 植物保护,32(3):102—103.

高文琦,郁樊敏,2003. 频振式杀虫灯诱杀菜田害虫效果试验. 植物保护,29(5):64—65.

胡成志,赵进春,郝红梅,2008. 杀虫灯在我国害虫防治中的应用进展. 中国植保导刊,24(8):11—13.

金星,谈孝凤,刘晋,唐建锋,2009. 频振式杀虫灯在主要农作物上的应用. 贵州农业科学,37(2):53—54.

刘军和,朱玉,2009. 标记-重捕技术研究果园异色瓢虫种群动态. 生物学杂志,26(4):27—29.

万年峰,蒋杰贤,季香云,杨银娟,2008. 设施菜田频振式杀虫灯诱杀效果及害虫扑灯节律初报. 上海农业学报,24(4):65—68.

王迪轩,2004. 杀虫灯确实好安装管理有技巧. 蔬菜,(10):39.

文兆明,韦静峰,彭有兵,2009. 佳多频振式杀虫灯在有机茶园害虫防治中的应用效果. 中国农学通报,25(3):189—192.

吴毅,徐剑,2001. 蝙蝠的采集标记与重捕. 动物学杂志,36(5):33—35.

肖艳,李国武,李平,高纯,李伟,王立忠,陈天林,2001. 佳多频振式杀虫灯在森林害虫测报防治中的应用. 中国森林病虫,20 (3):10—13.

谢婵娟,2006. 频振式杀虫灯在森林害虫测报、防治中的应用. 安徽林业科技,(3):11—12.

熊扬才,李章根,李清平,郭小龙,2007. 频振式杀虫灯在茶园的应用初报. 蚕桑茶叶通讯,(4):40—41.

徐广,蒋金炜,2000. 棉铃虫标放技术研究. 棉花学报,12(5):247—250.

许方程，叶曙光，吴永权，陈再廖，金新昌，2000. 频振式杀虫灯对菜田斜纹夜蛾等害虫的诱杀效果初报. 植物保护，28(2)：55—56.

薛洪远，2009. 频振式杀虫灯在富川蔬菜生产中的应用效果. 广西农学报，24(4)：64—65.

杨秀军，王克让，1996. 黑光灯诱集仓库昆虫的初探. 昆虫知识，33(6)：350—352.

姚历勇，2010. 标捕技术在松墨天牛种群扩散格局中的运用. 林业技术开发，24(4)：113—115.

姚渭，郝绍玉，傅剑萍，2004. YC97B 型储粮害虫数量光电传感探头技术性能快速检测. 粮食储藏，33(6)：7—11.

叶曙光，许方程，吴永汉，陈再廖，2000. 频振式杀虫灯对蔬菜田害虫的控害效果. 植物保护，26(5)：45—46.

郁樊敏，高文琦，沈海斌，2007. 杀虫灯在上海蔬菜生产上的应用. 上海蔬菜，(4)：79—81.

张广学，郑国，李学军，卜军，2004. 从保护生物多样性角度谈频振式杀虫灯的应用. 昆虫知识，41(6)：532—535.

张明，郑光华，张祖培，1994. 双波灯诱集仓虫试验. 商品储运与养护，(4)：15—16.

周毅彬，冷培恩，2004. 蚊虫标记释放回捕技术. 中国媒介生物学及控制杂志，12(6)：485—487.