

昆虫的趋光性与杀虫灯的应用

马健皓, 杨现明, 梁革梅*

(中国农业科学院植物保护研究所/植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

人们常用“飞蛾扑火”来比喻自取灭亡,但是自然界中蛾类等昆虫为什么会扑火呢?经过科学家们长期研究发现:“飞蛾扑火”的秘密主要与昆虫眼睛的特殊结构、昆虫对光线的敏感性生理反应及昆虫的趋光行为习性等相关。利用昆虫对光的这种趋性反应,包括正趋光性和负趋光性,可以对害虫进行行为调控,从而达到防治害虫的目的。利用正趋光性可以诱杀害虫,而利用负趋光性则可趋避害虫。

虽然昆虫的眼睛跟人类等高等动物相比有很大区别,但它们仍然凭借着神奇又美丽的眼睛得到了人们的“青睐”。昆虫的眼睛包括复眼和单眼两类,多数昆虫的复眼在头部占有突出的位置,当你面对昆虫时,它头上那对大大的圆复眼似乎正在“盯”着你,如同一个大眼美女正对你“暗送秋波”。独特又美丽的昆虫复眼不仅仅有着外在美,它们还有着深远的内涵意义,是非常重要的仿生对象。如:仿生学家模拟复眼特性研发了人造同位复眼照相机,它的镜头曲面上嵌有许多独立的微型透镜,与蜻蜓、蜜蜂的眼睛结构类似,这种相机可实现视角和景深极大化,且不会产生轴外像差;模拟蜻蜓复眼结构研制了相控阵雷达,相控阵雷达的天线由无数个小阵元组成,每一个阵元相当于蜻蜓的一个小眼,这样的雷达探测和跟踪目标速度极快。

昆虫的复眼由很多小眼组成,每一个小眼都是一个独立的感光单位。单眼,分为背单眼和侧单眼,只有单独的1个小眼面,有感光功能,但不能调节、也不能成像。有许多昆虫只有复眼、没有单眼,但在像蜻蜓那样有翅善飞的昆虫成虫中,在复眼间常会有背单眼2~3个。而侧单眼多见于幼虫。单眼对光的敏感性比复眼要高好几倍,它能协助复眼判别物体的距离、颜色等,一些生活在黑暗环境中的社会性昆虫如蚁类和蜜蜂等,就是利用单眼来分辨明暗和物体位置。

昆虫复眼的曲面向外突出,因此视野广阔,例如,满头都是眼的头蝇就有着在水平和垂直方向都可以达到或接近360°的绝佳视觉范围。昆虫复眼中小眼的数目、大小和形状在各种昆虫中差异很大,小眼数量愈多,分辨率越高,视野通常愈宽广,这在飞行昆虫中尤为突出,而无翅和寄生性昆虫往往无复眼。至于为什么昆虫的复眼要长成这样,当然是为了“眼观六路”,以便它们更快地找到目标。

昆虫所能感受的颜色波长与人类明显不同,昆虫的复眼对光波的敏感范围比人类宽,分辨力也与人类不同。昆虫种类不同,其感受波长的范围也有所区别,昆虫可感受的波长约从240 nm(紫)~650 nm(橙),大多数昆虫无法感受长波长的红色。而人类能够直接视觉到的是可见光谱(390~700 nm)。也就是说昆虫不仅能识别色彩,如很多昆虫对紫外光和蓝绿色光特别敏感,蚁、蝶和萤类昆虫则被红光吸引,而且昆虫能看到人眼不能直接视觉到的光波。昆虫对移动物体的反应十分敏感,当一个物体突然出现时,蜜蜂只要0.01秒就能做出反应,捕食性昆虫对移动物体反应能力更加迅速敏捷。

趋光性是昆虫在长期适应环境的过程中形成的一种本能反应,特定范围的光对这些昆虫来说,有不可抗拒的“吸引力”。利用昆虫的趋光性可以进行害虫的监测和防治,如利用蚜虫对银灰等光色的负趋向性趋避蚜虫,利用夜出型蛾类昆虫晚上对一定波长范围黄色光的忌避性进行防蛾;利用昆虫对光的正趋性,最常见的方法就是杀虫灯(夜间使用)或诱虫板的应用(日间使用)。

我国最早记载利用昆虫的趋光性进行大规模诱杀害虫是在公元716年,当时山东发生大蝗灾,根据蝗虫“蝗既解飞,夜必扑火”的习性,采用夜里堆设火场,火堆边挖出隔离坑道,边焚烧边掩埋的开沟诱杀

收稿日期:2019-03-20

基金项目:国家重点研发计划(2017YFB0403905)

作者简介:马健皓, E-mail: 18626564142@126.com; *通信作者, 研究员, E-mail: gmliang@ippcaas.cn.

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2019.04.023

捕蝗法,成功地扑灭了蝗灾。在我国最早普遍采用的是普通灯光诱虫,如白炽灯、汽灯、油灯等,20世纪六七十年代后又相继研发了黑光灯、高压汞灯。黑光灯可以释放出紫光和紫外光,可引诱对紫外光有趋性的昆虫;高压汞灯可以辐射出黄橙色光,可诱杀能感知黄橙色光谱的昆虫,曾被广泛应用于农林害虫的监测和防治。20世纪90年代后频振式杀虫灯问世,采用“近光远波”、灯外配以频振式高压电网触杀的方式对昆虫进行诱杀,诱虫种类广泛,效果良好,突破了昆虫无法感知远距离光线的局限性,推进了害虫灯诱技术的发展。虽然频振式杀虫灯克服了以往杀虫灯诱虫效果较差、使用安全差等问题,但仍然存在杀虫灯光谱范围广、在诱杀害虫的同时也杀死了天敌、破坏自然生态平衡和生物多样性等弊端。

国外利用灯光诱捕害虫始于20世纪30年代,但由于已有的杀虫灯对天敌昆虫的杀伤力强,大多数农业发达国家更倾向于利用灯光诱捕技术对活动性强、多食性的入侵生物或夜行性的农业害虫进行监测和预报,而在开放环境中直接采用灯诱技术作为害虫治理措施的相对较少。但随着各国对高毒杀虫剂的进一步限制使用,近年来发达国家对灯诱技术的应用兴趣逐步回升,特别是日本在基于LED的选择性光源的研发上开始了系统研究。

随着研究的深入,新型的诱虫灯正在不断地被开发和改进,如太阳能诱虫灯、双波灯、LED灯等,主要目的是从节约能源上改进诱虫灯,最主要的是针对性地改进诱虫灯光谱,使其更高效地诱杀害虫、同时减少对天敌的误伤,保护天敌。近年来,科学家们还从昆虫和天敌的复眼显微结构、视觉感受光谱的生理、电生理等多个角度研究害虫和天敌对不同波长光线的感受机理,从视觉感受基因及光刺激下相关基因反应等多方面探讨害虫和天敌的视觉感受分子机制,以期揭示害虫和天敌感受光谱的内在机制及其差异所在。

目前国家重点研发计划中,也设立了“病虫害防治LED应用关键技术研究示范”课题,针对目前的诱虫灯选择性差的技术瓶颈进行攻关研究。我们以害多种作物的棉铃虫、金龟子等重要害虫为对象,利用不同波长的LED灯在成虫高峰期进行诱集试验,同时比较各个波长LED灯对瓢虫、草蛉等天敌的引诱作用,发现利用波长范围较小的LED灯可以显著降低诱集到的昆虫中有益天敌的比率,减小对天敌的误伤,这表明利用特定波长可以实现选择性诱虫技术的研发。基于这些研究结果,我们将针对不同农业生态区、不同作物及其靶标害虫、主要天敌种类组成情况,发展筛选由单一波长或复合波长组成的特定光源,利用LED精准配光技术,研制新型杀虫灯,在确保害虫诱杀效果的基础上有效降低对有益天敌昆虫的诱集误伤作用,为LED杀虫灯在绿色农业中更好的应用奠定基础。

参 考 文 献

- [1] Briscoe A D, Chittka L. The evolution of color vision in insects[J]. *Annual Review of Entomology*, 2001, 46: 471-510.
- [2] Kleef J V, Berry R, Stange G. Directional selectivity in the simple eye of an insect[J]. *Neuroscience*, 2008, 28(11): 2845-2855.
- [3] 边磊, 孙晓玲, 高宇, 等. 昆虫光趋性机理及其应用进展[J]. *应用昆虫学报*, 2012, 49(6): 1677-1686.
- [4] 靖湘峰, 雷朝亮. 昆虫趋光性及其机理的研究进展[J]. *昆虫知识*, 2004, 41(3): 198-203.
- [5] 刘红霞, 彩万志. 昆虫单眼的结构和功能[J]. *昆虫知识*, 2007, 44(4): 603-607.
- [6] 刘立春. 昆虫趋光行为的初步观察[J]. *南京农学院学报*, 1982, 2: 52-59.
- [7] 吴福楨, 管致和, 马世骏, 等. 中国农林百科全书(昆虫卷)[M]. 北京: 农业出版社, 1990, 14-61.
- [8] 武予清, 段云, 蒋月丽. 害虫的灯光防治研究与应用进展[J]. *河南农业科学*, 2009, 9: 127-130.
- [9] 张纯胄, 杨捷. 害虫趋光性及其应用技术的研究进展[J]. *华东昆虫学报*, 2007, 16(2): 131-135.
- [10] 赵建伟, 何玉仙, 翁启勇. 诱虫灯在中国的应用研究概况[J]. *华东昆虫学报*, 2008, 17(1): 76-80.