

太阳能灭虫器对吐鲁番葡萄产区害虫的诱捕效果及对天敌安全性评价*

阿衣巴提·托列吾^{1**} 穆肖云¹ 张茂新² 张付春³ 马德英^{1***}

(1. 新疆农业大学农学院 乌鲁木齐 830052; 2. 华南农业大学昆虫生态实验室 广州 510642;

3. 新疆农业科学院园艺作物研究所 乌鲁木齐 830091)

摘 要 本文研究了 FWS-DBL-I 新型太阳能灭虫器在 320~580、360、400、460 和 520 nm 5 种不同波长下对吐鲁番葡萄产区害虫的诱捕效果及对天敌安全性。结果表明:在 5 种波长下,灭虫器诱捕昆虫的种类相似,以鞘翅目、鳞翅目、半翅目、脉翅目、双翅目、直翅目和膜翅目等为主。诱捕的主要昆虫是蜉金龟 *Aphodius* sp.、白云斑鳃金龟 *Polyphylla alba vicaria* Semenov、额喙丽金龟 *Adoretus nigrifrons* Steven、毛喙丽金龟 *Adoretus hirsutus* Ohaus、绣罗夜蛾 *Leucanitis picta* Christoph 和淘赏夜蛾 *Catocala puerpera* Giorna 等。其中:灭虫器在 400 nm 波长下的诱捕量最多,其次是 320~580 nm 和 360 nm 波长。综合分析比较:400 nm 波长对鞘翅目害虫的诱捕效果最好,360 nm 波长对鳞翅目和双翅目害虫的诱捕能力最强,520 nm 波长对半翅目害虫的诱捕效果最好。对天敌的安全性研究表明:FWS-DBL-I 太阳能灭虫器对天敌有一定的诱捕作用,益害比为 1:4~1:5。诱捕量较多的是步甲科和草蛉科的天敌,占天敌总诱捕量的 85.82%。在这 5 个波长中,360 nm 波长下,灭虫器对天敌的诱捕作用最小,对天敌的安全性相对较高。

关键词 FWS-DBL-I 太阳能灭虫器, 葡萄, 害虫, 诱捕效果, 天敌, 安全性评价

Evaluation of the effectiveness of the FWS-DBL-I solar insect killer and its safety with respect to predatory insects in the Turpan grape growing region

Ayibati·Tuoliewu^{1**} MU Xiao-Yun¹ ZHANG Mao-Xin² ZHANG Fu-Chun³

MA De-Ying^{1***}

(1. College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

3. Institute of Horticultural Crops, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China)

Abstract The effectiveness of the FWS-DBL-I solar insect killer at killing pest insects and its safety with regard to their natural enemies was investigated in the Turpan grape growing region. The results indicate that the species of insects trapped at 5 different light wavelengths (320 – 580, 360, 400, 460 and 520 nm) were very similar. The main insects caught were from the orders Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Neuroptera, Diptera, Orthoptera and Hymenoptera, the main species being *Aphodius* sp., *Polyphylla alba vicaria* Semenov, *Adoretus nigrifrons* Steven, *Adoretus hirsutus* Ohaus, *Leucanitis picta* Christoph and *Catocala puerpera* Giorna. The number of insects trapped did, however, differ between the 5 wavelengths tested; most insects were caught at 400 nm, a lesser number at 320 – 580 nm and the least at 360 nm. Most Coleoptera were caught at 400 nm but most Lepidoptera and Diptera were caught at 360 nm and most Hemiptera at 520 nm. With regard to catching the natural enemies of insect pests, ratios of natural enemies to pests ranged from 1:4 – 1:5. Chrysopidae and Carabidae were the main natural enemies caught comprising 85.82% of the total. The least quantity of

* 资助项目:新疆维吾尔自治区科技支疆项目计划(指令性)项目(20091118)、新疆维吾尔自治区重点学科森林培育。

**E-mail:bota1314@126.com

***通讯作者,E-mail:mdyxnd@163.com

收稿日期:2012-01-10,接受日期:2012-04-16

natural enemies was trapped at 360 nm.

Key words solar insect killer, grape, insect, trapping effect, natural enemy, safety evaluation

杀虫灯的主要工作原理是利用昆虫趋光的习性诱集和杀灭害虫。我国从 20 世纪 50 年代开始以白炽灯监测水稻螟虫,后来在棉区针对害虫的测报工作开始逐步使用黑光灯(刘立春,1994;胡成志,2008)。从 1958 年开始使用黑光荧光灯诱集棉红铃虫及其他棉虫(曹赤阳,1958)。到 1964 年开始大面积应用黑光灯诱捕农田害虫,且推广效果显著(桂承明等,1964)。近年来,灯光诱捕已成为害虫综合治理中的一项重要措施,特别是在现阶段无公害农业、绿色农业和有机农业生产中作用显著。夜蛾科害虫大多数幼虫植食性,为害方式多种多样,有的钻入地下为害,咬断植株根茎、幼苗;有的蛀茎或蛀果为害;有的则暴露在寄主表面为害等(迟立鹏等,2005)。在 20 世纪 60 年,利用昆虫复眼的绿-黄光感受器的生物学功能(昆虫的忌避性),忌避灯光黄色灯开始用于蛾类害虫防治(称防蛾灯),对包括斜纹夜蛾 *Prodenia litura* Fabricius、甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* Hübner、甘蓝夜蛾 *Mamestra brassicae* Linnaeus 和小菜蛾 *Plutella xylostella* L. 等夜蛾科害虫表现较好的防治效果(武予清等,2009)。金龟科害虫主要以幼虫为害作物的根系,白云斑蛱金龟 *Polyphylla alba vicaria* Semenov 取食包括林木在内的多种植物根,在农业生产中,主要为害果树和葡萄根系,以及马铃薯、甜菜和草莓的地下根茎。额喙丽金龟 *Adoretus nigrifrons* Steven 成虫取食桃、杏、苹果、梨等果树叶片,幼虫危害果树及林木的根部。主要分布于阿富汗、中亚、新疆、宁夏、甘肃等地。蜉金龟 *Aphodius* sp. 主要为粪食、腐食性类群,生存于家畜粪堆及粪堆下的土壤中,能迅速处理牛、马等动物粪便,清洁环境,也有个别种类为害作物幼芽的记载(姜莉莉等,2008)。根据害虫的生活习性和杀虫灯的工作原理及特点合理地使用杀虫灯,研制新的节能型杀虫灯是近期利用灯光诱杀害虫领域的研究热点(张纯胃和杨捷,2007;万年峰等,2008;徐进等,2010)。目前在生产上应用于害虫防治的自体发光光源主要包括紫外光:如频振式杀虫灯、黑光灯;混合光:如高压汞灯、白炽灯;黄色光:如钠灯、LED 灯、黄色荧光灯等(段云等,2009;武予清等,2009)。防治害虫灯

具(如黑光灯、频振式杀虫灯)均是利用昆虫对小于 480 nm 光波的趋性,特别是利用紫外光和近紫外光(频振式杀虫灯光波 420 nm 以下,专利技术)最为普遍。为了更好地发挥灯光诱捕害虫的作用,同时达到节能减排和保护环境的作用,深圳富巍盛科技有限公司采用弱光性(非晶硅)太阳能电池板,免维护的镍氢电池技术,将太阳能转换为电能储存利用,研发了 FWS-DBL-1 新型智能型太阳能灭虫器。并且对灯光的光波频率和不同波长进行综合调整,利用最佳波长、瞬间多变的光色及光波共振等原理高效诱捕害虫。本文首次研究了在不同工作波长下,FWS-DBL-1 太阳能灭虫器对新疆吐鲁番葡萄产区害虫的诱捕效果及对天敌安全性评价,为该灭虫器在新疆干旱区绿洲农业葡萄产区的害虫防治提供科学的参考依据,同时丰富了针对不同波长的灯光诱捕害虫的特点及对天敌的安全性等理论的研究,为灯光诱捕害虫技术的发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料:葡萄品种为无核白,树龄 5 ~ 10 年。

太阳能灭虫器:富巍盛 FWS-DBL-1 智能太阳能灭虫器,通过能源转化器将太阳能转化为电能,输出安全电压,具备现代智能技术,利用日光强度控制每天的开灯和关灯。

1.2 试验地点

吐鲁番市亚尔乡的吐鲁番地区农业科技示范园,试验园共 4 hm²。

1.3 试验方法

设置 5 个不同波长处理:320 ~ 580 (通用波长)、360、400、460 和 520 nm,每处理重复 3 次。由于葡萄藤蔓高,对灯有遮挡的作用,灭虫器安放密度 1 台/0.27 hm²,在示范园区的葡萄种植区内随机区组排列。将每个灭虫器所带黄色昆虫诱集水盆中盛放清水并添加浓度约为 1% 的洗衣粉,水量添加至水盆的固定孔处。每隔 5 d 换 1 次洗衣粉水,灯泡和水面相距 30 cm 左右。挂灯时间

2010年6月6日至7月31日共55 d。自灭虫器放置好起,每5 d调查记载诱捕的昆虫种类和数量。试验期间保证太阳能板的清洁,以便更好地吸收光能;及时对诱捕的虫体进行收集、整理、计数及鉴定。定期对系统内各接口进行检查,确保灭虫器正常工作。

1.4 数据处理

所有调查数据均用 Excel 2003 和 SPSS 进行分析,方差分析采用 Duncan's 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 不同波长灭虫器对各类昆虫的总诱捕效果比较

试验结果表明,不同波长灭虫器总共诱捕昆虫10目、40科、33属、66种。由于昆虫对不同波长光的趋性差异,不同波长灭虫器诱集的昆虫种类相似而数量差异较大(表1)。在供试的5个波长范围中,以400 nm波长灭虫器的总诱虫量最高,整个调查期间的总诱虫量达到5 380.7头/灯,

然后依次是320~580 nm>360 nm>520 nm>460 nm。诱捕的昆虫主要以鞘翅目、鳞翅目、脉翅目、双翅目、直翅目、半翅目和膜翅目等为主(图1)。不同波长灭虫器对鞘翅目和鳞翅目昆虫诱捕效果好,其次是脉翅目和双翅目昆虫。对鞘翅目昆虫诱捕效果由多到少的波长顺序是:400 nm>320~580 nm>360 nm>520 nm>460 nm;对鳞翅目昆虫诱捕效果由多到少的波长顺序是:360 nm>320~580 nm>520 nm>400 nm>460 nm。综合分析比较,400 nm波长对鞘翅目害虫的诱捕效果最好,360 nm波长对鳞翅目和双翅目害虫的诱捕能力强,520 nm波长在半翅目害虫的诱捕中表现优势。

田间观察表明,不同波长的灭虫器对天敌都具有一定的诱捕作用(表1),在5个波长下,诱捕昆虫的益害比为1:4~1:5。其中在360 nm波长时对天敌诱捕量最少,仅占总诱捕虫量的16.3%,而在320~580 nm时,捕虫器对天敌的诱捕比例最高,达21.4%。

表1 不同波长灭虫器总诱虫量比较

Table 1 The comparison on total quantity of trapped insects between 5 different wavelengths of FWS-DBL-1 solar insect killer

波长 (nm) Wavelengths (nm)	主要害虫 (头/灯) Quantity of main pests (heads/light)	天敌 (头/灯) Natural enemy (heads/light)	日诱虫量 (头/灯) Day quantity of trapped (heads/light)	总诱虫量 (头/灯) Total quantity of trapped (heads/light)	害虫比 例 (%) Ratio of pests (%)	天敌比 例 (%) Ratio of natural enemy (%)	益害比 Ratio of nature enemy to pest
320—580 nm	4 227.3	1 153.3	97.8 a	5 380.7	78.6	21.4	1:4
360 nm	4 447.7	864.7	96.6 a	5 312.3	83.7	16.3	1:5
400 nm	4 548.3	1 059.3	102.0 a	5 607.7	81.1	18.9	1:4
460 nm	2 820.3	649.7	63.1 a	3 470.0	81.3	18.7	1:4
520 nm	3 880.7	954.3	87.9 a	4 835.0	80.3	19.7	1:4

注:益害比=天敌/主要害虫。同列数据后标有不同小写字母表示不同处理间具显著性差异($P<0.05$),采用 Duncan's 新复极差法。

Ratio of nature enemy to pest = quantity of natural enemy/quantity of pest. Data followed by different letters within the same column indicate significant difference at 0.05 level by Duncan's multiple range test.

2.2 不同波长灭虫器对蚜金龟的诱捕效果

蚜金龟是不同波长灭虫器诱捕量最大的昆虫。本次诱捕的蚜金龟属昆虫还在鉴定中,对其食性及危害性等还不了解,有待进一步研究。图2(I)看出,蚜金龟的发生时间较长,5个波长对该昆

虫的诱集动态一致。调查期内,7月1日是蚜金龟的发生高峰期。由图2(II)看出,尽管在400 nm波长下,灭虫器对蚜金龟的诱捕量最大,平均诱捕量853.9头/灯,但方差分析表明,不同波长灭虫器对蚜金龟的诱捕量间差异未达显著性水平。

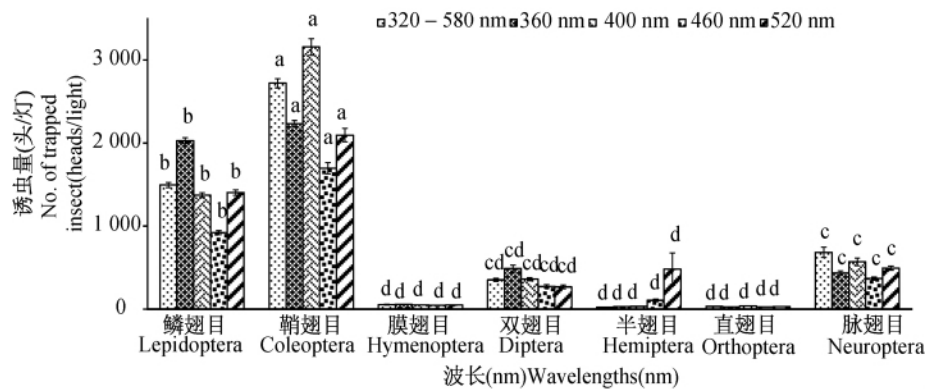


图 1 不同波长灭虫器对不同目昆虫的诱捕效果

Fig. 1 Trapping effect from 5 different wavelengths of FWS-DBL-1 solar insect killer to different orders of insect

注:数据上标有不同小写字母表示不同处理间具显著性差异 ($P < 0.05$) (Duncan's 新复极差法)。下图同。
Histograms followed by different letters indicate significant difference at 0.05 level by Duncan's multiple range test. The same below.

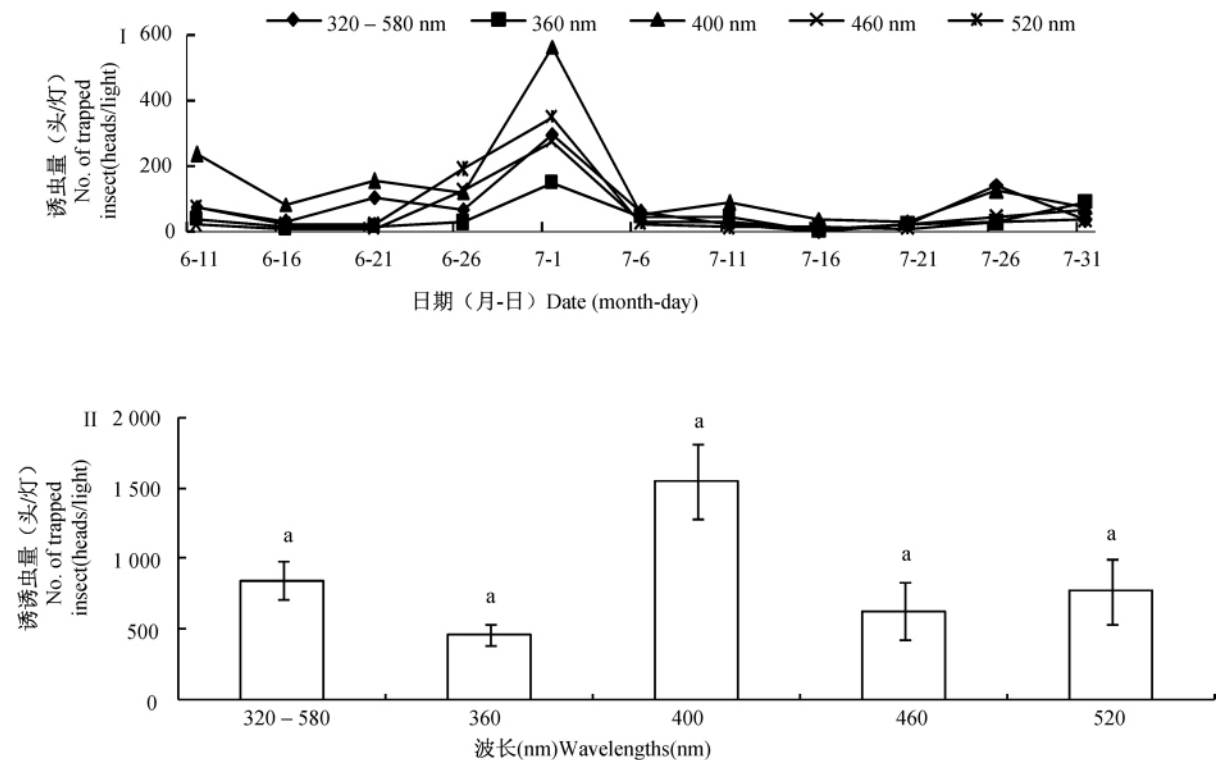


图 2 不同波长灭虫器对蜉金龟的诱捕效果

Fig. 2 Trapping effect from 5 different wavelengths of FWS-DBL-1 solar insect killer to *Aphodius* sp.

I: 诱集动态; II: 诱捕量。

I: trapping dynamic; II: quantity of trapped insects.

2.3 不同波长灭虫器对主要害虫的诱捕效果

通过对 5 个波长灭虫器对害虫的诱捕效果比较看出,不同波长灭虫器诱捕的昆虫种类相似,但

数量不同。诱捕量最大的前 5 类害虫主要是白云斑蛄金 *Polyphylla alba vicaria* Semenov、额喙丽金龟 *Adoretus nigrifrons* Steven、毛喙丽金龟 *Adoretus*

hirsutus Ohaus、绣罗夜蛾 *Leucanitis picta* Christoph、淘赏夜蛾 *Catocala puerpera* Giorna。总体比较,不同波长灭虫器对金龟总科害虫的诱捕效果最好。

2.3.1 不同波长灭虫器对白云斑鳃金龟的诱捕效果 白云斑鳃金龟在吐鲁番地区发生量较大,是不同波长灭虫器诱集数量较大的害虫之一。由图 3(I) 看出,5 个不同波长灭虫器对白云斑鳃金龟的诱集动态一致,6 月 21 日是白云斑鳃金龟诱

捕高峰期,7 月 1 日趋于终止。

由图 3(II) 可见,不同波长对白云斑鳃金龟的诱捕量有显著性差异,其中在 360 nm 波长下的诱捕效果最好,总诱捕量达到 1 326 头/灯,日均诱捕量 24 头。320~580 nm 波长时,捕虫器对白云斑鳃金龟的诱捕效果也很显著,接近于 360 nm 波长下的诱捕效果,在 460 nm 波长下的诱捕量最低。

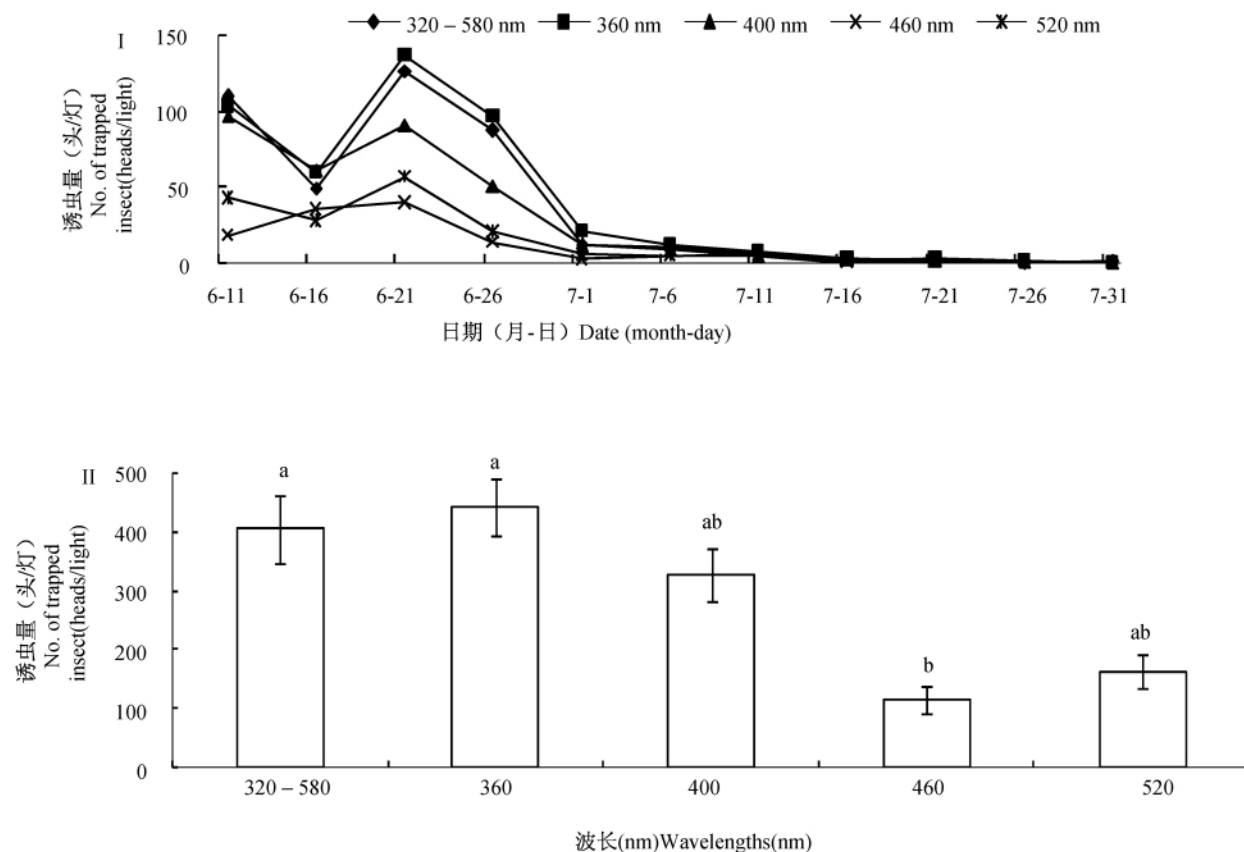


图 3 不同波长灭虫器对白云斑鳃金龟的诱捕效果

Fig. 3 Trapping effect from 5 different wavelengths of FWS-DBL-1 solar insect killer to *Polyphylla alba*

I: 诱集动态; II: 诱捕量。

I: trapping dynamic; II: quantity of trapped insects.

2.3.2 不同波长灭虫器对额喙丽金龟的诱捕效果 由图 4(I, II) 看出,额喙丽金龟在整个调查期内发生数量稳定,波动幅度小,持续时间长,5 个不同波长灭虫器的诱集动态一致,诱捕量差异不显著。

2.3.3 不同波长灭虫器对毛喙丽金龟的诱捕效果 由图 5(I) 看出,毛喙丽金龟的发生动态与额喙丽金龟不同。6 月 11 日是诱捕高峰期,随后

数量逐渐下降,但一直持续到 7 月底。5 个不同波长灭虫器对毛喙丽金龟的诱集动态一致。6 月 11 日—6 月 21 日期间,360 nm 诱捕效果较其他波长高。但图 5(II) 表明 5 个波长对毛喙丽金龟的诱捕量差异未达显著性水平。

2.3.4 不同波长灭虫器对夜蛾科害虫的诱捕效果 绣罗夜蛾和淘赏夜蛾是诱捕量最高的 2 种夜蛾科害虫。图 6(I) 表明,绣罗夜蛾的诱捕高峰期

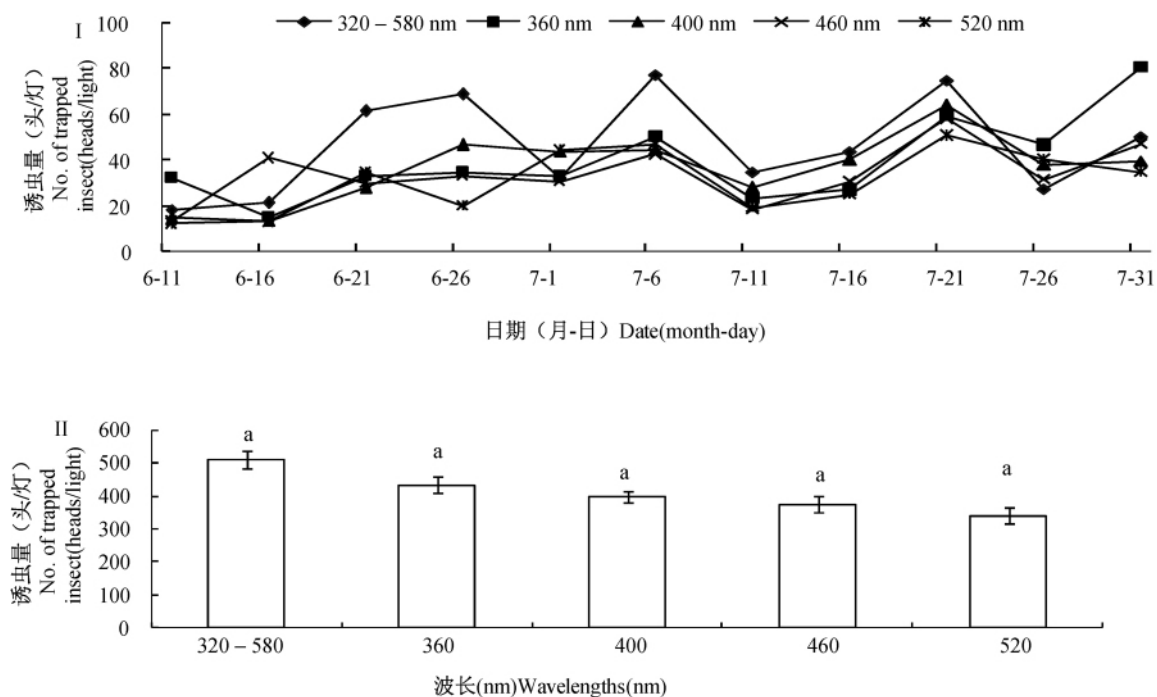


图4 不同波长灭虫器对额喙丽金龟的诱捕效果

Fig. 4 Trapping effect from 5 different wavelengths of FWS-DBL-1 solar insect killer to *Adoretus nigriforns*

I: 诱集动态; II: 诱捕量。

I: trapping dynamic; II: quantity of trapped insects.

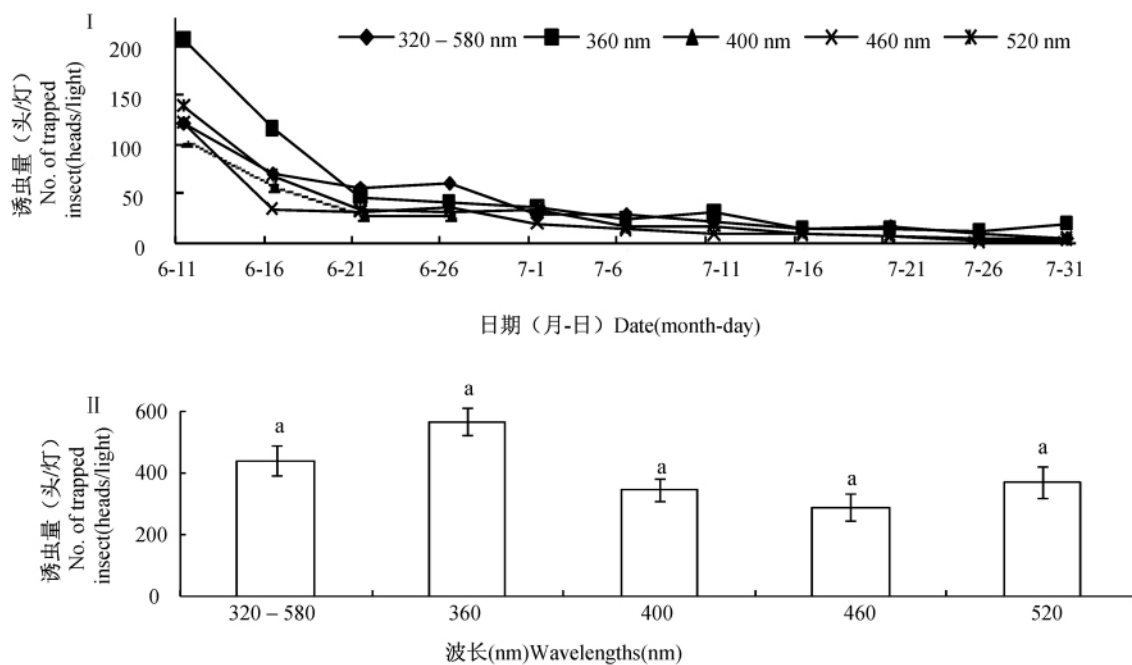


图5 不同波长灭虫器对毛喙丽金龟的诱捕效果

Fig. 5 Trapping effect from 5 different wavelengths of FWS-DBL-1 solar insect killer to *Adoretus hirsutus*

I: 诱集动态; II: 诱捕量。

I: trapping dynamic; II: quantity of trapped insects.

在6月中旬,随后数量逐渐下降,但一直持续到7月底。5个不同波长灭虫器对绣罗夜蛾的诱集动态一致,360、320~580 nm的诱捕量大。图6(II)

表明,不同波长灭虫器对绣罗夜蛾诱捕量达显著性差异,由多到少的波长顺序是:320~580 nm > 360 nm > 400 nm > 520 nm > 460 nm。

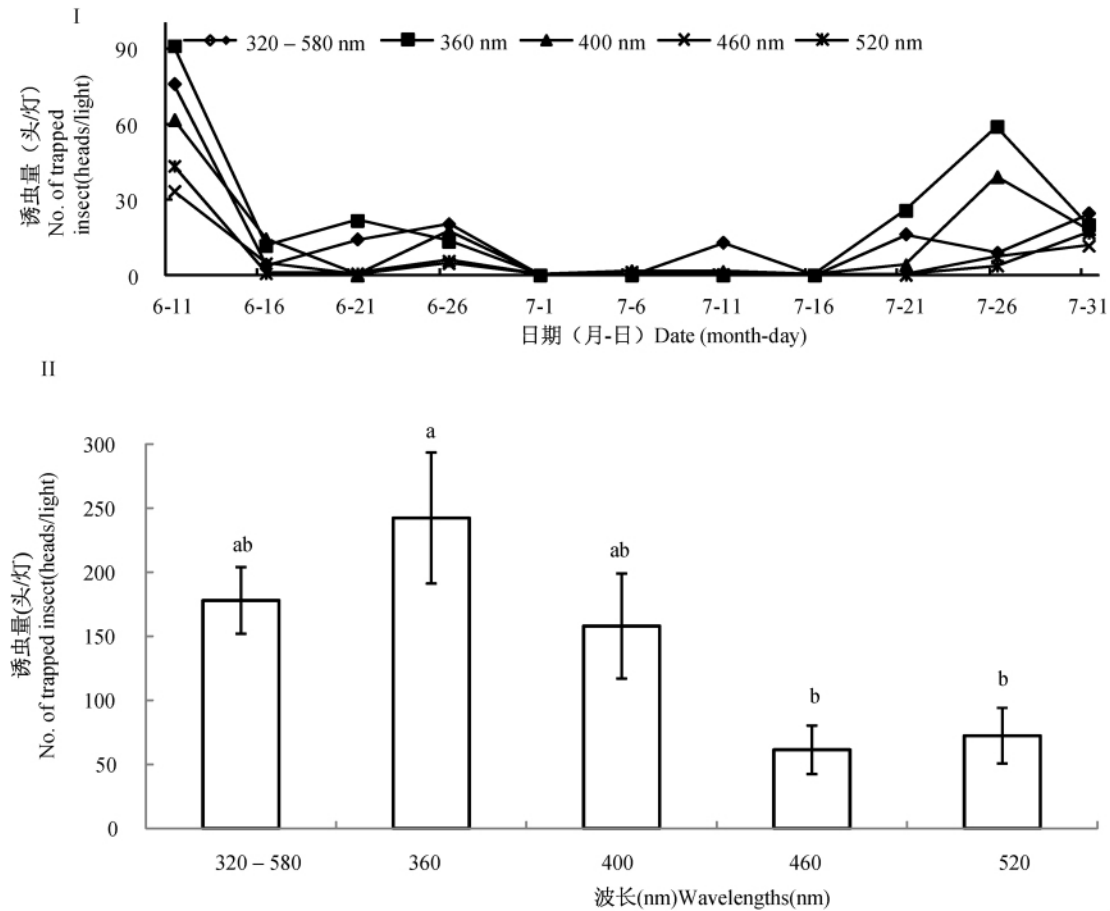


图6 不同波长灭虫器对绣罗夜蛾的诱捕效果

Fig.6 Trapping effect from 5 different wavelengths of FWS-DBL-1 solar insect killer to *Leucanitis picta*

I: 诱集动态; II: 诱捕量。

I: trapping dynamic; II: quantity of trapped insects.

图7(I)表明,淘赏夜蛾的诱捕动态与绣罗夜蛾不同,在调查期内有6月中旬和7月26日2个发生高峰。5个波长灭虫器的诱集动态一致,但诱捕量都比较低。图7(II)表明,不同波长灭虫器对淘赏夜蛾诱捕量达显著性差异,而由多到少的波长顺序是:360 nm > 320~580 nm > 400 nm > 520 nm > 460 nm。

2.4 不同波长灭虫器对天敌昆虫的影响

由图8得知,不同波长灭虫器对步甲科和草蛉科天敌的诱捕量较大,占天敌诱捕总量的39.12%和46.70%,诱捕量较多的天敌种类是背

毛甲属 *Epitrichia* sp.、中华草蛉 *Chrysoperla sinica* Tjeder、普通草蛉 *Chrysopa carnea* Stephens 等。460 nm 波长下,灭虫器对以上2类天敌的诱捕量较小。

从图9看出,5种波长灭虫器对草蛉科害虫的诱集动态基本一致,不同波长下诱捕量间无显著差异。从时间动态观察,发现7月6日和7月21日出现2个诱集高峰,对草蛉科天敌的诱捕量最大。对草蛉科天敌7月1日与7月6日2 d不同波长诱捕量进行方差分析达显著性差异水平,而7月16日和7月21日的诱捕量分析未达显著性差

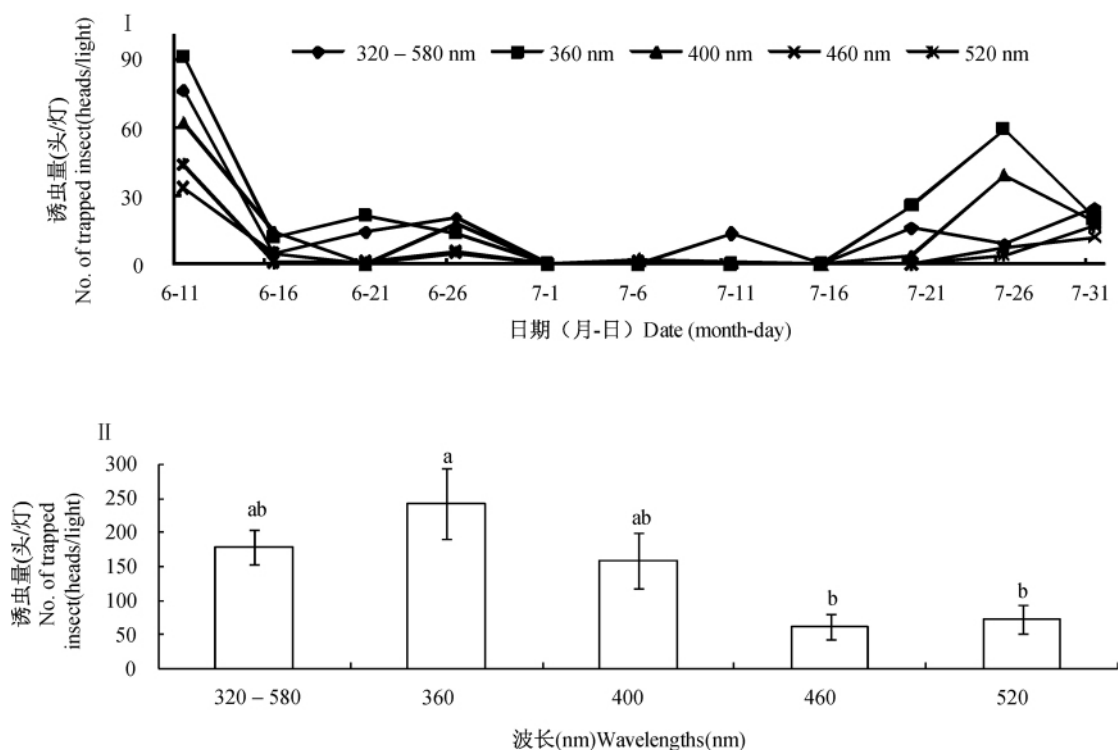


图7 不同波长灭虫器对淘赏夜蛾的诱捕效果

Fig. 7 Trapping effect from 5 different wavelengths of FWS-DBL-1 solar insect killer to *Catocala puerpera*

I: 诱集动态; II: 诱捕量。

I: trapping dynamic; II: quantity of trapped insects.

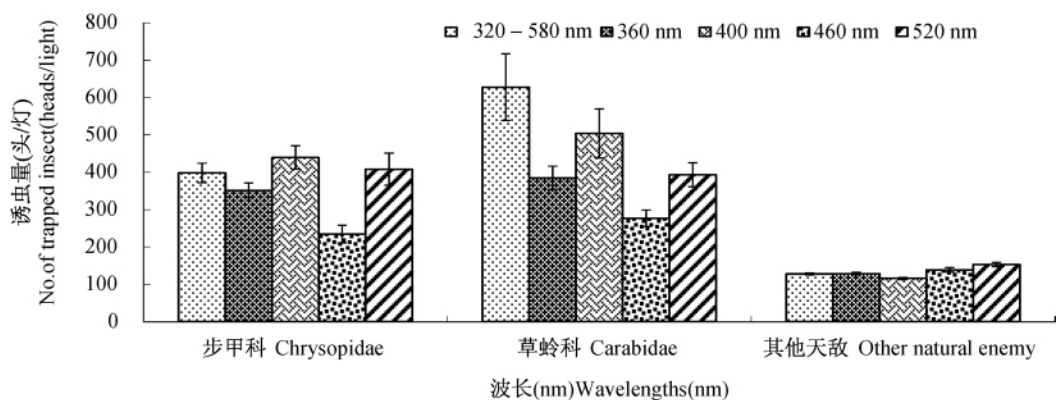


图8 不同波长灭虫器对天敌的诱捕作用

Fig. 8 Trapping effect from 5 different wavelengths of FWS-DBL-1 solar insect killer to natural enemy

异水平。如果在这2个时间段关闭灭虫器,将显著减少对草蛉科天敌的诱捕量。

从图10对步甲科天敌的诱捕作用比较看出,6月11日是不同波长灭虫器对步甲科天敌诱捕量最大的时期,6月16日之后,诱捕量明显降低,7月6日小幅上升,而7月11日诱捕量再次降低。5种波长范围中320~580 nm波长的诱捕量最高,

其次是400 nm波长,其他3种波长的诱捕量都很低。对步甲科天敌6月11日和6月16日2 d不同波长诱捕量进行方差分析未达显著性差异水平。但6月11日前后和7月6日前后关闭灭虫器,对降低步甲科天敌诱捕量有积极的作用。

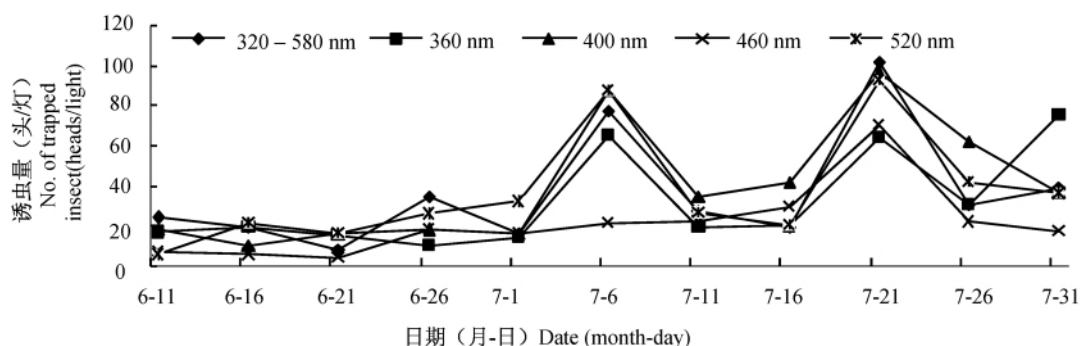


图9 不同波长灭虫器对草蛉科天敌的诱捕作用

Fig. 9 Trapping effect from 5 different wavelengths of FWS-DBL-1 solar insect killer to natural enemies of Chrysopidae

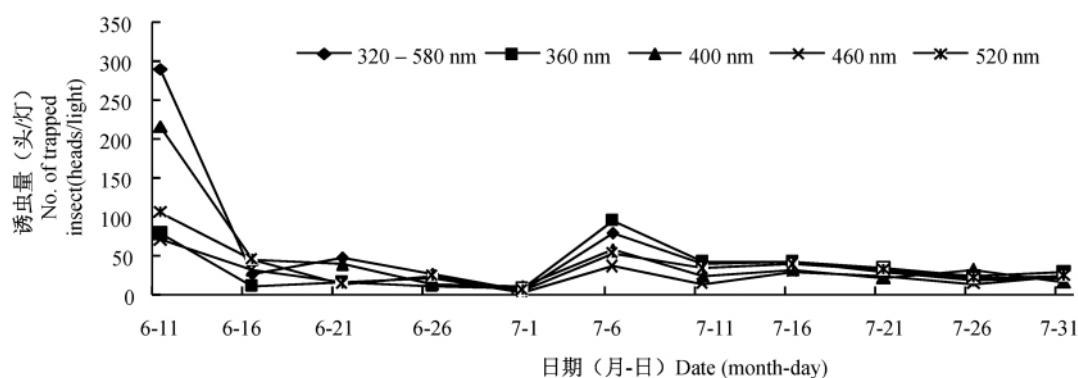


图10 不同波长灭虫器对步甲科天敌的诱捕作用

Fig. 10 Trapping effect from 5 different wavelengths of FWS-DBL-1 solar insect killer to natural enemies of Carabidae

3 结论与讨论

本研究表明,FWS-DBL-1 智能太阳能灭虫器具有诱虫谱广、杀虫量大的特点,5 种波长灭虫器诱捕昆虫的种类大致相同,仅在诱捕量上存在差异。诱捕的昆虫主要以鞘翅目、鳞翅目、脉翅目、双翅目、直翅目、半翅目和膜翅目等为主,这与前人的研究结论类似(黄四柏等,2001;衡雪梅等,2008;胡亚萍等,2008;万年峰等,2008;张正洪等,2010)。主要诱捕昆虫的种类为蜉金龟、白云斑鳃金龟、额喙丽金龟、毛喙丽金龟、绣罗夜蛾和淘赏夜蛾。

通过对不同波长的灭虫器诱捕量比较发现,400 nm 波长的诱捕量最大,其次是 320 ~ 580 nm,460 nm 和 520 nm 的诱捕效果最差,这与宋新元等(2005)频振杀虫灯的控制范围为 320 ~ 400 nm 相似。进一步分析表明,400 nm 波长对鞘翅目害虫

的诱捕效果最好,360 nm 波长对鳞翅目害虫的诱捕能力强,520 nm 波长在半翅目害虫的诱捕中表现优势,因此科学利用太阳能灭虫器,针对不同的害虫选择适宜的光波,对趋光性强的害虫可以达到较好的诱捕效果。

田间调查表明,FWS-DBL-1 太阳能灭虫器对天敌有一定诱捕作用,益害比为 1:4 ~ 1:5。但诱捕天敌的种类主要集中在步甲科和草蛉科,占天敌诱捕总量的 85.82%。诱捕量较多的天敌种类是背毛甲属 *Epitrachia* sp.、中华草蛉 *Chrysoperla sinica* Tjeder、普通草蛉 *Chrysopa carnea* Stephens 等,这与张广学等(2004)的研究结论类似。5 个波长范围中,360 nm 工作波长对天敌的诱捕作用最小,对天敌的安全性高。

综上所述,FWS-DBL-1 智能太阳能灭虫器采用了光控技术,早晚自动开关灯,可极大减轻农民的劳动强度,在杀虫效果和能源控制与利用上都

有了很大的进步。大面积应用太阳能灭虫器技术,除节约能源外,还可以明显减少农药的使用量,农产品的安全性进一步提高,在无公害农产品、绿色食品、有机食品生产中将发挥越来越重要的作用。在研究中也发现了一些问题,如葡萄重要害虫白星花金龟和葡萄斑叶蝉很少夜间活动(陈日翌等,2006;何笙等,2006),太阳能灭虫器的诱捕作用很弱。新疆夏季炎热、干旱,水分的蒸发量大,而田间水源不便,水盆的加水工作量大,水不足时昆虫易逃逸,影响工作效率和诱虫效果,因此,研制开发无水撞击式太阳能灭虫器可能更适于新疆的具体情况,且将太阳能灭虫器与其他防治技术有机结合是安全高效防控葡萄害虫的关键。

致谢:衷心感谢河北大学任国栋教授、中国林业科学研究院张真研究员、中国科学院动物研究所白明副研究员帮助鉴定昆虫标本。香港有机认证中心曾赞安博士对项目的实施提出建议。感谢深圳富巍盛科技有限公司对项目的支持。

参考文献(References)

- 曹赤阳,1958. 黑光萤光灯诱集棉红铃虫及其他棉虫的效果. 昆虫知识,4(3):128—131.
- 陈日翌,何康来,尹姣,2006. 白星花金龟主要习性及其群集为害玉米行为机制的初步研究. 吉林农业大学学报,28(3):241—242.
- 迟立鹏,陈国华,陶枚,2005. 植物源杀虫剂对夜蛾科害虫的作用研究进展. 长江蔬菜,(3):32—35.
- 段云,武予清,蒋月丽,2009. LED光照对小菜蛾成虫生物学的影响. 南阳:河南省植保学会第九次、河南省昆虫学会第八次、河南省植病学会第三次会员代表大会暨学术讨论会论文集. 143—147.
- 桂承明,王世民,王品安,1964. 吉林农业科学,(3):61.
- 何笙,周泽容,吴赵平,2006. 白星花金龟发生与防治技术研究初报. 中国农学通报,22(6):314—316.
- 衡雪梅,孙元峰,赵学礼,2008. 佳多频振式杀虫灯诱捕害虫试验初报. 河南农业科学,(5):83—97.
- 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,28(8):11—13.
- 胡亚萍,潘红,杨春艳,2008. 不同太阳能杀虫灯杀虫效果试验. 上海蔬菜,(1):93—94.
- 黄四柏,赵少泉,张凤英,2001. 频振式杀虫灯对蔬菜田害虫的控害效果. 湖北植保,(6):37—38.
- 姜莉莉,方红,樊三龙,2008. 中国五种蜉金龟幼虫形态记述(鞘翅目,金龟科,蜉金龟亚科). 动物分类学报,33(1):97—103.
- 刘立春,1994. 诱虫灯的研究进展及应用概况. 华东昆虫学报,3(1):75—78.
- 宋新元,张广学,李学军,2005. 频振杀虫灯在防治农业害虫中的应用. 作物杂志,(1):30—31.
- 万年峰,蒋杰贤,季香云,2008. 设施菜田频振式杀虫灯诱捕效果及害虫扑灯节律初报. 上海农业学报,24(4):65—68.
- 武予清,段云,蒋月丽,2009. 害虫的灯光防治研究与应用进展. 河南农业科学,(9):127—130.
- 徐进,2010. 应用频振式杀虫灯物理器械防控害虫情况的初探. 安徽农学通报,16(2):100—101.
- 张纯胄,杨捷,2007. 害虫趋光性及其应用技术的研究进展. 华东昆虫学报,16(1):30—31.
- 张广学,郑国,李学军,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.
- 张正洪,肖爱金,陶国英,2010. 太阳能频振式杀虫灯推广与应用技术. 湖北植保,(1):31—32.