

便携式节能诱虫灯防治茶树主要刺吸式害虫效果

黄衍章¹, 毛振坤¹, 雷博¹, 宛晓春², 杨云秋²

(1. 安徽农业大学植物保护学院, 合肥 230036; 2. 茶树生物学与资源利用国家重点实验室, 合肥 230036)

摘要: 茶树遭受小绿叶蝉等刺吸式害虫危害会严重影响茶叶品质。以自制便携式LED节能诱虫灯为诱捕器, 研究不同滤色光波对皖南茶园主要昆虫的诱集效果。试验结果表明, 6种滤色光波以金黄色、土黄色和橙黄色光波对植食性害虫的诱集效果较好, 其诱集数量分别为469头, 410头和403头。以橙红色, 土黄色和金黄色光波对天敌昆虫的诱集数量较小, 其诱集数量分别为29头, 31头和33头, 诱集益害比分别为0.09, 0.08和0.07。利用金黄色、土黄色和黄绿色3种滤色光波连续诱杀茶小绿叶蝉3晚(每晚诱杀2h), 诱杀结束后11d茶园茶小绿叶蝉的虫口减退率分别为47.2%、64.8%和57.3%, 校正防效分别为72.2%, 81.5%和77.5%。茶园灯光诱杀防治小绿叶蝉推荐采用土黄色光源。

关键词: 茶树害虫; 小绿叶蝉; 便携式节能诱虫灯; 土黄色

中图分类号: S571.108

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2019)06-1022-06

Control effect of the portable energy-efficient trap lamp on several main sucking mouthparts insect pests in tea field

HUANG Yanzhang¹, MAO Zhenkun¹, LEI Bo¹, WAN Xiaochun², YANG Yunqiu²

(1. School of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. State Key Laboratory of Tea Plant Biology and Utilization, Hefei 230036)

Abstract: Some sucking mouthparts insect pests, such as tea leafhopper, could seriously affect the tea quality. Using the home-made portable LED energy-efficient trap lamp as a trapping device, the trap effect of several lights produced by color filter on the main insects was researched in tea field of southern region of Anhui province. Result indicated that the three trap lights of the golden-yellow, khaki and orange-yellow showed good trapping effect on the major phytophagous insects, and the number of insect trapped by above lights was 469, 410 and 403 respectively. The trap lights of the orange-red, khaki and golden-yellow showed weak trapping effect on the major natural enemy insects, and the number of natural enemy trapped by above lights was 29, 31 and 33 respectively, and the ratio of natural enemy to insect pest above was 0.09, 0.08 and 0.07, correspondingly. After the trap lights of the golden yellow, khaki and yellow-green were continuously applied to trap tea leafhopper adult in the tea field for three nights (2 hours per night), the reduce rates of tea leafhopper at 11 days post-treatment were 47.2%, 64.8% and 57.3%, and the control effect against the tea leafhopper were 72.2%, 81.5% and 77.5%, correspondingly. The khaki light was recommended to control tea leafhopper in tea field.

Key words: tea tree pest; leafhopper; portable energy-efficient trap lamp; khaki color

茶树在栽培过程中常会遭受许多食叶性害虫的侵食为害。我国许多茶区温暖湿润的气候环境也非常有利于各类茶树害虫的孳生繁衍^[1]。据报道我国已记载茶树害虫约840种, 每年因害虫危害造成茶叶减产约10%~20%^[2]。假眼小绿叶蝉 *Empoasca vitis* (Göthe) 和黑刺粉虱 *Aleurocanthus spiniferus*

(Quaintanca) 为茶树上一类重要的小型刺吸式口器食叶害虫, 大发生时可使芽叶生长迟缓, 形成焦边、焦叶或煤污, 严重影响茶叶产量和品质^[3]。

当前我国防治茶树假眼小绿叶蝉等刺吸式害虫主要依靠喷施化学杀虫剂和布置黄色粘虫板^[4-6]。长期依赖化学杀虫剂防治茶树害虫引发的“3R”问题

收稿日期: 2019-02-16

基金项目: 国家级大学生创新创业训练计划项目(201810364049)和安徽省自然科学基金(1808085MC83)共同资助。

作者简介: 黄衍章, 博士, 副教授。E-mail: huangyz@ahau.edu.cn; 毛振坤, 本科生。E-mail: 1061954683@qq.com

已愈发严重^[7], 在很多茶叶产区假眼小绿叶蝉已对联苯菊酯和噻嗪酮等杀虫剂产生了严重抗性^[8-9]。此外使用化学杀虫剂亦会大量杀伤害虫天敌, 严重破坏茶园生态环境。黄板粘捕防治虽绿色环保, 但只能在白天使用, 诱杀效果有限, 且仍存在杀伤天敌, 田间布置数量大等问题, 尤其与茶园机械化采收存在较大的矛盾。

害虫光波诱杀技术为一种绿色高效的防控措施, 符合可持续植保策略的基本要求, 当前以灯光诱杀技术应用最为广泛^[10-13]。然而, 国内推广应用的诸多诱虫灯仍存在价格偏高, 耗电量大, 维护繁琐且对许多小型害虫效果较差等问题。前期研究发现, 频振式诱虫灯虽对小绿叶蝉等小型害虫也有诱集效果, 但因其高压电网间距过大, 对小型害虫灭杀效果甚微^[14]。为有效解决灯光诱杀小绿叶蝉等小型害虫的技术问题, 本试验将灯光诱集和色板粘捕两种诱杀方式有机结合, 室内自制了一种便携式节能诱虫灯。该诱虫灯具有诱杀高效精准、装置节能环保及使用自动便携等优点, 特别适合我国众多山区茶园防治茶树假眼小绿叶蝉等小型食叶害虫, 对防治其他作物小型害虫也有较好的应用价值。

1 材料与方 法

1.1 供试诱虫灯

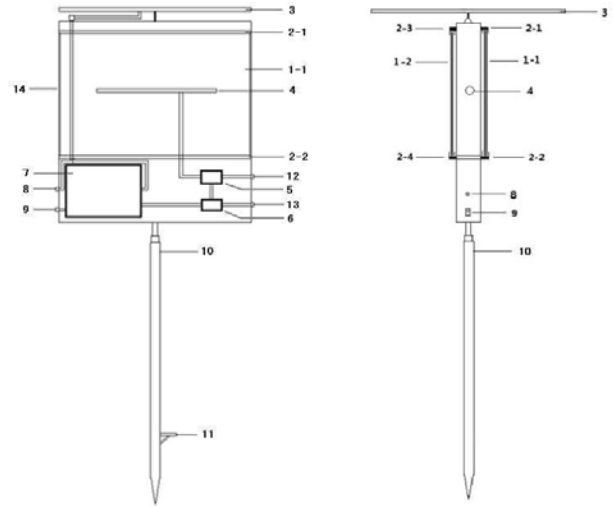
供试诱虫灯见图 1。箱体和支撑杆连接, 太阳能板固定在箱体顶部。LED 灯管功率为 6 W。诱虫灯配备电源充电适配器和不锈钢刮刀。前后滤色板各通过滤色板上、下卡槽分别卡在箱体前面和后面。LED 灯管固定在箱体内部, 2 块滤色板中央位置。湿度传感器、光传感器设置在箱体的右下方, 与锂离子可充电电池、LED 灯管、光感应控制模块、湿度感应控制模块相连接。电源开关、湿度感应控制模块、锂电池充电接口、光感应控制模块设置在箱体侧面。电源充电适配器可为锂电池充电, 支杆下压踏板设在可伸缩固定支杆的下端。

使用时, 将装置通过支杆下压踏板插入土中, 并根据农作物的高度利用可伸缩固定支杆来调整诱集面板的高度。本装置可根据靶标害虫选配相应的滤色板。使用时用不锈钢刮刀在滤色板上刮涂粘虫胶, LED 灯管发出初始光源后, 再通过滤色板产生特定的光波吸引害虫, 害虫即被粘贴在滤色板外侧表面。使用后用不锈钢刮刀将害虫的尸体刮除, 再次刮涂粘虫胶, 即达到循环使用的目的。

1.2 试验选址

试验茶园位于安徽省东至县茶树良种繁殖示范

场。茶园为丘陵地形, 常年茶尺蠖和假眼小绿叶蝉发生较重, 试验点茶园连片种植面积不低于 500 亩。试验田块形状相对规则, 坡度平缓, 主栽品种为乌牛早、平阳早和舒茶早, 茶树台刈后树龄 8 年以上, 并按当地常规农事操作进行栽培管理。试验前后 1 个月内均未使用药剂防治害虫。



1-1.前滤色板; 1-2.后滤色板; 2-1.前滤色板上卡槽; 2-2.前滤色板下卡槽; 2-3.后滤色板上卡槽; 2-4.后滤色板下卡槽; 3.太阳能板; 4.LED 灯管; 5.光感应控制模块; 6.湿度感应控制模块; 7.锂离子可充电电池; 8.锂电池充电接口; 9.电源开关; 10.可伸缩固定支杆; 11.支杆下压踏板; 12.光传感器; 13.湿度传感器; 14.箱体

1-1.Front color filter board; 1-2.Back color filter board; 2-1.Upper card slot for front color filter board; 2-2. Lower card slot for front color filter board; 2-3. Upper card slot for back color filter board; 2-4. Lower card slot for back color filter board; 3.Solar panel; 4.LED lamp; 5. Control module by photoinduction; 6. Control module by humidness; 7. Lithium ion rechargeable battery; 8. Lithium battery charging interface; 9. Power switch; 10. Telescopic fixed support; 11. Pressing pedal of support; 12. Light sensor; 13. Humidity Sensor; 14. Box

图 1 诱虫灯正面观 (左) 和侧面观 (右)

Figure 1 The front (left) and side (right) of the trap lamp

1.3 试验方法

1.3.1 不同滤色光波对茶园主要昆虫的诱集效果

试验于 2018 年 6 月下旬进行。诱集点茶园处于机器采收后约 (14±1) d, 茶园连片且管理水平基本一致。试验期间夜间无雨, 气温 (28±2) °C, 空气相对湿度 (80±5) %。试验采用橘红色、橙红色、橙黄色、金黄色、土黄色和黄绿色 6 种滤色板进行诱集测试。

诱虫灯滤色板中心位置高于茶树顶部约 0.3 m。相邻诱虫灯之间的距离 ≥ 30 m。每晚诱集时间为 20:00—22:00, 每晚布置在不同的诱集点进行测试,

连续诱集3个晚上。每晚诱集结束后于次日上午分别统计各滤色板上粘捕的植食性、中性及天敌昆虫数量。

1.3.2 优选滤色光波对茶园小绿叶蝉的诱杀防治效果 试验采用金黄色、土黄色、黄绿色3种滤色板进行诱杀防治试验。试验日期为2018年7月中旬。试验期间夜间无雨,气温(28±2)°C,空气相对湿度(70±5)%。诱虫灯滤色板中心位置高于茶树顶部约0.3 m。相邻诱虫灯之间的距离≥20 m。对照区不用诱虫灯进行处理。夜间开灯诱集时间为20:00—22:00,连续诱集3个晚上,每晚诱集结束后分别统计滤色板上粘捕的小绿叶蝉(优势种为茶假眼小绿叶蝉)数量。

试验在第1晚诱杀前当日凌晨5:30—6:30先调查1次各处理区域小绿叶蝉的虫口基数,3晚诱杀结束后于次日凌晨调查1次虫口基数,11 d后再于凌晨调查1次。调查以诱虫灯为中心,按诱虫灯前后2个方位不同距离进行定点调查,每方位均调查2 m, 5 m和10 m距离处的虫口数,每个距离前后各调查3点,即每盏灯重复调查18点。对照区采用棋盘式取样方法按5 m等距离定点重复调查12点。每点调查10个嫩梢(1芽2~3叶)上的若虫和成虫数量。根据虫口减退率计算校正防效,计算公式分别为:

$$\text{虫口减退率}(\%) = [(\text{防治前百梢虫量} - \text{防治后百梢虫量}) / \text{防治前百梢虫量}] \times 100$$

$$\text{校正防效}(\%) = [(\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}) / (1 - \text{对照区虫口减退率})] \times 100$$

口减退率)÷(1-对照区虫口减退率)]×100

1.4 数据处理

采用DPS V3.01数据处理软件对校正防效进行方差分析。将校正防效反正弦平方根转换后,用Duncan's新复极差法进行多重比较,以 $P < 0.05$ 代表差异显著。试验结果用平均值±标准差(±SD)表示。

2 结果与分析

2.1 不同滤色光源对茶园主要植食性昆虫的诱集效果

从表1可知,6种滤色光源共诱集5个目13个科的植食性昆虫共计2 299头,其以同翅目粉虱科(1 677头)和叶蝉科(512头)昆虫较多,其次为鳞翅目卷蛾科(43头)和螟蛾科(41头)昆虫。粉虱科昆虫主要种类为黑刺粉虱,叶蝉科昆虫优势种为茶假眼小绿叶蝉。卷蛾科昆虫主要为茶小卷叶蛾 *Adoxophyes orana* Fischer von Roslerstamm,但数量相对较少。

6种滤色光源对茶园主要植食性昆虫的诱集效果存在较大差异,以金黄色(469头)、土黄色(410头)和橙黄色(403头)滤色光源诱集的数量较多,以黄绿色光源(316头)诱集的数量较少。此外,6种滤色光源对茶树主要刺吸式害虫叶蝉以土黄色(123头)、黄绿色(96头)和金黄色(83头)滤色光源的诱集效果较好,但橙黄色的诱集效果较差,诱集数量仅为54头。

表1 不同滤色光源对茶园主要植食性昆虫的诱集效果

Table 1 Trapping effect of different light sources on major phytophagous insects in tea orchard

类群(目,科) Taxa (Order, family)		数量/头 Number						总计 Total
		橘红 Jacinth	橙红 Orange red	橙黄 Orange yellow	金黄 Golden yellow	土黄 Khaki	黄绿 Yellow green	
直翅目 Orthoptera	蟋蟀科	1	0	0	0	0	1	2
	蝗科	0	0	1	0	0	1	2
同翅目 Homoptera	叶蝉科	75	81	54	83	123	96	512
	沫蝉科	2	1	0	0	0	0	3
	飞虱科	1	3	0	1	2	0	7
	粉虱科	267	227	334	376	270	203	1 677
半翅目 Hemiptera	长蝽科	1	0	1	0	0	0	2
鞘翅目 Coleoptera	金龟甲科	0	1	0	0	0	0	1
	象甲科	0	1	0	1	0	0	2
	叶甲科	0	1	1	1	1	0	4
鳞翅目 Lepidoptera	卷蛾科	10	11	5	2	7	8	43
	螟蛾科	6	10	7	4	7	7	41
	尺蛾科	1	1	0	1	0	0	3
总计 Total		364	337	403	469	410	316	2 299

2.2 不同滤色光源对茶园主要天敌昆虫诱集效果

不同滤色光源对茶园主要天敌昆虫的诱集结果见表 2。6 种滤色光源共诱集 4 个目的天敌昆虫共计 206 头, 其以膜翅目蚁科 (64 头), 茧蜂科 (50 头) 和鞘翅目瓢甲科 (26 头) 天敌较多, 其次为膜翅目姬蜂科 (19 头) 和鞘翅目步甲科 (18 头) 昆虫。6 种滤色光源对草蛉科、猎蝽科、隐翅甲科和萤甲科昆虫的诱集数量整体较小。

不同滤色光源对茶园主要天敌昆虫的诱集效果

整体差异较小, 诱集数量为 29~41 头。相对而言, 橙红色 (29 头), 土黄色 (31 头) 和金黄色 (33 头) 滤色光源诱集的数量较小, 诱集益害比分别为 0.09、0.08 和 0.07。由于试验茶园植物种类单一, 生物多样性低, 且受前期多年使用化学杀虫剂的影响, 田间昆虫群落也受到了较大程度的破坏, 天敌昆虫种类数量匮乏, 因此茧蜂、食蚜蝇、草蛉和猎蝽等主要天敌昆虫的种类数量总体较少。

表 2 不同滤色光源对茶园主要天敌昆虫的诱集效果

Table 2 Trapping effect of different light sources on major natural enemy insects in tea orchard

类群 (目, 科) Taxa (Order, family)	数量/头 Number							总计 Total
	橘红 Jacinth	橙红 Orange red	橙黄 Orange yellow	金黄 Golden yellow	土黄 Khaki	黄绿 Yellow green		
脉翅目 Neuroptera	草蛉科	0	0	0	1	0	0	1
半翅目 Hemiptera	猎蝽科	0	0	1	0	1	0	2
	步甲科	5	1	4	0	6	2	18
鞘翅目 Coleoptera	萤甲科	0	0	0	2	0	0	2
	隐翅甲科	0	0	1	0	0	0	1
	瓢甲科	5	5	4	5	2	5	26
膜翅目 Hymenoptera	蚁科	11	9	10	9	13	12	64
	茧蜂科	9	6	9	9	5	12	50
	姬蜂科	3	4	4	2	2	4	19
	未知*	2	4	4	5	2	6	23
	总计 Total	35	29	37	33	31	41	206
益害比 Ratio of natural enemy to pest	0.10	0.09	0.09	0.07	0.08	0.13	0.09	

注: 部分膜翅目昆虫因体型太小, 且被粘虫胶粘住后难以鉴定分科

Note: Some hymenoptera insects were hard to be identified to family because of their tiny body type when being pasted by sticky insect glue

表 3 不同滤色光源对茶园主要中性昆虫的诱集效果

Table 3 Trapping effect of different light sources on major neutral insect in tea orchard

类群 (目, 科) Taxa (Order, family)	数量/头 Number							总计 Total
	橘红 Jacinth	橙红 Orange red	橙黄 Orange yellow	金黄 Golden yellow	土黄 Khaki	黄绿 Yellow green		
蜉蝣目 Ephemeroptera	蜉蝣科	3	1	4	1	2	5	16
	花蝇科	0	0	2	1	1	1	5
	蝇科	0	1	0	0	1	0	2
双翅目 Diptera	摇蚊科	201	161	239	165	184	224	1 174
	大蚊科	2	1	3	0	0	1	7
	蠓科	13	4	15	6	12	17	67
蜚蠊目 Blattaria	姬蠊科	1	0	1	0	2	1	5
总计 Total	220	168	264	173	202	249	1 276	

2.3 不同滤色光源对茶园主要中性昆虫诱集效果

从表 3 可知, 6 种光源共诱集 3 个目 7 个科的中性昆虫共计 1 276 头。在所诱集的中性昆虫中, 以摇蚊科 (1 174 头) 昆虫的数量最多, 其次为蠓科

(67) 和蜉蝣科 (16 头) 昆虫, 蝇科、花蝇科、姬蠊科和大蚊科的数量较少, 其数量最高仅为 7 头。

2.4 优选滤色光源对茶园小绿叶蝉诱杀防治效果

综合上述 (表 1—表 3) 试验结果, 选取对茶园

小绿叶蝉诱集效果较好的滤色光源（金黄色、土黄色和黄绿色）进一步开展茶园诱杀防治试验，试验结果见表 4。结果表明，用金黄色、土黄色和黄绿色诱杀防治处理 3 d 后茶园小绿叶蝉的虫口减退率分别为 65.0%、71.0%和 73.1%，校正防效分别为

72.0%、76.8%和 78.5%；14 d 后茶园小绿叶蝉的虫口减退率分别为 47.2%、64.8%和 57.3%，校正防效分别为 72.2%、81.5%和 77.5%。综合分析可知，利用土黄色滤色光源诱杀茶园小绿叶蝉，整体防效最好，且对天敌昆虫相对安全。

表 4 便携式节能诱虫灯对茶园小绿叶蝉的诱杀防治效果

Table 4 Trapping control effect of the portable energy-efficient trap lamp on leafhopper in tea orchard

处理 Treatment	0 d		3 d		14 d		
	百梢虫量/头 Number of leafhopper per 100 branches	百梢虫量/头 Number of leafhopper per 100 branches	虫口减退率/% Reduce rate of population	校正防效 Revised control effect (%) ±SD	百梢虫量/头 Number of leafhopper per 100 branches	虫口减退率/% Reduce rate of population	校正防效 Revised control effect (%) ±SD
金黄色 Golden yellow	10.0	3.5	65.0	(72.0±3.0) ^a	5.3	47.2	(72.2±1.6) ^a
土黄色 Khaki	9.0	2.6	71.0	(76.8±8.0) ^a	3.2	64.8	(81.5±4.9) ^a
黄绿色 Yellow green	13.0	3.5	73.1	(78.5±2.6) ^a	5.6	57.3	(77.5±2.6) ^a
对照 Control	12.0	15.0	-25.0	---	22.8	-89.8	---

3 讨论

小绿叶蝉等刺吸式口器害虫是影响茶叶产量及品质的一个重要因素，本研究为科学高效利用灯光诱杀防治茶树小绿叶蝉提供了较好的试验依据。本试验结果表明金黄色、土黄色和橙黄色光波对植食性害虫的诱集效果较好。橙红色，土黄色和金黄色滤色光源对天敌昆虫的杀伤作用较小，其诱集益害比分别为 0.09, 0.08 和 0.07。土黄色滤色光波能有效诱杀主要害虫小绿叶蝉，又能有效避免大量杀伤天敌昆虫。

有关害虫对不同波长光波敏感性的研究，历来为害虫光波诱杀防治研究的焦点^[15-17]。例如，茶尺蠖成虫对主波长为 468 nm 的蓝色光和 385 nm 的紫色光比较敏感^[18-19]。此外，视觉感受对昆虫定位、识别寄主和配偶等行为亦起着至关重要的作用，而光周期或光照波长对昆虫的生物学习性也有明显影响^[20-21]。害虫光波控制技术符合可持续植保发展的基本要求，在茶树害虫绿色防控方面目前已有大量应用^[22-24]。例如，频振式杀虫灯利用昆虫的趋光性匹配高压电网触杀害虫，可有效控害保益，具有较好的生态及经济效益^[23]。将黄色（或绿色）色板上混合茶梢挥发物，能显著提高对茶二叉蚜 *Toxoptera aurantii* Boyer 的诱集效果^[26]。诱虫灯虽可高效诱杀许多农业害虫，但也会不同程度地杀伤天敌等非靶标昆虫^[27]，因此选择适宜的诱集光源对于稳定昆虫群落益害比尤为关键^[28]。由于不同诱集光源所处地块受茶树长势、坡度及农事操作等因素的影响，主

要昆虫虫口基数也略有差异，因此应进一步在不同地区茶园主要刺吸式害虫的盛发期开展诱杀试验。此外，为尽量避免诱杀防治时误伤中性及天敌昆虫，应深入研究不同刺吸式害虫的夜间灯下扑灯节律，做到高效精准诱杀。

利用本便携式节能诱虫灯防治茶园主要小型刺吸式害虫时，当茶园刺吸式害虫以小绿叶蝉为优势种时，建议采用土黄色滤色板进行诱杀。当以黑刺粉虱为优势种时，建议采用金黄色滤色板进行诱杀。此外，要求在小绿叶蝉成虫始盛期开始诱杀，每次诱杀时间不少于 3 d，每晚诱集时间不少于 2 h，茶叶采摘期前 1~2 周防治要适量延长诱杀防治时间。诱虫灯滤色板粘附虫量太大时要及时刮除虫尸，并重新刮涂适量的粘虫胶。随着各国环境保护意识的增强，灯光诱杀技术必将在茶叶害虫绿色防治领域发挥越来越重要的作用^[29-30]。

参考文献:

- [1] 陈宗懋, 许宁, 韩宝瑜, 等. 茶树-害虫-天敌间的化学信息联系[J]. 茶叶科学, 2003, 23(S1): 38-45.
- [2] CHEN Z M, SUN X L, DONG W X. Genetics and chemistry of the resistance of tea plant to pests[M]// Global tea breeding. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012: 343-360.
- [3] 王敏. 小绿叶蝉不同为害程度对茶叶品质的影响[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
- [4] 韩宝瑜, 周成松, 崔林. 25%阿克泰 WG 对假眼小绿叶蝉的田间药效试验[J]. 农药, 2003, 42(10): 31-32.
- [5] 赵霞, 王朝斌, 夏丽娟, 等. 几种复配剂对茶小绿叶蝉田间防效[J]. 农药, 2016, 55(7): 544-546.

- [6] 黎藜, 刘红梅, 龙玲, 等. 不同规格黄色诱集板对茶树害虫的诱杀效果[J]. 中国植保导刊, 2014, 34(12): 25-27.
- [7] SEENIVASAN S, MURALEEDHARAN N. Survey on the pesticide residues in tea in South India[J]. Environ Monit Assess, 2011, 176(1/2/3/4): 365-371.
- [8] 李建宇, 史梦竹, 傅建炜, 等. 茶假眼小绿叶蝉抗联苯菊酯品系和敏感品系解毒酶活性及增效作用研究[J]. 茶叶科学, 2016, 36(3): 323-329.
- [9] 李建宇, 史梦竹, 傅建炜, 等. 茶假眼小绿叶蝉的抗性监测及不同地区的敏感性差异[J]. 福建农业学报, 2015, 30(10): 989-992.
- [10] 蔡丽, 汪云刚, 冉隆珣. 频振式杀虫灯诱杀茶园害虫效果试验[J]. 中国茶叶, 2008, 30(12): 20-21.
- [11] SHIMODA M, HONDA K. Insect reactions to light and its applications to pest management[J]. Appl Entomol Zool, 2013, 48(4): 413-421.
- [12] YANG J, SUNG B, LEE H. Phototactic behavior 8: phototactic behavioral responses of Western flower *Thrips Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae), to light-emitting diodes[J]. J Korean Soc Appl Biol Chem, 2015, 58(3): 359-363.
- [13] ZHENG L X, ZHENG Y, WU W J, et al. Field evaluation of different wavelengths light-emitting diodes as attractants for adult *Aleurodicus dispersus* Russell (Hemiptera: Aleyrodidae)[J]. Neotrop Entomol, 2014, 43(5): 409-414.
- [14] 王朝伟, 杨云秋, 钱六九, 等. 不同频振光源对皖南茶园主要昆虫的诱集效果[J]. 安徽农业大学学报, 2018, 45(5): 790-795.
- [15] LI Y Y, ZHANG H, DUAN Z, et al. Optical characterization of agricultural pest insects: a methodological study in the spectral and time domains[J]. Appl Phys B, 2016, 122(8): 213.
- [16] 吕飞, 海小霞, 范凡, 等. 黑绒鳃金龟甲成虫对不同单色光和光强的趋光行为[J]. 植物保护学报, 2016, 43(4): 656-661.
- [17] SAUNDERS D S. Insect photoperiodism: seeing the light[J]. Physiol Entomol, 2012, 37(3): 207-218.
- [18] 郭华伟, 唐美君, 周孝贵, 等. 五种诱集光源对茶园昆虫的诱集效果评价[J]. 中国茶叶, 2015, 37(11): 20-21.
- [19] 蔡侠. 几种茶树害虫的趋光性研究[D]. 杭州: 中国计量学院, 2014.
- [20] 蒋月丽, 段云, 武予清. 三种不同波长绿-黄光对甜菜夜蛾产卵生物学的影响[J]. 植物保护学报, 2008, 35(5): 473-474.
- [21] SHI L Q, VASSEUR L, HUANG H S, et al. Adult tea green leafhoppers, *Empoasca onukii* (matsuda), change behaviors under varying light conditions[J]. PLoS One, 2017, 12(1): e0168439.
- [22] 周孝贵, 肖强, 张国山, 等. 风力诱虫灯及其诱捕茶小绿叶蝉的效果初报[J]. 中国茶叶, 2015, 37(10): 17-18.
- [23] 万利. 昆虫趋光性在茶园害虫防治中的应用[D]. 武汉: 华中农业大学, 2014.
- [24] 王春军, 张爱琴, 郑传玲. 太阳能灭虫灯对茶园害虫防治效果初报[J]. 江苏林业科技, 2013, 40(1): 23-24.
- [25] 孙红霞, 朱高明. 频振式杀虫灯的诱杀效果及效益分析[J]. 中国农业信息, 2016(8): 70.
- [26] HAN B Y, ZHANG Q H, BYERS J A. Attraction of the tea aphid, *Toxoptera aurantii*, to combinations of volatiles and colors related to tea plants[J]. Entomol Exp Appl, 2012, 144(3): 258-269.
- [27] 曹欢欢, 胡家阳, 杨银娟. 佳多频振式杀虫灯对鳞翅目害虫诱杀效果[J]. 上海农业学报, 2006, 22(4): 147-148.
- [28] 唐良德, 梁延坡, 赵海燕, 等. 瓢虫的趋光性反应研究[J]. 环境昆虫学报, 2016, 38(2): 337-340.
- [29] 边磊, 陈宗懋, 陈华才, 等. 新型 LED 杀虫灯对茶园昆虫的诱杀效果评价[J]. 中国茶叶, 2016, 38(6): 22-23.
- [30] OH M S. Evaluation of high power light emitting diodes (HPLEDs) As Potential Attractants For Adult *Spodoptera exigua* (hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. J Korean Soc Appl Biol Chem, 2011, 54(3): 416-422.