

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2018.10.004

# 菜地长波紫外线杀虫灯下昆虫多样性研究<sup>①</sup>

吴 霜, 刘剑飞, 王之劲, 刘玉英, 郭 箫, 张谊模

重庆市农业科学院, 重庆 401329

**摘要:** 采用市售长波紫外线太阳能 LED 杀虫灯对重庆露地种植模式下菜地趋光性昆虫进行诱捕试验, 共捕集昆虫样本 35 科 42 种. 明确了重庆露地种植模式下菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫以鳞翅目 Lepidoptera 数量最多, 其次是双翅目 Diptera 和鞘翅目 Coleoptera, 长波紫外线灯下优势种为摇蚊科 Chironomidae 莲藕潜叶摇蚊 *Stenochironomus nelumbus* 及螟蛾科 Pyralidae 甜菜白带野螟 *Hymenia recurvalis*. 从物种数来看, 捕集到的昆虫以鞘翅目种类最多, 其次是鳞翅目和半翅目 Hemiptera. 此外, 双翅目昆虫优势集中性指数始终维持在较高水平, 仅在 2017 年 8 月出现明显下降, 达到最低值 0.590 0. 调查期间大部分时段菜地长波紫外线灯下昆虫物种组成达相似水平, 其中以 2016 年 8 月与 9 月相似性水平最高, 为 0.837 8. 从相异性指数来看, 2016 年 6 月与 11 月昆虫物种相异性最大, 为 0.729 7.

**关键词:** 长波紫外线; 杀虫灯; 趋光性昆虫; 多样性; 菜地; 露地种植模式

**中图分类号:** S436.3

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9868(2018)10-0025-08

重庆市地处中国西南部、长江上游地区, 邻接多个省份, 地形复杂多样, 市内江河纵横, 土壤和水资源丰富, 为蔬菜种植、生产和销售提供了有利的地理位置和气候条件. 据统计, 重庆市 2017 年全年蔬菜种植面积达 7 600 km<sup>2</sup>, 其中露地蔬菜播种面积占 88.0%. 近年来, 随着重庆蔬菜生产规模不断扩大, 蔬菜市场流通逐步优化, 重庆菜地昆虫种类和数量不断发生变化, 对蔬菜害虫的调查和测报也变得越发困难, 并且对重庆市蔬菜昆虫群落结构的研究报道也较少<sup>[1, 2]</sup>. 杀虫灯是一种利用昆虫夜间趋光习性对昆虫进行诱杀的物理防治技术, 因其具有诱杀效率高、对环境无污染、能有效减少化学农药使用量等优点, 被广泛运用于农林害虫的调查研究和防控中<sup>[3-9]</sup>. 本研究主要运用市售长波紫外线太阳能 LED 杀虫灯, 对露地种植模式下菜地趋光性昆虫进行调查, 以期明确长波紫外线灯下昆虫的多样性, 为运用杀虫灯防治菜地趋光性害虫, 以及保护利用天敌昆虫提供依据.

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验灯具

长波紫外线太阳能 LED 杀虫灯, 功率 5 W, 波长范围 320~400 nm, 主波长 350 nm, 紫外光, 重庆恒义丰新能源电子科技有限公司生产.

### 1.2 试验方法

参照说明书安装和使用 LED 杀虫灯. 于 2016 年 6—11 月及 2017 年 4—11 月期间, 在国家农作物蔬菜改良中心重庆分中心(29°29′54.06″N, 106°20′58.40″E, 海拔 295 m)进行调查试验. 调查期间平均气温

① 收稿日期: 2018-03-28

基金项目: 农业部农业基础性长期性科技工作子项目(ZX04S230100); 重庆特色效益农业基础科研项目(NKY, 2016AA002).

作者简介: 吴 霜(1983-), 女, 副研究员, 博士, 主要从事农业昆虫与害虫防治的研究.

21.0 °C, 日照时数 1 811.5 h, 累计降雨量 1 888.2 mm, 平均相对湿度 75.2%。试验基地占地 80 000 m<sup>2</sup>, 露地种植蔬菜种类以萝卜 *Raphanus sativus* L., 白菜 *Brassica pekinensis* L., 甘蓝 *B. oleracea* L., 茄子 *Solanum melongena* L., 辣椒 *Capsicum annuum* L., 番茄 *Lycopersicon esculentum* Mill., 黄瓜 *Cucumis sativus* L., 冬瓜 *Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn., 南瓜 *Cucurbita moschata* (Duch. ex Lam.) Duch. ex Poiret, 丝瓜 *Luffa cylindrica* (L.) Roem., 苦瓜 *Momordica charantia* L., 莲藕 *Nelumbo nucifera* Gaertn., 菜豆 *Phaseolus vulgaris* L., 莴笋 *Lactuca sativa* L. 为主。年度间菜地各种蔬菜种植面积不发生变化。杀虫灯共有 14 盏, 灯间距约 50 m, 灯距地面 1 m。每晚天黑自动开灯, 开灯 5 h 后自动关灯, 下雨不开灯, 每个灯开关时间一致。间隔 4~7 d 收集杀虫灯里的昆虫, 将可鉴别的虫体制作成针插标本, 并依据相关文献资料<sup>[1-2, 10-16]</sup>进行分类、统计、记录。

### 1.3 数据分析方法

采用 Microsoft Office Excel 2010 统计 Berger-Parker 优势度指数、Simpson 优势集中性指数、Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数、Margalef 物种丰富度指数、Jaccard 相似性系数等参数, 对菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫多样性特征进行分析, 计算公式如下:

1) Berger-Parker 优势度指数:

$$D = N_{\max} / N$$

式中,  $N_{\max}$  为优势种个体数,  $N$  为群落全部物种个体数。物种优势度等级划分标准:  $D \geq 0.1$  时为优势种;  $0.01 \leq D < 0.1$  时为常见种;  $D < 0.01$  时为少见种。

2) Simpson 优势集中性指数:

$$C = \sum (N_i / N)^2 \quad i = 1, 2, \dots, S$$

式中,  $S$  为物种数,  $N_i$  为第  $i$  物种个体数,  $N$  为群落全部物种个体数。

3) Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H' = - \sum P_i \ln P_i \quad i = 1, 2, \dots, S$$

式中,  $S$  为物种数,  $P_i$  为第  $i$  物种个体数( $N_i$ )占群落全部物种个体数( $N$ )的比例。

4) Pielou 均匀度指数:

$$E = H' / H'_{\max} = H' / \ln S$$

式中,  $H'$  为 Shannon-Wiener 多样性指数;  $H'_{\max}$  为  $H'$  的最大值。

5) Margalef 物种丰富度指数:

$$D_{Ma} = (S - 1) / \ln N$$

$S$  为物种数,  $N$  为全部物种个体数。

6) Jaccard 相似性系数:

$$q = c / (a + b - c)$$

式中,  $a$  和  $b$  分别为 A 群落和 B 群落类群数,  $c$  为共有类群数。根据相似性系数原理, 当  $q = 0 \sim 0.25$ , 为极不相似; 当  $q = 0.26 \sim 0.50$ , 为中等不相似; 当  $q = 0.51 \sim 0.75$ , 为中等相似; 当  $q = 0.76 \sim 1.00$ , 为极相似。

## 2 结果与分析

### 2.1 菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫群落组成

调查期间捕集昆虫数量共计 27 689 头, 分属 5 目 35 科 42 种, 其中鞘翅目 Coleoptera 13 科 15 种, 双翅目 Diptera 5 科 5 种, 鳞翅目 Lepidoptera 5 科 10 种, 直翅目 Orthoptera 3 科 3 种, 半翅目 Hemiptera 9 科 9 种。菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫物种组成见表 1。结果显示杀虫灯捕集到的昆虫以鳞翅目昆虫数量最多, 共 9 312 头, 其次是双翅目、鞘翅目和半翅目昆虫, 分别为 9 157, 6 367 和 2 298 头, 直翅目昆虫的捕

集量最少, 为 555 头. Berger-Parker 优势度指数计算结果表明, 灯下双翅目摇蚊科 Chironomidae 莲藕潜叶摇蚊 *Stenochironomus nelumbus* 及鳞翅目螟蛾科 Pyralidae 甜菜白带野螟 *Hymenia recurvalis* 为优势种, 鞘翅目叶甲科 Chrysomelidae 缅甸蓝叶蚤 *Altica birmanensis*, 瓢甲科 Coccinellidae 龟纹瓢虫 *Propylaea japonica*, 水龟虫科 Hydrophilidae 姬牙虫 *Sternolophus rufipes*, 步甲科 Carabidae 中华婪步甲 *Harpalus sinicus*, 拟步甲科 Tenebrionidae 齿甲属 *Uloma* sp., 隐翅虫科 Staphylinidae 毒隐翅虫属 *Paederus* sp., 鳞翅目灯蛾科 Arctiidae 黑条灰灯蛾 *Cretonotus gangis*, 夜蛾科 Noctuidae 斜纹夜蛾 *Spodoptera litura*, 直翅目蝼蛄科 Gryllotalpidae 东方蝼蛄 *Gryllotalpa orientalis*, 半翅目蝽科 Pentatomidae 稻绿蝽 *Nezara viridula*, 广翅蜡蝉科 Ricaniidae 八点广翅蜡蝉 *Ricania speculum* 为常见种, 其余为少见种.

表 1 露地种植模式下菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫物种组成

目名	科名	种名	捕集数量/头	比例/%	
鞘翅目	葬甲科	黄角尸葬甲	42	0.15	
	叶甲科	缅甸蓝叶蚤	2 537	9.16	
		黄守瓜	45	0.16	
	瓢甲科	龟纹瓢虫	1 062	3.84	
	伪瓢虫科	彩弯伪瓢虫	155	0.56	
	水龟虫科	姬牙虫	535	1.93	
	步甲科	中华婪步甲	1 067	3.85	
		逗斑青步甲	20	0.07	
	拟步甲科	齿甲	292	1.05	
	鳃金龟科	暗黑鳃金龟	115	0.42	
	隐翅虫科	毒隐翅虫	384	1.39	
	天牛科	瓜藤天牛	38	0.14	
	锹甲科	中华大扁锹	29	0.10	
	丽金龟科	斑喙丽金龟	42	0.15	
	棒角甲科	圆角棒角甲	4	0.01	
	双翅目	摇蚊科	莲藕潜叶摇蚊	8 876	32.06
		实蝇科	瓜实蝇	158	0.57
蝇科		家蝇	90	0.33	
水虻科		光亮扁角水虻	8	0.03	
麻蝇科		麻蝇	25	0.09	
鳞翅目	灯蛾科	黑须污灯蛾	3	0.01	
		八点灰灯蛾	6	0.02	
		星白雪灯蛾	3	0.01	
		黑条灰灯蛾	881	3.18	
	夜蛾科	斜纹夜蛾	1 025	3.70	
		小地老虎	29	0.10	
	螟蛾科	甜菜白带野螟	7 295	26.35	
		瓜绢野螟	27	0.10	
	尺蛾科	姬尺蛾	17	0.06	
天蛾科	白薯天蛾	26	0.09		
直翅目	蟋蟀科	南方油葫芦	201	0.73	
	蝼蛄科	东方蝼蛄	299	1.08	
	草螽科	素色似织螽	55	0.20	

续表 1

目名	科名	种名	捕集数量/头	比例/%
半翅目	猎蝽科	黄足猎蝽	225	0.81
	蝽科	稻绿蝽	917	3.31
	叶蝉科	大青叶蝉	22	0.08
	龟蝽科	筛豆龟蝽	5	0.02
	广翅蜡蝉科	八点广翅蜡蝉	759	2.74
	蝉科	蟋蟀	67	0.24
	缘蝽科	稻缘蝽	265	0.96
	大红蝽科	突背斑红蝽	31	0.11
	象蜡蝉科	中华象蜡蝉	7	0.03
	合计	35	42	27 689

各时期菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫群落组成见图 1. 结果显示灯下各时期鞘翅目昆虫的物种数均为最多, 且在 2016 年 8 月达到最高值; 半翅目昆虫物种数在 2016 年 6 月、8—9 月和 2017 年 8 月达到最高值; 鳞翅目昆虫物种数在调查试验起始阶段最为丰富, 随调查时间延长, 物种数逐步下降并维持在较低水平; 双翅目昆虫物种数在每年 8 月达到峰值; 直翅目昆虫在 2016 年 8—10 月和 2017 年 8—9 月达到最高值。

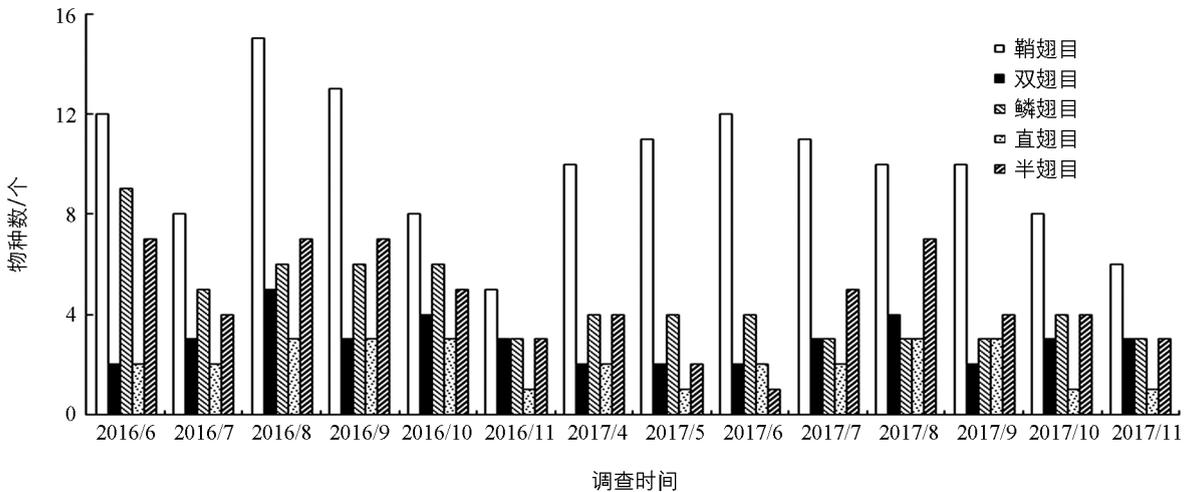
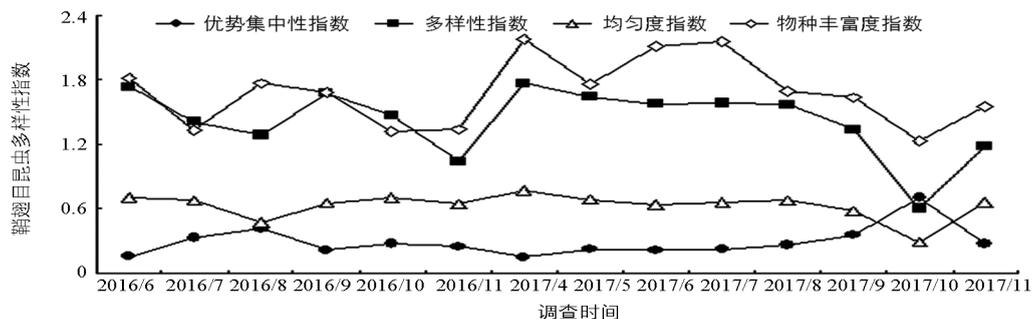


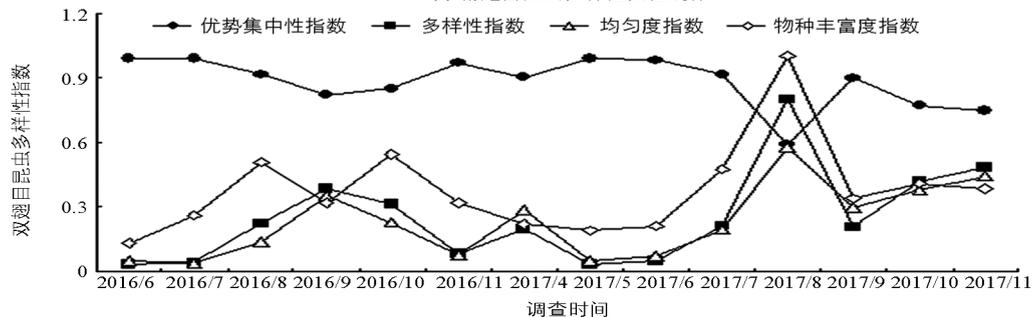
图 1 各时期露地种植模式下菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫群落组成

## 2.2 菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫多样性分析

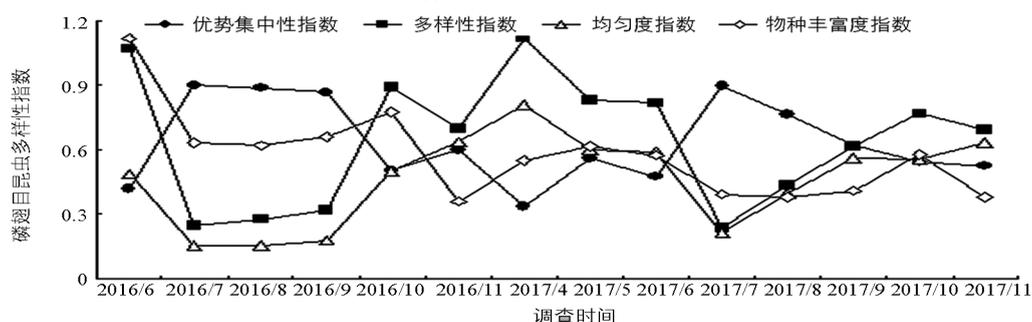
各时期菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫多样性变化规律见图 2. 灯下鞘翅目昆虫优势集中性指数在 2016 年 8 月出现峰值 0.411 9, 而后在 2016 年 9 月至 2017 年 7 月期间均维持在较低水平, 2017 年 8 月开始回升, 直到 2017 年 10 月达到最高值 0.701 8, 而鞘翅目昆虫均匀度指数在 2016 年 8 月和 2017 年 10 月较低, 分别为 0.474 1 和 0.289 8. 灯下双翅目昆虫优势集中性指数始终维持在较高水平, 仅在 2017 年 8 月出现明显下降, 达到最低值 0.590 0, 而双翅目昆虫均匀度指数在 2017 年 8 月出现明显上升, 达到最高值 0.577 0. 灯下鳞翅目昆虫优势集中性指数在 2016 年 7—9 月、2017 年 7 月出现峰值, 分别达到 0.897 5, 0.885 5, 0.866 0 和 0.894 5, 而鳞翅目昆虫均匀度指数在同期出现明显下降, 分别为 0.154 1, 0.153 8, 0.176 5 和 0.212 9. 灯下直翅目昆虫优势集中性指数在 2016 年 6 月、11 月和 2017 年 5 月、10—11 月达到峰值, 而直翅目昆虫均匀度指数在同期达到最低值. 灯下半翅目昆虫优势集中性指数在 2017 年 6 月达到峰值, 其余时期都维持在较低水平, 而半翅目昆虫均匀度指数在同期达到最低值. 此外, 从图 2 中不难看出, 长波紫外线杀虫灯下各类昆虫多样性指数和物种丰富度指数随时间的变化规律与均匀度指数的变化规律大体一致, 且与优势集中性指数的变化趋势相反. 由此说明, 各类昆虫的物种组成优势越集中, 其物种组成的均匀程度、物种的多样性及其丰富度就越低.



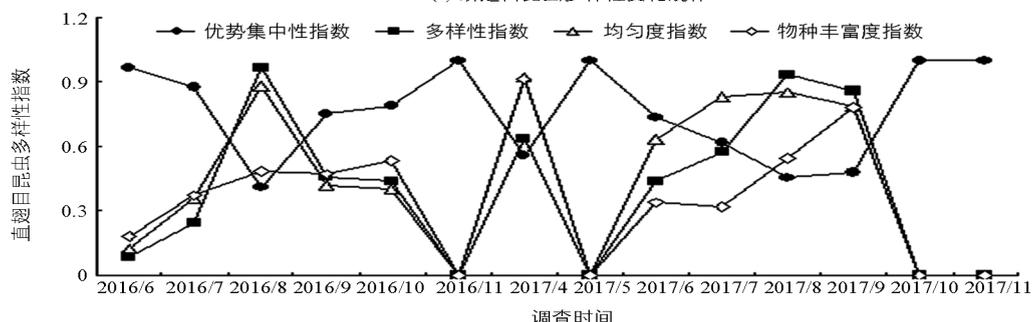
(a) 鞘翅目昆虫多样性变化规律



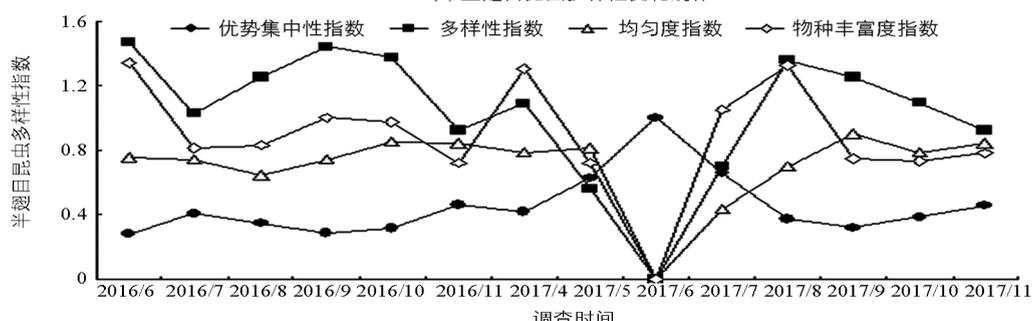
(b) 双翅目昆虫多样性变化规律



(c) 鳞翅目昆虫多样性变化规律



(d) 直翅目昆虫多样性变化规律



(e) 半翅目昆虫多样性变化规律

图 2 各时期露地种植模式下菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫多样性变化规律

### 2.3 菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫物种相似性和相异性分析

各时期菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫物种相似性和相异性分析结果见表 2. 其中, 表格对角线以上部分是相似性指数, 其数值越大, 表示两个时期昆虫物种差异越小; 对角线以下部分是相异性指数, 其数值越大, 表示两个时期昆虫物种差异越大, 反之亦然. 其相似性和相异性指数各 91 组. 结果显示, 2016 年 8 月与 9 月昆虫物种相似性水平最高为 0.837 8, 其次 2017 年 7 月与 8 月昆虫物种相似性为 0.821 4, 2016 年 7 月与 2017 年 4 月昆虫物种相似性为 0.760 0, 根据 Jaccard 相似性系数原理, 3 组均达到了极相似水平, 占相似性指数总组数的 3.30%. 此外, 相似性指数在 0.26~0.50 的组数共 29 组, 占相似性指数总组数的 31.87%, 即有 31.87% 的时间组昆虫物种相似性为中等不相似水平, 而剩余 64.83% 均达到中等相似水平, 说明大部分时期菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫物种组成相似. 从相异性指数来看, 2016 年 6 月与 11 月昆虫物种相异性最大为 0.729 7, 其次 2016 年 6 月与 2017 年 11 月相异性指数为 0.702 7, 即该试验起始阶段与每年年末灯下昆虫物种相异性较大.

表 2 露地种植模式下菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫物种相似性和相异性指数 \*

时期	2016						2017								
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	
2016	6月		0.588 2	0.619 0	0.641 0	0.526 3	0.270 3	0.542 9	0.444 4	0.514 3	0.513 5	0.552 6	0.421 1	0.368 4	0.297 3
	7月	0.411 8		0.567 6	0.542 9	0.454 5	0.370 4	0.760 0	0.500 0	0.482 8	0.533 3	0.580 6	0.466 7	0.500 0	0.407 4
	8月	0.381 0	0.432 4		0.837 8	0.631 6	0.416 7	0.567 6	0.513 5	0.540 5	0.621 6	0.702 7	0.611 1	0.513 5	0.444 4
	9月	0.359 0	0.457 1	0.162 2		0.705 9	0.468 8	0.588 2	0.529 4	0.514 3	0.647 1	0.735 3	0.636 4	0.575 8	0.500 0
	10月	0.473 7	0.545 5	0.368 4	0.294 1		0.518 5	0.548 4	0.483 9	0.516 1	0.612 9	0.656 3	0.600 0	0.642 9	0.555 6
	11月	0.729 7	0.629 6	0.583 3	0.531 3	0.481 5		0.480 0	0.521 7	0.384 6	0.444 4	0.448 3	0.480 0	0.666 7	0.631 6
2017	4月	0.457 1	0.240 0	0.432 4	0.411 8	0.451 6	0.520 0		0.680 0	0.653 8	0.703 7	0.689 7	0.571 4	0.615 4	0.461 5
	5月	0.555 6	0.500 0	0.486 5	0.470 6	0.516 1	0.478 3	0.320 0		0.708 3	0.571 4	0.516 1	0.555 6	0.666 7	0.500 0
	6月	0.485 7	0.517 2	0.459 5	0.485 7	0.483 9	0.615 4	0.346 2	0.291 7		0.666 7	0.548 4	0.653 8	0.464 3	0.370 4
	7月	0.486 5	0.466 7	0.378 4	0.352 9	0.387 1	0.555 6	0.296 3	0.428 6	0.333 3		0.821 4	0.586 2	0.571 4	0.481 5
	8月	0.447 4	0.419 4	0.297 3	0.264 7	0.343 8	0.551 7	0.310 3	0.483 9	0.451 6	0.178 6		0.633 3	0.566 7	0.433 3
	9月	0.578 9	0.533 3	0.388 9	0.363 6	0.400 0	0.520 0	0.428 6	0.444 4	0.346 2	0.413 8	0.366 7		0.615 4	0.461 5
	10月	0.631 6	0.500 0	0.486 5	0.424 2	0.357 1	0.333 3	0.384 6	0.333 3	0.535 7	0.428 6	0.433 3	0.384 6		0.636 4
	11月	0.702 7	0.592 6	0.555 6	0.500 0	0.444 4	0.368 4	0.538 5	0.500 0	0.629 6	0.518 5	0.566 7	0.538 5	0.363 6	

注: \* 对角线以上是相似性指数, 对角线以下是相异性指数.

## 3 结论与讨论

调查期间, 在国家农作物蔬菜改良中心重庆分中心利用市售长波紫外线太阳能 LED 杀虫灯捕集昆虫 5 目 35 科 42 种, 共计 27 689 头. 明确了露地种植模式下菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫以鳞翅目数量最多, 其物种优势集中性指数在 2016 年 7—9 月和翌年 7 月出现峰值, 灯下鳞翅目优势种为螟蛾科甜菜白带野螟. 并且, 在调查期间, 各时期灯下鞘翅目昆虫的物种数均为最多, 且在 2016 年 8 月达到最高值 15 个种, 与其他目昆虫相比, 其物种多样性指数和丰富度指数也相对较高, 其优势集中性指数普遍处于较低水平, 仅在 2016 年 8 月和 2017 年 10 月出现二次峰值, 由此说明, 菜地长波紫外线灯下趋光性鞘翅目昆虫物种较为丰富, 个别时期其物种优势也相对集中. 灯下双翅目和直翅目趋光性昆虫的多样性指数和丰富度指数普遍处于较低水平, 且双翅目昆虫的优势集中性指数在各时间段均处于较高水平, 双翅目昆虫以摇蚊科莲藕潜叶摇蚊为优势种. 半翅目昆虫优势集中性指数在 2017 年 6 月达到峰值, 该时期仅捕集到蝽科的稻绿蝽. 调查期间大部分时段菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫物种组成达相似水

平, 其中以 2016 年 8 月与 9 月相似性水平最高为 0.837 8, 其次是 2017 年 7 月与 8 月, 其相似性达 0.821 4, 说明相邻时间段, 昆虫物种组成变化不大, 相似性较高. 此外, 2016 年 7 月与 2017 年 4 月昆虫物种相似性为 0.760 0, 刚好达到极相似水平, 这两个时间段的昆虫或受气候及田间农艺措施等因素影响导致物种组成达到极相似水平. 相异性分析结果显示, 2016 年 6 月与当年和翌年 11 月的相异性较大, 导致该结果的原因为调查试验起始阶段已入夏, 气温相对较高, 物种较为丰富, 而每年 11 月重庆气温较低, 昆虫数量明显减少, 导致两个时间段物种相异性较大.

该研究结果表明, 重庆市露地种植模式下菜地长波紫外线灯下趋光性昆虫物种较为丰富, 从数量占比来看, 以鳞翅目、双翅目和鞘翅目为主; 从物种数来看, 以鞘翅目昆虫种类最多, 其次是鳞翅目和半翅目. 但值得注意的是, 在长波紫外线杀虫灯捕集到的昆虫中, 不仅包括以十字花科、茄科、葫芦科、豆科和菊科蔬菜为寄主的趋光性昆虫, 还包括大量栖息在田间沟渠内的水生昆虫(如姬牙虫), 以果树为寄主的昆虫(如八点广翅蜡蝉), 以及部分天敌昆虫和葬甲类, 它们的种群数量及其演替不仅受田间蔬菜作物种类及其生长期影响, 田间农艺措施、灯内虫尸量、气候及栖息环境等对其数量亦有直接影响.

LED 灯因其使用寿命长、光谱范围窄、低能耗等特点, 被逐步运用于杀虫灯生产和研究中. 近年来, 针对不同种类昆虫特质光谱范围的 LED 杀虫灯也陆续被研究开发和运用. 然而, 尽管 LED 杀虫灯在光谱范围上更可控, 更能较为准确地锁定目标害虫, 但部分研究结果表明, 即便是单一波长范围的杀虫灯, 对同目下的害虫和天敌昆虫亦会有诱杀作用<sup>[17-18]</sup>, 且同一种类昆虫也会对不同光源做出响应<sup>[6-7, 19-20]</sup>. 因此, 为了提高杀虫灯对靶标昆虫的诱杀效力, 降低其对天敌昆虫的诱集作用, 在使用 LED 杀虫灯之前, 应先对害虫和天敌昆虫的发生规律、活动时间及其相关气象条件、昆虫对光质的响应特性作细致调查<sup>[21]</sup>, 再选择适合波长范围和光照强度的杀虫灯, 在适当时段进行诱杀防治.

## 参考文献:

- [1] 赵志模, 刘映红, 张昌伦. 重庆市郊不同种植制度菜地昆虫群落结构研究 [J]. 植物保护学报, 1994, 21(1): 39-45.
- [2] 彭 萍, 王晓庆, 李品武, 等. 不同品种茶园害虫及天敌群落多样性研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2011, 33(6): 30-34.
- [3] 曾明森, 刘丰静, 何玉仙, 等. 茶园主要害虫种群灯下监测及频振式与 LED 式杀虫灯的效果评价 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(19): 246-252.
- [4] 程 雪, 高志奎, 王 梅, 等. LED 杀虫灯对温室害虫的诱杀效应 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(20): 9526-9537.
- [5] 涂海华, 唐乃雄, 胡秀霞, 等. LED 多光谱间歇发光太阳能杀虫灯对稻田害虫诱杀效果 [J]. 农业工程学报, 2016, 32(16): 193-197.
- [6] 程 静. LED 对白背飞虱的田间诱集效果及复眼识别 LED 光波的机制 [D]. 扬州: 扬州大学, 2015.
- [7] 蔡 侠. 几种茶树害虫的趋光性研究 [D]. 杭州: 中国计量学院, 2014.
- [8] ZHENG Li-xia, ZHENG Yue, WU Wei-jian, et al. Field Evaluation of Different Wavelengths Light-Emitting Diodes as Attractants for Adult *Aleurodicus dispersus* Russell (Hemiptera: Aleyrodidae) [J]. Neotropical Entomology, 2014, 43(5): 409-414.
- [9] CHU C C, JACKSON C G, ALEXANDER P J, et al. Plastic Cup Traps Equipped with Light-Emitting Diodes for Monitoring Adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) [J]. Journal of Economic Entomology, 2003, 96(3): 543-546.
- [10] 张巍巍, 李元胜. 中国昆虫生态大图鉴 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2011.
- [11] 吴钜文, 陈红印. 蔬菜害虫及其天敌昆虫名录 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2013.
- [12] 陈 斌, 李廷景, 何正波. 重庆市昆虫 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [13] 王平远. 中国经济昆虫志: 第二十一册鳞翅目螟蛾科 [M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [14] 方承莱. 中国动物志: 昆虫纲第十九卷鳞翅目灯蛾科 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [15] 陈一心. 中国动物志: 昆虫纲第十六卷鳞翅目夜蛾科 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.

- [16] 虞佩玉, 王书永, 杨星科. 中国经济昆虫志: 第五十四册鞘翅目叶甲总科(二) [M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [17] 赵俊玲, 邵英, 刘芳, 等. 白背飞虱及其天敌黑肩绿盲蝽对 5 种不同发光二极管的趋光反应 [J]. 江苏农业科学, 2011, 39(6): 226—232.
- [18] 涂小云, 陈元生, 支忆. LED 光源对昆虫行为学和生物学特性的影响 [J]. 植物保护, 2014, 40(2): 11—15.
- [19] 蒋月丽. 铜绿丽金龟对光信号的感受和行为响应机制研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- [20] SCHMID R B, SNYDER D, COHNSTAEDT L W, et al. Hessian Fly (Diptera: Cecidomyiidae) Attraction to Different Wavelengths and Intensities of Light-Emitting Diodes in the Laboratory [J]. Environmental Entomology, 2017, 46(4): 895—900.
- [21] 张广学, 郑国, 李学军, 等. 从保护生物多样性角度谈频振式杀虫灯的应用 [J]. 昆虫知识, 2004, 41(6): 532—535.

## Researches of the Diversity of Insects in Vegetable Fields with the Long-Wave Ultraviolet Insect-Trapping Lamp

WU Shuang, LIU Jian-fei, WANG Zhi-jin,  
LIU Yu-ying, GUO Xiao, ZHANG Yi-mo

Chongqing Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 401329, China

**Abstract:** Phototactic insects in an open vegetable field were trapped with a long-wave ultraviolet (UV) light-emitting diode (LED) insect-trapping lamp in Chongqing. A total of 42 phototactic insect species belonging to 35 families were collected. Lepidoptera was the main order trapped by the light, followed by the orders Diptera and Coleoptera. *Stenochironomus nelumbus* of Chironomidae and *Hymenia recurvoalis* of Pyralidae were the dominant species. The order Coleoptera had the greatest number of the species trapped, followed in sequence by Lepidoptera and Hemiptera. The dominant concentration index of Diptera generally stayed in a fairly high level, but dropped sharply in August in 2017 to its lowest level (0.590 0). Besides, the similarity index was the highest at 0.837 8 between August and September in 2016. The dissimilarity index was the highest at 0.729 7 between June and November in 2016.

**Key words:** long-wave UV light; insect-trapping lamp; phototactic insect; diversity; vegetable field; open-field cultivation pattern

责任编辑 周仁惠