



郭健玲, 梁桥新, 曾 伶, 等. 3 种扁谷盗对不同波长光趋性研究[J]. 华南农业大学学报, 2016, 37(3): 90-94.

3 种扁谷盗对不同波长光趋性研究

郭健玲¹, 梁桥新¹, 曾 伶², 沈斌斌¹, 梁广文¹

(1 华南农业大学 农学院, 广东 广州 510642; 2 广东省粮食科学研究所, 广东 广州 510050)

摘要:【目的】研究锈赤扁谷盗 *Cryptolestes ferrugineus* 成虫、土耳其扁谷盗 *Cryptolestes turcicus* 和长角扁谷盗 *Cryptolestes pusillus* 雌成虫对不同波长光的趋性。【方法】室内应用光行为反应装置测试 3 种扁谷盗羽化 1、11、21 和 31 日龄(雌)成虫对试验波长 303、320、330、340、351、368、400、445、460、480、520、525、545、560、575 和 580 nm 的趋光率。【结果】锈赤扁谷盗羽化 1、11、21 和 31 日龄成虫趋光率最高的刺激光波长分别为 351、351、400、480 nm, 对锈赤扁谷盗成虫诱集效果较好的光波长有 351、400 和 445 nm, 随着日龄的增加, 对锈赤扁谷盗成虫诱集率大于 20% 的光波数增加; 土耳其扁谷盗羽化 1、11、21 和 31 日龄趋光率分别为 16% ~ 51%、11% ~ 46%、7% ~ 37% 和 4% ~ 28%, 雌成虫趋光率最高的刺激光波长分别为 351(368)、368、330 和 351 nm, 对土耳其扁谷盗雌成虫诱集效果较好的光波长有 368、351 和 303 nm; 长角扁谷盗羽化 1、11、21 和 31 日龄趋光率分别为 1.11% ~ 75.56%、18.89% ~ 70.00%、33.33% ~ 62.22% 和 22.22% ~ 71.11%, 雌成虫趋光率最高的刺激光波长分别为 575、320、400(445) 和 320(560) nm, 对长角扁谷盗雌成虫诱集效果较好的光波长有 320、575 和 330 nm。【结论】锈赤扁谷盗成虫的趋光性随着日龄的增加而增强, 土耳其扁谷盗雌成虫的趋光性随着日龄的增加而下降, 长角扁谷盗雌成虫的趋光性随着日龄的增加略为下降。

关键词:锈赤扁谷盗; 土耳其扁谷盗; 长角扁谷盗; 日龄; 波长; 趋光性
中图分类号:Q968.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2016)03-0090-05

Phototaxis behavior of three species of *Cryptolestes* to lights with different wavelengths

GUO Jianling¹, LIANG Qiaoxin¹, ZENG Ling², SHEN Binbin¹, LIANG Guangwen¹

(1 College of Agriculture, South China Agriculture University, Guangzhou 510642, China;
2 Guangdong Institute of Food Science, Guangzhou 510050, China)

Abstract:【Objective】To study phototaxis of *Cryptolestes ferrugineus* adults, the female adults of *Cryptolestes turcicus* and *Cryptolestes pusillus* to lights with different wavelengths. 【Method】A light behavior reaction device was used to test the phototactic ratios of 1-day-old, 11-day-old, 21-day-old and 31-day-old (female) adults of three species of *Cryptolestes* to lights with wavelengths of 303, 320, 330, 340, 351, 368, 400, 445, 460, 480, 520, 525, 545, 560, 575 and 580 nm. 【Result】The wavelengths of simulating lights resulting in the highest phototactic ratios of the 1-, 11-, 21-, and 31-day-old adults of *C. ferrugineus* were 351, 351, 400, and 480 nm respectively. The wavelengths with relatively better trapping effects for *C. ferrugineus* adults were 351, 400 and 445 nm. With the increase of age, the number of wavelengths that led to over 20% phototactic ratio of *C. ferrugineus* increased. The phototactic ratios of 1-, 11-, 21-, and 31-day-old female adults of *C. turcicus* ranged from 16% to 51%, 11% to 46%, 7% to 37%, and 4% to 28% respectively, and the light wavelengths resulting in the highest phototactic ratios were 351 (368), 368, 330, and 351 nm respectively. The wavelengths with relatively better trapping effects for

female adults of *C. turcicus* were 368, 351 and 303 nm. The phototactic ratios of 1-, 11-, 21-, and 31-day-old female adults of *C. pusillus* ranged from 51.11% to 75.56%, 18.89% to 70.00%, 33.33% to 62.22%, and 22.22% to 71.11% respectively, and the light wavelengths resulting in the highest phototactic ratios at these four ages were 575, 320, 400(445), and 320(560) nm respectively. The wavelengths with relatively better trapping effects for female adults of *C. pusillus* were 320, 575 and 330 nm. 【Conclusion】The phototactic ratios of *C. ferrugineus* adults increase with age, the phototactic ratios of the female adults of *C. turcicus* decrease with age, and the phototactic ratios of the female adults of *C. pusillus* decreases slightly with age.

Key words: *Cryptolestes ferrugineus*; *Cryptolestes turcicus*; *Cryptolestes pusillus*; age in days; wavelength; phototaxis

仓储害虫体积小、繁殖快、适应力强、分布广^[1], 它们的存在不仅直接影响储粮量, 而且容易使储粮成分劣变^[2-3]。化学防治一直是防治仓储害虫的主要手段, 虽然其在一定程度上控制了害虫的发展和危害, 但也导致了害虫抗药性的产生^[4], 使得其易发、难防、难治^[5]。

扁谷盗类害虫主要包括锈赤扁谷盗 *Cryptolestes ferrugineus*、土耳其扁谷盗 *Cryptolestes turcicus* 和长角扁谷盗 *Cryptolestes pusillus* 等普遍发生的储粮害虫^[6]。其成虫和幼虫均能危害有损伤的禾谷类粮粒、豆类、油料等多种农产品及其加工产品^[7], 在粮堆发热时最易发生^[8], 并易大量聚集在潮湿粮食中引起霉变^[9]。研究^[10-11]表明锈赤扁谷盗已成为世界上发生最为普遍的储粮害虫, 也是中国粮库储粮中最难防治的害虫之一。

本试验研究了锈赤扁谷盗 *C. ferrugineus* 成虫、土耳其扁谷盗 *C. turcicus* 和长角扁谷盗 *C. pusillus* 雌成虫对不同波长光的趋性, 以期为扁谷盗类害虫

的绿色防控提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

3种扁谷盗成虫由广东省粮食科学研究所提供, 在华南农业大学农学院昆虫实验室无光、温度28~30℃、湿度75%~80%的培养箱内进行繁殖。每天成虫过60目筛留下卵, 用含w=5%酵母的全麦粉作为饲料在广口玻璃瓶中饲养。待卵孵化出的幼虫化蛹、羽化为成虫后分批培养并记录成虫羽化日龄。

光行为反应装置(图1)主体可分3个部分, 即趋光反应室、避光反应室和栖息反应室, 其中趋光反应室和避光反应室大小相等, 2室中间隔开、不透光。避光反应室和栖息反应室外面用黑胶布覆盖、不透光。图1中阴影部分2个等面积方框分别为栖息反应室与趋光反应室、避光反应室贴合面上的2个开口, 以保证光照处理时, 试虫可自由选择趋光反应室或避光反应室。

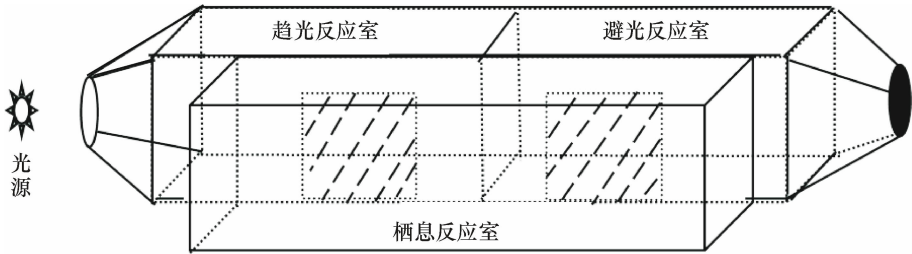


图1 光行为反应装置
Fig.1 Light behavior reaction device

试验波长为303、320、330、340、351、368、400、445、460、480、520、525、545、560、575和580nm。智能便携式网状诱虫灯, 产品型号为FWS-SP-5B, 灯泡的规格均为12V、8W, 由深圳市富巍盛科技有限公司生产。

1.2 方法

试验在暗室内进行, 室内温度保持在25~28℃、相对湿度为75%~80%。

分别挑选羽化日龄为1、11、21和31日的锈赤扁谷盗成虫、土耳其扁谷盗雌成虫和长角扁谷盗雌成虫健壮个体进行试验, 30头成虫置于1个培养皿

中作为 1 个处理,每个处理重复 3 次。为使成虫复眼适应状态尽量一致,每次试验处理(光照刺激)前,先将试验成虫放置在暗室中适应 1 h 再进行光照处理。

将上述波长的灯泡安装于诱虫灯上进行试验。试验开始时将经过暗适应处理的 30 头虫体放进栖息室并盖好口,保证所有光行为反应装置与光源在距离和高度等方面保持一致,然后进行光照处理 45 min,取出反应装置,记录趋光室内试虫个体数,计算趋光率。

趋光率 = (趋光反应室的虫数/试虫数) × 100%。

1.3 数据处理

应用软件 SPSS19.0 对试验数据进行统计和分析。

2 结果与分析

锈赤扁谷盗不同羽化日龄成虫对不同波长光的趋光率见表 1。在 351、320 nm 光的刺激下,锈赤扁谷盗 1 日龄成虫的趋光率较高,分别为 23.33%、22.22%;351 nm 光对锈赤扁谷盗 11 龄成虫引诱作

用最强,其成虫趋光率达到 32.22%;400 nm 光引诱锈赤扁谷盗 21 龄成虫效果最好,其成虫趋光率为 28.89%;锈赤扁谷盗 31 日龄成虫趋光率较高(23.33%~28.89%)的刺激光波长较多,包括 480、320、330、340、400、520、525、303 和 445 nm。在粮仓内,锈赤扁谷盗成虫羽化日龄一般不整齐、各种羽化日龄成虫同时存在,因此,用 4 种羽化日龄成虫趋光率的平均值来估计实际环境中锈赤扁谷盗成虫的趋光率。表 1 可以看出,较吸引锈赤扁谷盗成虫的波长为 351、400 和 445 nm,其成虫趋光率依次为 23.89%、22.22% 和 20.83%。

320、351、368、445 nm 的光对锈赤扁谷盗 1 日龄成虫的诱集率大于 20%,303、351 nm 的光对锈赤扁谷盗 11 日龄成虫的诱集率大于 20%,320、368、400、445、545 nm 的光对锈赤扁谷盗 21 日龄成虫的诱集率大于 20%,而 303、320、330、340、351、400、445、460、480、520、525、545 和 560 nm 的光对锈赤扁谷盗 31 日龄成虫的诱集率大于 20%。可见,随着龄期的增加,锈赤扁谷盗成虫对各种光的趋光性呈现增强的趋势。

表 1 锈赤扁谷盗不同羽化日龄成虫对不同波长光的趋光率¹⁾

Tab.1 The phototactic ratios of <i>Cryptolestes ferrugineus</i> adults at different ages to lights with different wavelengths %					
λ/nm	羽化 1 日龄	羽化 11 日龄	羽化 21 日龄	羽化 31 日龄	平均值
303	16.67 ± 0.58abcd	22.22 ± 0.33b	18.89 ± 0.67bcd	23.33 ± 0.58ab	20.28 ± 3.06abc
320	22.22 ± 0.33ab	6.67 ± 0.58fg	23.33 ± 0.58ab	24.44 ± 0.33ab	19.17 ± 8.38abc
330	16.67 ± 0.58abcd	12.22 ± 0.33cdefg	18.89 ± 0.88bcd	24.44 ± 0.33ab	18.06 ± 5.08abc
340	17.78 ± 0.33abcd	7.78 ± 0.33efg	14.44 ± 0.88cde	24.44 ± 0.88ab	16.11 ± 6.94abc
351	23.33 ± 1.53a	32.22 ± 0.33a	18.89 ± 1.2bcd	21.11 ± 0.33ab	23.89 ± 5.84c
368	21.11 ± 1.2abc	5.56 ± 1.2g	22.22 ± 0.88abc	18.89 ± 0.33ab	16.95 ± 7.72abc
400	17.78 ± 0.88abcd	17.78 ± 1.67bcd	28.89 ± 0.33a	24.44 ± 0.88ab	22.22 ± 5.44bc
445	20.00 ± 0.58abc	17.78 ± 1.33bcd	22.22 ± 0.88abc	23.33 ± 1ab	20.83 ± 2.46abc
460	11.11 ± 0.33d	8.89 ± 0.67defg	12.22 ± 0.33de	21.11 ± 1.45ab	13.33 ± 5.37ab
480	11.11 ± 0.67d	18.89 ± 0.67bc	17.78 ± 0.33bcde	28.89 ± 0.88a	19.17 ± 7.34abc
520	18.89 ± 0.88abcd	15.56 ± 0.33bcdef	17.78 ± 0.33bcde	24.44 ± 0.33ab	19.17 ± 3.78abc
525	14.44 ± 0.33bcd	16.67 ± 0 bcde	17.78 ± 0.67bcde	24.44 ± 1.76ab	18.33 ± 4.30abc
545	14.44 ± 0.33bcd	18.89 ± 0.67bc	20.00 ± 0.58bcd	22.22 ± 0.88ab	18.89 ± 3.27abc
560	13.33 ± 0.58cd	11.11 ± 0.33cdefg	17.78 ± 0.33bcde	20.00 ± 1.15ab	15.56 ± 4.06abc
575	17.78 ± 0.67abcd	16.67 ± 1.53bcde	10.00 ± 0.58e	14.44 ± 0.67b	14.72 ± 3.44ab
580	14.44 ± 0.88bcd	8.89 ± 0.67defg	10.00 ± 1.53e	17.78 ± 0.88b	12.78 ± 4.11a

1) 同列数据后凡具有相同一个字母者,表示差异不显著(P>0.05, Duncan's 法)

土耳其扁谷盗不同羽化日龄雌成虫对不同波长光的趋光率见表 2。351 和 368 nm 光对土耳其扁谷盗 1 日龄雌成虫引诱作用最强,趋光率均为 51.11%;368 nm 对 11 日龄雌成虫引诱作用最强,趋光率为 46.67%;330 nm 对 21 日龄雌成虫引诱作用最强,趋光率为 37.78%;351 nm 对 31 日龄雌成虫引诱作用最强,趋光率为 28.89%。总的看来,引诱土

耳其扁谷盗雌成虫较好的波长为 368、351 和 303nm,雌成虫趋光率依次为:37.78%、33.06% 和 31.67%。

土耳其扁谷盗 1 日龄雌成虫的趋光率为 16%~51%,11 日龄雌成虫趋光率为 11%~46%,21 日龄雌成虫趋光率为 7%~37%,31 日龄雌成虫趋光率为 4%~28%。可见随着日龄的增大,土耳其扁谷盗雌成虫的趋光性呈现下降的趋势。

表 2 土耳其扁谷盗不同羽化日龄雌成虫对不同波长光的趋光率¹⁾

Tab.2 The phototactic ratios of female adults of *Cryptolestes turcicus* at different ages to lights with different wavelengths %

λ/nm	羽化 1 日龄	羽化 11 日龄	羽化 21 日龄	羽化 31 日龄	平均值
303	50.00 ± 5.66a	31.11 ± 0.47bcde	30.00 ± 1.41ab	15.56 ± 0.47bcde	31.67 ± 14.13ab
320	47.78 ± 2.62ab	27.78 ± 1.89cdef	28.89 ± 2.05ab	16.67 ± 0.82bcd	30.28 ± 12.91ab
330	21.11 ± 0.94ef	11.11 ± 0.47h	37.78 ± 0.47a	21.11 ± 0.47abc	22.78 ± 11.06ab
340	30.00 ± 1.41cdef	34.44 ± 1.70abcd	14.44 ± 1.25cd	15.56 ± 3.86bcde	23.61 ± 10.12ab
351	51.11 ± 0.47a	40.00 ± 1.41abc	12.22 ± 0.47cd	28.89 ± 0.47a	33.06 ± 16.59ab
368	51.11 ± 4.19a	46.67 ± 2.83a	28.89 ± 2.87ab	24.44 ± 0.47ab	37.78 ± 13.09b
400	32.22 ± 1.25bedef	24.44 ± 2.05defg	21.11 ± 1.25bc	20.00 ± 0.82abc	24.44 ± 5.52ab
445	28.89 ± 0.94def	15.56 ± 0.94fgh	11.11 ± 0.47cd	14.44 ± 0.94bcde	17.50 ± 7.82ab
460	34.44 ± 0.47abcde	16.67 ± 1.41efgh	28.89 ± 1.25ab	4.44 ± 0.47e	21.11 ± 13.36ab
480	24.44 ± 2.05def	18.89 ± 1.25efgh	21.11 ± 0.47bc	17.78 ± 0.94abcd	20.56 ± 2.94ab
520	33.33 ± 1.63abcdef	14.44 ± 0.94gh	33.33 ± 1.63a	13.33 ± 2.16bcde	23.61 ± 11.24ab
525	36.67 ± 2.45abcde	21.11 ± 1.89efgh	15.56 ± 0.47cd	20.00 ± 2.16abc	23.34 ± 9.21ab
545	16.67 ± 0.00f	22.22 ± 1.70defgh	17.78 ± 1.70cd	4.44 ± 0.47e	15.28 ± 7.61a
560	41.11 ± 0.47abcd	25.56 ± 0.47defg	15.56 ± 0.47cd	7.78 ± 1.25de	22.50 ± 14.38ab
575	37.78 ± 1.70abcde	27.78 ± 1.70cdef	21.11 ± 0.47cb	12.22 ± 1.70cde	24.72 ± 10.79ab
580	46.67 ± 1.63abc	42.22 ± 2.87ab	7.78 ± 0.94d	14.44 ± 1.25bcde	27.78 ± 19.52ab

1) 同列数据后凡具有相同一个字母者,表示差异不显著($P>0.05$, Duncan's 法)

长角扁谷盗不同羽化日龄雌成虫对不同波长光的趋光率见表 3。575 nm 光对长角扁谷盗 1 日龄雌成虫引诱作用最强,成虫趋光率为 75.56%;320 nm 光对长角扁谷盗 11 日龄雌成虫引诱作用最强,成虫趋光率为 70.00%;400 和 445 nm 光对长角扁谷盗 21 日龄雌成虫引诱作用最强,成虫趋光率均为 62.22%;320 和 560 nm 光对长角扁谷盗 31 日龄雌成虫引诱作用最强,成虫趋光率均为 71.11%。总的看来,较吸引长角扁谷盗雌成虫的光波长为 320、575 和 330 nm,成虫趋光率依次为:67.22%、64.72% 和 62.78%。

长角扁谷盗 1 日龄雌成虫的趋光率为 51.11%~75.56%,11 日龄趋光率为 18.89%~70.00%,21 日龄趋光率为 33.33%~62.22%,31 日龄趋光率为 22.22%~71.11%。由此可见,随着日龄的增大,长角扁谷盗雌成虫的趋光率略为下降。

综上所述,锈赤扁谷盗成虫、土耳其扁谷盗雌成虫和长角扁谷盗雌成虫趋光率范围分别为5.56%~

表 3 长角扁谷盗不同羽化日龄雌成虫对不同波长光的趋光率¹⁾

Tab.3 The phototactic ratios of female adults of *Cryptolestes pusillus* at different ages to lights with different wavelengths %

λ/nm	羽化 1 日龄	羽化 11 日龄	羽化 21 日龄	羽化 31 日龄	平均值
303	68.89 ± 2.36abc	44.44 ± 0.47cde	34.44 ± 3.78e	53.33 ± 1.41bcdef	50.28 ± 14.61ab
320	71.11 ± 2.49ab	70.00 ± 3.74a	56.67 ± 4.81abc	71.11 ± 3.09a	67.22 ± 7.05b
330	70.00 ± 2.94abc	61.11 ± 2.87ab	61.11 ± 4.57a	58.89 ± 2.05abcd	62.78 ± 4.93ab
340	70.00 ± 0.82abc	18.89 ± 0.47f	33.33 ± 5.45e	66.67 ± 2.16ab	47.22 ± 25.12ab
351	57.78 ± 2.87bcd	55.56 ± 2.49abc	36.67 ± 1.82de	51.11 ± 1.25cdef	50.28 ± 9.49ab
368	67.78 ± 1.25abc	50.00 ± 2.16bcd	48.89 ± 2.10bc	42.22 ± 0.94f	52.22 ± 10.93ab
400	55.56 ± 1.7cd	40.00 ± 2.16de	62.22 ± 1.05a	56.67 ± 2.16bcde	53.61 ± 9.53ab
445	51.11 ± 2.62d	56.67 ± 0.82abc	62.22 ± 3.78a	46.67 ± 0.82def	54.17 ± 6.75ab
460	62.22 ± 1.25abcd	62.22 ± 1.25ab	54.44 ± 2.77abc	61.11 ± 1.25abc	60.00 ± 3.74ab
480	57.78 ± 0.47bcd	63.33 ± 0.82ab	56.67 ± 1.82abc	22.22 ± 0.94g	50.00 ± 18.75ab
520	72.22 ± 1.70ab	32.22 ± 2.36ab	53.33 ± 5.45abc	42.22 ± 0.94f	50.00 ± 17.14ab
525	51.11 ± 1.70d	52.22 ± 1.70bcd	46.67 ± 1.82cd	43.33 ± 2.16f	48.33 ± 4.11ab
545	65.56 ± 0.47abcd	63.33 ± 1.41ab	58.89 ± 1.05ab	60.00 ± 1.63abcd	61.95 ± 3.06ab
560	58.89 ± 2.05abc	52.22 ± 1.70bcd	60.00 ± 1.82ab	71.11 ± 2.05a	60.56 ± 7.83ab
575	75.56 ± 1.70a	63.33 ± 1.41ab	61.11 ± 2.77a	58.89 ± 1.89abcd	64.72 ± 7.45b
580	68.89 ± 2.05abc	21.11 ± 1.25f	34.44 ± 4.57e	44.44 ± 1.25ef	42.22 ± 20.18a

1) 同列数据后凡具有相同一个字母者,表示差异不显著($P>0.05$, Duncan's 法)

32.22%、4.44%~51.11%和18.89%~75.56%,3种(雌)成虫的总平均趋光率分别为18.09%、25.00%和54.87%。3种扁谷盗(雌)成虫对上述波长光波的趋光性排序为:长角扁谷盗雌成虫>土耳其扁谷盗雌成虫>锈赤扁谷盗成虫。

3 讨论与结论

考虑到粮仓内扁谷盗科害虫种群世代重叠、成虫羽化日龄不整齐的情况^[10],本试验用4种羽化日龄成虫趋光率的平均值来估测实际环境中扁谷盗成虫的趋光率,结果表明:351、400和445 nm对锈赤扁谷盗有较好的诱集作用,368、351和303 nm对土耳其扁谷盗雌成虫有较好的诱集作用,320、575和330 nm对长角扁谷盗雌成虫有较好的诱集作用。此外羽化日龄影响扁谷盗的趋光性。锈赤扁谷盗成虫的趋光性随着日龄的增加而增强,土耳其扁谷盗雌成虫的趋光性随着日龄的增加而下降,长角扁谷盗雌成虫的趋光性随着日龄的增加略为下降。可以看出,羽化日龄对各种扁谷盗成虫趋光性的影响不同。

昆虫对单色光谱的敏感性存在很大的差异。Duafy^[12]曾对8种夜蛾科Noetuidae昆虫分别进行了3~5种单波长光(365~675 nm)的趋性比较,发现不同种类昆虫对波长的敏感性不同。龟纹瓢虫*Propylea japonica*成虫在340~605 nm光谱趋光反应为多峰型,在340 nm处峰最高,趋光反应率达21%,其余各峰依大小次序分别位于绿光524 nm、蓝光400~440和483 nm处^[13]。本试验结果显示紫外光的一部分可见光如绿光等不同波长单色光刺激均能使扁谷盗科成虫产生一定的趋光行为反应,这与前人研究^[13-14]得出多数昆虫的光敏感区位于紫外绿光和蓝光的结果基本一致。

昆虫的性别、日龄以及取食情况决定昆虫的生理状态,例如果蝇的趋光性随着年龄的增大呈现规律性变化,雌性降低,雄性增加,在中龄呈现顶峰^[14]。本试验结果表明土耳其扁谷盗雌虫的趋光率也随着日龄的增大而减小。

扁谷盗科害虫1年大约发生3~6代^[15],成虫寿命通常大于2个月,本试验研究了羽化后1、11、21和31日龄(雌)成虫的趋光性,剩余时间段(雌)成虫的趋光性还有待进一步研究。

本试验光刺激时间为45 min,而在实际粮仓扁谷盗科害虫的防控过程中,通常是数天持续开灯^[3,15]。因此,各种波长诱虫灯在粮仓内对3种扁谷盗的实际控制效果如何,有待粮仓内的进一步试验。

致谢:华南农业大学农学院2011级本科生乔智慧、宋允、叶芷菁同学和2012级本科生牛雪苗、李超凡同学参与了部分试验,特此致谢!

参考文献:

- [1] 姜春英. 储粮害虫防治方法研究初探[J]. 安徽农学通报, 2014, 19(16):119-120.
- [2] DUEHI A J, COHNSTAEDT L W A, RBOGAST R T, et al. Evaluating light attraction to increase trap efficiency for *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) [J]. J Econ Entomol, 2011, 104(4):1430-1435.
- [3] 韦文生. 利用LED光催化捕蚊器诱捕主要扁谷盗属储粮害虫的试验[J]. 粮油仓储科技通讯, 2012, 28(6):32-33.
- [4] 李智深. 不同灯光测控储粮害虫应用研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2014:3-4.
- [5] 姜自德, 苏林. 锈赤扁谷盗的防治措施[J]. 粮油仓储科技通讯, 2015, 31(3):31-32.
- [6] 谢更祥, 唐易, 张连中, 等. 海南地区扁谷盗抗药性和实仓防治研究[J]. 粮食储藏, 2013, 42(1):9-12.
- [7] 郑碧珍. 粮库扁谷盗科害虫的防治[J]. 粮油仓储科技通讯, 2006, 22(6):44-45.
- [8] FLINN P W, HAGSTRUM D W. Distribution of *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae) in response to temperature gradients in stored wheat [J]. J Stored Prod Res, 1998, 34(2/3):107-112.
- [9] PARDE S R, JAYAS D S, WHITE N D G. Movement of *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae) in grain columns containing pockets of high moisture content wheat and carbon dioxide gradients[J]. J Stored Prod Res, 2004, 40(2):299-316.
- [10] JIAN F, JAYAS D S, WHITE N D G. Optimal environmental search and scattered orientations during movement of adult rusty grain beetles, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens), in grain bulks-suggested movement and distribution patterns[J]. J Stored Prod Res, 2009, 45(2):177-183.
- [11] 苏青峰, 王殿轩, 郑超杰, 等. 锈赤扁谷盗的综合治理技术对策[J]. 粮食储藏, 2013, 42(4):3-7.
- [12] DUAFY P O. Contribution a l'etude du phototropisme des Lepidopteres Noctuids [J]. Ann Sci Nat, 1964, 12(6):281-406.
- [13] 陈晓霞, 闫海燕, 魏玮, 等. 光谱和光强度对龟纹瓢虫成虫趋光行为的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(5):50-55.
- [14] LE BOURG E, BADIA J. Decline in photopositive tendencies with age in *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae) [J]. J Insect Behav, 1995, 8(6):835-845.
- [15] 宋建元, 刘征. 利用节能灯诱杀锈赤扁谷盗的试验[J]. 粮食科技与经济, 2008, 33(5):39-42.

【责任编辑 霍欢】