

DOI: 10.5846/stxb201308112058

张安盛*, 于毅, 庄乾营, 宋亚秋, 彭宗英, 周仙红, 李丽莉, 门兴元. 光谱和光强度对棕榈蓟马雌成虫行为反应的影响. 生态学报, 2015, 35(11): 3555-3561.

Zhang A S, Yu Y, Zhuang Q Y, Song Y Q, Peng Z Y, Zhou X H, Li L L, Men X Y. Effect of spectral sensitivity and intensity on the behavioral response of the *Thrips palmi* female adult. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(11): 3555-3561.

光谱和光强度对棕榈蓟马雌成虫行为反应的影响

张安盛*, 于毅, 庄乾营, 宋亚秋, 彭宗英, 周仙红, 李丽莉, 门兴元

山东省农业科学院植物保护研究所, 山东省植物病毒学重点实验室, 济南 250100

摘要:室内研究了光谱、光强度对棕榈蓟马雌成虫的趋、避光行为的影响。结果显示:在 340—605 nm 波谱内棕榈蓟马雌成虫对 14 个单色光刺激的趋光行为反应为多峰型。其中蓝光 483 nm 处峰最高,趋光反应率达 34.96%,其次为绿光 498—524 nm、562—582 nm、紫外光 340 nm 处;其避光行为反应共有 3 个峰,其中紫外光 380 nm 处最高,避光率 18.08%,另外 2 个峰分别在橙光 605 nm、紫光 420 nm 处。在趋光率较高的单色光(340、483、524、582 nm)和避光率较高的单色光(380、605 nm)以及白光刺激下,棕榈蓟马雌成虫的趋光率随光强增强的增强而提高,而避光率则随着光强的增强而降低;光强最弱时仍均有一定趋光率,最强时均未出现高端平台。因此:棕榈蓟马雌成虫对不同单色光具有明显的选择性,光谱和光强度对其趋光行为和避光行为有较大影响,光强度的影响作用与波长因素有关。

关键词:棕榈蓟马; 趋光; 避光; 行为

Effect of spectral sensitivity and intensity on the behavioral response of the *Thrips palmi* female adult

ZHANG Ansheng*, YU Yi, ZHUANG Qianying, SONG Yaqiu, PENG Zongying, ZHOU Xianhong, LI Lili, MEN Xingyuan

Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Shandong Key Laboratory of Plant Virology, Jinan 250100, China

Abstract: *Thrips palmi* is one of the most serious insect pests, causing adverse effects on vegetable production. In China, the insect pest was first discovered in Guangdong Province in the 1970s and has gradually become a major insect pest of vegetables, especially solar greenhouse vegetables. For example, in 1993 solanaceous fruit vegetables such as eggplant, green pepper and potato were damaged seriously by *T. palmi*, and the damage rate was about 90% in the Hangzhou district. In recent years, with the development of solar greenhouse vegetables in northern China, *T. palmi* has survived through the winter in solar greenhouses and damaged vegetables throughout the year, so controlling these insect pests has become more difficult. Physical control is an important control technique within integrated pest management (IPM), and the color plate trap is one of the most important methods of physical control. The color plate trap can not only reduce the number of *T. palmi* insects effectively, but can also forecast the occurrence of the insect pests in the field, so this method plays an important role in the IPM of *T. palmi*. The selectivity of *T. palmi* to colors in the field has been reported to show significant variation. To discover the photosensitivity of the insect pest, we studied the phototactic and photophobic behavior of *T. palmi* female adults in response to spectral sensitivity and light intensity by behavior method in the laboratory. The results showed that the phototactic response of *T. palmi* female adults to monochromatic light at 14 different wavelengths within a 340—605 nm range occurred in a curve with multiple peaks. The primary peak, representing the highest phototactic response

基金项目:国家“十二五”农村领域科技计划课题(2012BAD19B06);山东省科技发展计划项目(2012GNC11112)

收稿日期:2013-08-11; 网络出版日期:2014-06-12

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangansheng2003@163.com

(34.96%), occurred at a wavelength of 483 nm (blue), the secondary peak at 498—524 nm (green), and the remainder at 562—582 nm (green) and 340 nm (ultra-violet). The photophobic response occurred in a curve with three peaks: one peak at 380 nm (ultra-violet) represented the highest photophobic response rate (18.08%), and the other two peaks at 605 nm (orange) and 420 nm (violet). Under the stimulus of monochromatic light—at which the *T. palmi* showed high phototactic response rates (340 nm, 483 nm, 524 nm, 582 nm, 380 nm, 605 nm) and high photophobic response rates (380 nm, 605 nm)—and white light, the phototactic response rate of *T. palmi* female adults increased with increasing light intensity, while the photophobic response rate decreased. The response rate of *T. palmi* female adults could be detected at the lowest intensity but not at the height of the strongest intensity. Therefore, in *T. palmi* female adults, both the spectrum and intensity of light stimulus resulted in phototactic and photophobic responses under monochromatic light conditions, and the level of response was proportional to the wavelength. The results obtained provided a theoretical basis for further investigation and applications as well as for the evaluation of scientific light traps used to monitor and control *T. palmi*.

Key Words: *Thrips palmi*; phototaxis; photophobia; behavior

棕榈蓟马 (*Thrips palmi*) 属缨翅目 (Thysanoptera)、蓟马科 (Thripidae), 喜食茄科、葫芦科等多种蔬菜^[1], 还传播番茄斑萎病毒等病毒病, 严重影响蔬菜的产量和质量^[2]。棕榈蓟马最早于 20 世纪 20 年代在印度尼西亚被发现^[3], 70 年代以后先后在亚洲、澳洲、美洲和非洲等多个国家和地区发生危害^[4-5]。在我国, 棕榈蓟马于 20 世纪 70 年代在广州首次被发现后^[6], 相继在浙江、江苏、上海、北京等地多种蔬菜上发生危害^[7], 是我国蔬菜尤其是北方设施蔬菜重要害虫^[8]。当前对棕榈蓟马的研究, 主要集中在其生物学习性^[9-13]、田间种群动态^[14-17]、空间分布特征^[17-20]和综合治理^[16, 21-28]等方面。对于该害虫的防治, 应该在预测预报的基础上, 综合应用农业、物理、生物、化学等防治技术, 将其控制在经济阈值之内。

许多昆虫具有不同程度的趋光性, 并对光的波长具有选择性; 色板和灯光诱杀是害虫防治的重要措施^[29]。国内外学者对蓟马类害虫的光敏感性开展了一定的研究: 范凡等研究了波长和光强度因素对西花蓟马雌虫的趋光行为的影响, 明确了西花蓟马雌成虫的趋光率和避光率较高的单色光, 探明了光强对西花蓟马雌成虫趋光和避光行为的影响^[30]; Matteson N 等通过视网膜电位技术研究西花蓟马趋光行为^[31]; Yudin L S 等、Vernon R S 等、肖长坤等、吴青君等阐明了不同颜色粘卡对田间西花蓟马的诱集效果^[32-35]; 陈华平等则开展了不同颜色粘卡对田间棕榈蓟马的诱捕试验^[27], 但只是在田间筛选出对棕榈蓟马有较好诱捕作用的粘卡, 没有从根本上揭示波长和光强度因素对棕榈蓟马成虫行为反应的影响。本文应用光行为学方法, 研究了棕榈蓟马雌成虫对单色光和白光及其不同光强度的光反应行为差异, 试图揭示光源特征与其趋光性间的内在联系, 以期研发针对棕榈蓟马的高效测报和绿色、保护天敌的选择性诱杀 (或驱避) 光源或光活性物质提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

供试棕榈蓟马雌成虫采自济南市商河县玉皇庙街道办事处西真村日光温室菜椒。室内在糖果瓶中用新鲜芸豆饲养 1 周后, 选取健壮雌成虫作为供试虫源。饲养条件: 温度 (27±1) °C, 相对湿度 60%—70%, 光周期为 16 h:8 h。

1.2 试验设置

1.2.1 光源

150W 的高压氙灯。

1.2.2 光路系统

参照魏国树等^[36]。光路系统包括石英玻璃隔热片 (滤去红外线); 一组干涉滤光片 (获得单色光); 中性

滤光片及中性楔形滤光片(调节光强度);石英透镜的聚光镜(使平行光会聚于行为试验箱入光口处的焦平面)。

1.2.3 行为反应装置

参照魏国树等^[36]。趋光行为装置(图1)分为3个部分,即趋光室、避光室和栖息活动室(各活动室长、宽、高分别为8 cm、8 cm、7 cm)。挡光板位于栖息活动室中间,在光路上隔开并将栖息活动室均匀的分成两部分,等面积与趋光室、避光室相接,相接处设有推拉挡板,以保证光照处理时,试虫可自由选择进入趋光室或避光室。

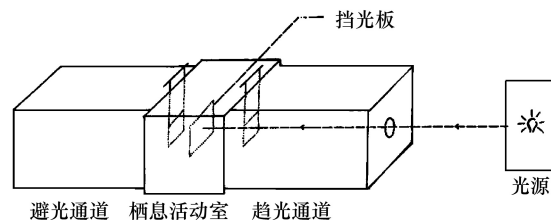


图1 趋光行为反应装置

Fig.1 The sketch map of light-path in phototaxis behavior experiment

1.3 试验方法

1.3.1 光谱试验

供试单色光的波长分别为340、360、380、400、420、440、460、483、498、524、538、562、582和605 nm。自150 W高压汞灯发出的光首先经石英隔热玻璃滤掉红外光,而后通过一组干涉滤光片和中性滤光片得到某一单色光,再经过一石英透镜使光束会聚于行为试验箱的入光口处。为消除不同干涉滤光片对各单色光光强衰减的差异,实验前采用热敏光电耦合照度计和检流计进行测量,用中性楔形滤光片调节各单色光光强度相等(光强对数值 $\log I=0.5$)。

1.3.2 光强试验

在光谱试验基础上,分别选取棕榈蓟马雌成虫趋光率、避光率较高的单色光以及白光做供试光。单色光和白光的光强度分别用中性滤光片、中性楔形滤光片按一定比例衰减(光强按其对数值($\log I$)渐次衰减, $\log I$ 等级依序为0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5),白光不衰减时的光强约为3.1lx,单色光不衰减时的光强约为0.17lx。用手动快门调节入光口的进光量。相对刺激光强度采用热敏光电耦合照度计和检流计标定。

1.3.3 试虫处理

试验在暗室中进行,室内温度(27 ± 0.5)℃,相对湿度(60 ± 5)%。为使棕榈蓟马复眼适应状态一致,每次光刺激前,在暗室中适应2 h。

将在暗室中适应后的棕榈蓟马雌成虫置于行为反应箱的栖息室中,每次光刺激时间为20 min,各处理间隔5 min。每处理重复5次,每次40头(试虫不重复利用)。在各波长或光强处理后,红光灯下分别统计趋光室和避光室的试虫个数,计算其趋、避光反应率:

$$\text{趋光率} = \text{趋光反应室虫数} / \text{总虫数} \times 100\%$$

$$\text{避光率} = \text{避光反应室虫数} / \text{总虫数} \times 100\%$$

2 结果与分析

2.1 光谱行为反应

在340—605 nm波谱内单色光刺激下,棕榈蓟马雌成虫的光谱趋、避光反应见表1、图2。试验结果表明:供试单色光均能引发棕榈蓟马雌成虫的趋、避光反应,其光谱趋、避光行为曲线均为多峰型,各峰间大小差异明显,且同一单色光下的趋光率均高于避光率。

2.1.1 趋光行为

趋光行为反应曲线中,蓝光区483 nm、绿光区498—524 nm、绿光区562—582 nm、紫外光区340 nm棕榈蓟马雌成虫趋光性均较高,趋光率分别达到34.96%、32.48%—34.36%、31.24%—33.74%和31.87%,该4波段间其雌成虫的趋光率无显著差异,但均显著高于其它波段。在橙光区605 nm棕榈蓟马雌成虫的趋光性最低,趋光率仅为16.86%,显著低于其它波段处理。其它波长亦能引起棕榈蓟马雌成虫的趋光反应,趋光率为

20.49%—26.87%。结果显示:波长因素对棕榈蓟马雌成虫趋光行为影响较大,不同波段单色光部分存在显著差异,其光感受器类型可能包括绿光、蓝光和紫外光 3 种。

表 1 14 种单色光刺激下棕榈蓟马雌成虫趋、避光率

Table 1 spectral response rate of the phototaxis and photophobis behavior of <i>Thrips palmi</i> female adult at 14 monochromatic lights			
单色光/nm Monochromatic light	趋光率/% Response rate of photophobism	单色光/nm Monochromatic light	避光率/% Response rate of phototaxis
483	34.96±1.23 a	380	18.08±0.90 a
524	34.36±0.72 a	605	15.61±0.49 ab
582	33.74±0.44 a	420	15.06±0.05 ab
498	32.48±0.88 a	460	11.85±0.57 bc
340	31.87±0.39 a	562	11.85±0.57 bc
562	31.24±0.45 a	360	11.85±0.57 bc
538	26.87±0.41 b	440	11.85±0.57 bc
440	26.24±0.47 b	582	11.22±0.66 bc
460	24.96±0.96 bc	340	11.22±0.66 bc
360	23.69±1.09 bcd	483	9.93 ±0.98 c
420	21.18±1.13 cd	524	9.28 ±1.16 c
400	21.18±1.13 cd	498	8.71 ±0.73 c
380	20.49±1.55 d	400	8.54 ±1.60 c
605	16.86±0.49 e	538	3.08 ±1.88 d

不同字母表示同列数据的检验结果显著性差异 ($P<0.05$)

2.1.2 避光行为

避光行为曲线中,棕榈蓟马雌成虫在紫外光区 380 nm、橙光区 605 nm、紫光区 420 nm 各有一个峰,其避光率分别达 18.08%、15.61%、15.06%,3 波段间避光率无显著差异;在绿光区 538 nm 波段棕榈蓟马雌成虫避光率最低,仅为 3.08%,显著低于其它处理;其它波长单色光亦能引起其避光反应,反应率相对较低,且大部分单色光间无显著差异。

2.2 光强度行为反应

选取光谱趋光行为试验中棕榈蓟马雌成虫趋光率较高的单色光(340、483、524、582 nm)和避光率较高的单色光(380、605 nm)以及白光,分别用不同光强度水平对其进行光照处理。结果显示:光强度对棕榈蓟马雌成虫趋光行为反应率有较大影响,对避光行为反应率亦有一定影响(图 3—图 9)。

2.2.1 光强度趋光行为反应

在测定单色光和白光下,棕榈蓟马雌成虫的趋光反应率总体上随光强增强提高,但在不同单色光下,其趋光行为的变化特点不同:

在白光、380、582 nm 单色光下(图 3,图 5,图 8),其雌成虫的光强度趋光行为曲线呈多峰值的锯齿状(趋光率分别为 14.00%—36.00%、18.00%—34.50%、17.00%—38.50%);在 340、483、524 nm 单色光下(图 4,图 6,图 7),其光强度趋光行为曲线均大致呈一直线(趋光率分别为 15.50%—26.50%、17.50%—27.00%、15.50%—34.50%);在 605 nm 单色光下(图 9),棕榈蓟马雌成虫的趋光性呈横“N”字型:在 log4.5—2.5 下呈上升的直线(趋光率 19.50%—26.00%),在 log2.5—1.5 下则成下降趋势(趋光率 26.00%—17.00%),在 log1.5—0 下又呈上升直线(趋光率 17.00%—31.50%)。

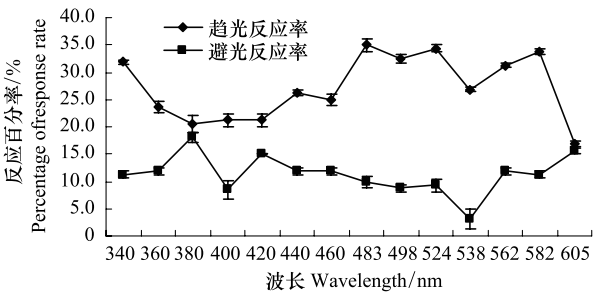


图 2 棕榈蓟马雌成虫趋、避光的光谱行为曲线
Fig. 2 Spectral response curves *Thrips palmi* female adult of phototaxis and photophobism behavior

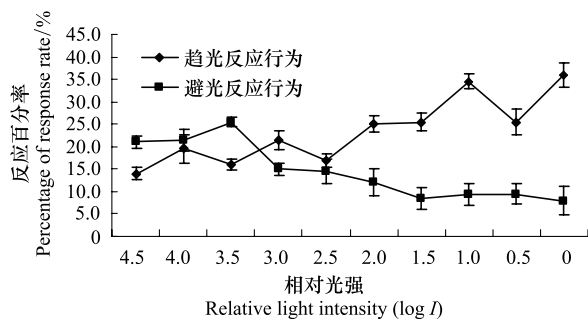


图3 白光刺激下棕榈蓟马雌成虫趋、避光行为反应

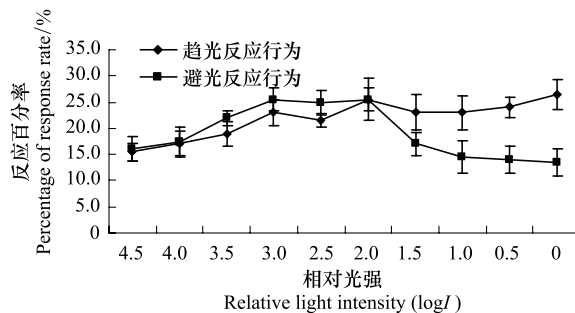
Fig.3 Intensity-behavior response cures of *Thrips palmi* female adult on white light

图4 340nm 光刺激下棕榈蓟马雌成虫趋、避光行为反应

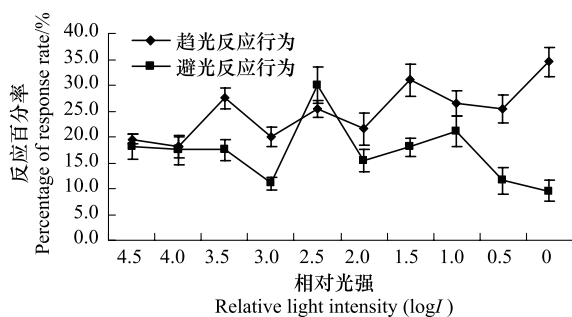
Fig.4 Intensity-behavior response cures of *Thrips palmi* female adult on the monochromatic light of 340nm

图5 380nm 光刺激下棕榈蓟马雌成虫趋、避光行为反应

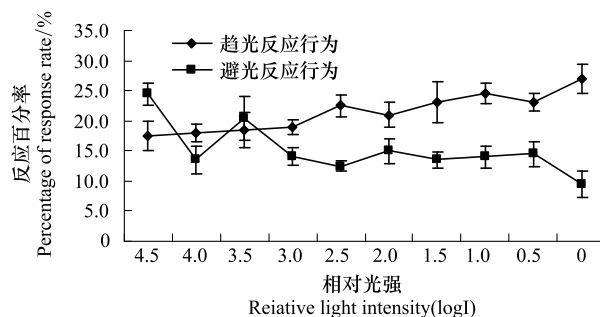
Fig.5 Intensity-behavior response cures of *Thrips palmi* female adult on the monochromatic light of 380nm

图6 483nm 光刺激下棕榈蓟马雌成虫趋、避光行为反应

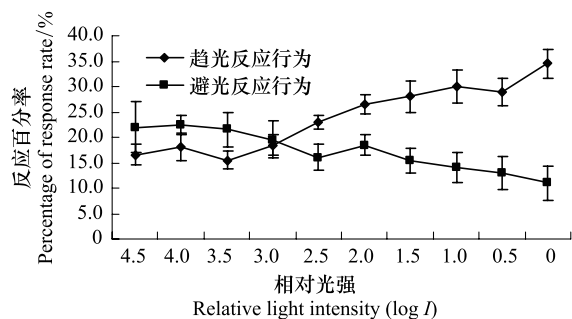
Fig.6 Intensity-behavior response cures of *Thrips palmi* female adult on the monochromatic light of 483nm

图7 524nm 光刺激下棕榈蓟马雌成虫趋、避光行为反应

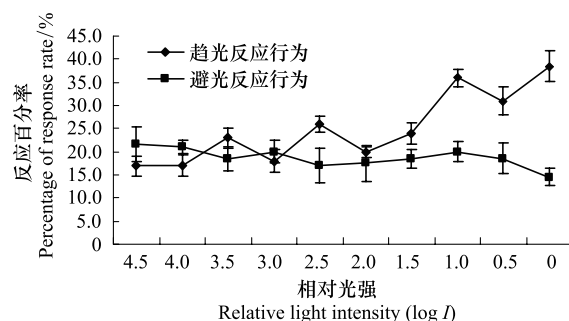
Fig.7 Intensity-behavior response cures of *Thrips palmi* female adult on the monochromatic light of 524nm

图8 582nm 光刺激下棕榈蓟马雌成虫趋、避光行为反应

Fig.8 Intensity-behavior response cures of *Thrips palmi* female adult on the monochromatic light of 582nm

在测定单色光、白光下,既使在光强最弱条件下,棕榈蓟马雌成虫仍有一定趋光率,光强最高时亦未出现高端平台。结果显示,光强度对棕榈蓟马雌成虫趋光行为反应影响较大,其影响大小视波长而定,另一方面也表明其雌成虫复眼可感受更弱和更强的光强环境,具有相当强的光强度自调节能力。

2.2.2 避光行为的光强度行为反应

在白光和大部分单色光下,棕榈蓟马雌成虫的避光反应率随光强的增强而降低,但在不同单色光下,其避光行为特点在不同光强下略有不同:

在白光、524、582、605 nm 单色光下(图3,图7—图9),棕榈蓟马雌成虫的避光反应曲线近似呈直线,仅在

部分光强下略有波动(避光率分别为 25.50%—8.00%、22.50%—11.00%、21.50%—14.50%、21.00%—12.50%);在 483 nm 单色光下(图 6),棕榈蓟马雌成虫的避光曲线在 $\log 4.5$ — $\log 3.5$ 波动较大(趋光率 24.50%—13.50%), $\log 3.5$ — $\log 0$ 则呈近似的直线(趋光率 20.50%—9.50%);在 340 nm 单色光下(图 4),棕榈蓟马雌成虫的避光性大致呈“ $\cap$ ”形:在 $\log 4.5$ —3.0 下呈上升的直线(避光率 16.00%—25.50%),在 $\log 3.0$ —2.0 下则成水平状态(避光率 25.00%—25.50%),在 $\log 2.0$ —0 下又呈下降直线(避光率 25.50%—13.50%);在 380 nm 单色光下(图 5),棕榈蓟马雌成虫的避光曲线波动最大:分别在 $\log 2.5$ 、 $\log 1.0$ 出现两个峰(趋光率 30.00%、21.00%),其不同光强下的避光率为 30.00%—9.50%。

在测定单色光、白光下,即使在光强最弱条件下,棕榈蓟马雌成虫仍有一定避光率,光强度对棕榈蓟马雌成虫避光行为反应有一定影响,其影响大小因波长而异,进一步表明其雌成虫复眼可感受更弱和更强的光强环境,具有光强度自调节能力。

3 结论与讨论

Song J H 等、陈华平等研究发现,棕榈蓟马对蓝光有较好的趋性,且蓝色、蓝绿色粘卡对田间棕榈蓟马成虫具有较好的诱捕作用^[25,27]。本研究发现,棕榈蓟马雌成虫对 340—605 nm 波谱内的 14 个单色光趋向反应明显不同,在 340、483、498、524、562、582 nm 等处趋向率较高,表明棕榈蓟马雌成虫光感受器类型可能包括绿光、蓝光和紫外光 3 种,其中蓝色光区表现出的峰值与 Song J H 和陈华平等研究结果一致;但在陈华平的研究结果同时表明,绿色色板与黄色、深蓝色、桔黄色、红色、黑色等色板的诱虫量均较低,色板间无差异,与本研究结果存在一定差异,这可能与与试验小环境内植被颜色造成的背景色有关,或者色板反射波长与单色光波长之间有差异相关,有待于对不同生境下棕榈蓟马雌成虫的趋色、光进行比较研究。范凡研究结果表明,西花蓟马在 524、380、498 nm 等单色光下趋光率较高,在 440、420、340 nm 单色光下避光率较高^[30],本研究结果与之略有不同,是由于试验误差还是 2 种蓟马由于长期的生境、习性的细微差异而引起的光敏感性存在一定差异,有待于通过试验进一步验证。

大部分昆虫对光强度有自我调节适应机制。在田间颜色诱集试验中发现,同种颜色深浅的变化对西花蓟马诱集效果不同^[27],而在光强度行为反应试验中也表现出同一波长单色光下,随光强度变化西花蓟马趋光反应率产生变化^[30],这些都说明了西花蓟马的复眼对光强度有较强的自调节及适应机制,对不同强度的光色能做出相应的选择。本研究表明,特定波长单色光不同光强度下棕榈蓟马雌成虫的趋光反应率、避光反应率不同,说明其雌成虫复眼对光强度具有较强的自我调节及适应机制,对不同强度的光色能做出相应的选择;即使光强较弱时,棕榈蓟马雌成虫的趋光率、避光率仍较高,进一步表明其复眼对光敏感并且有较高的光强度调节能力。本研究结果与西花蓟马的光强行为反应基本相一致,表明昆虫近似种之间行为相近,同时与它们相近生境、习性有较大关系。

本试验结果表明,棕榈蓟马雌成虫对不同单色光有明显的选择性,据此可对田间诱集色板进行改进或研发相应波长的诱捕光源,以更好地对棕榈蓟马进行准确的预测预报和诱集捕杀。

致谢:本研究得到河北农业大学植保学院魏国树教授、范凡博士的帮助,谨致谢意。

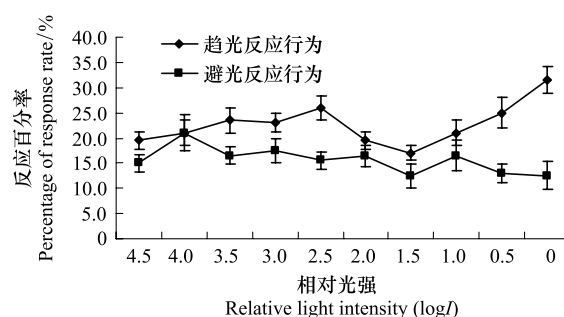


图 9 605nm 光刺激下棕榈蓟马雌成虫趋、避光行为反应
Fig.9 Intensity-behavior response cures of *Thrips palmi* female adult on the monochromatic light of 605nm

参考文献 (References):

- [1] 张维球. 农业昆虫学. 北京: 中国农业出版社, 1990: 556-561.
- [2] Kato K, Hanada K, Kameya-Iwaki M. Melon yellow spot virus: A distinct species of the genus *Tospovirus* Isolated from Melon. *Phytopathology*, 2000, 90(4): 422-427.
- [3] Hirose Y, Kajita H, Takagi M, Okajima S, Napompeth B, Buranapanichpan S. Natural enemies of *Thrips palmi* and their effectiveness in the native habitat, Thailand. *Biological Control*, 1993, 3(1): 1-5.
- [4] Cannon R J C, Matthews I, Collins D W. A review of the pest status and control options for *Thrips palmi*. *Crop Protection*, 2007, 26(8): 1089-1098.
- [5] Kajita H, Hirose Y, Takagi M, Takagi O, Masami T, Okajima S, Napompeth B, Buranapanichpan S. Host plants and abundance of *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae), an important pest of vegetables in southeast Asia. *Applied Entomology and Zoology*, 1996, 31(1): 87-94.
- [6] 张维球. 广东蔬菜常见蓟马种类及为害情况调查. 昆虫知识, 1976, 3: 83-85.
- [7] 易齐, 梁上英. 北京市朝阳区保护地蔬菜上发现棕榈蓟马为害. 植保技术与推广, 2001, 21(3): 29-29.
- [8] 秦玉洁, 梁广文, 吴伟坚. 节瓜蓟马的发生危害和防治策略. 植物保护, 2002, 28(4): 21-22.
- [9] Yadav R, Chang N T. Temperature-dependent development and life table parameters of *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) on eggplant. *Applied Entomology and Zoology*, 2012, 47(4): 301-310.
- [10] Park C G, Kim H Y, Lee J H. Parameter estimation for a temperature-dependent development model of *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2010, 13(2): 145-149.
- [11] Huang L H, Chen C N. Temperature effect on the life history traits of *Thrips palmi* Karny Thysanoptera: Thripidae on eggplant leaf. *Plant Protection Bulletin (Taipei)*, 2004, 46(2): 99-111.
- [12] 贝亚维, 顾秀慧, 高春先, 陈华平. 温度对棕榈蓟马生长发育的影响. 浙江农业学报, 1996, 8(5): 312-315.
- [13] 吴佳教, 张维球, 梁广文. 温度对节瓜蓟马发育及产卵力的影响. 华南农业大学学报, 1995, 16(4): 14-19.
- [14] Stephens A E A, Dentener P R. *Thrips palmi* - Potential survival and population growth in New Zealand. *New Zealand Plant Protection*, 2005, 58: 24-30.
- [15] Cabrera-Asencio I. Population dynamics of *Thrips palmi* (K.) on eggplant and pepper. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 1998, 82(3/4): 217-220.
- [16] 何成兴, 郭志祥, 浦恩堂, 吴文伟, 尹可锁, 张荣胜, 沈文武, 罗雁婕. 蔬菜棕榈蓟马种群动态及其防治技术研究. 云南大学学报, 2008, 30(S1): 116-119.
- [17] 顾秀慧, 贝亚维, 高春先, 陈华平. 棕榈蓟马在茄子上的种群增长、分布和抽样技术研究. 应用生态学报, 2000, 11(6): 866-868.
- [18] Cho K, Kang S H, Lee G S. Spatial distribution and sampling plans for *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) infesting fall potato in Korea. *Journal of Economic Entomology*, 2000, 93(2): 503-510.
- [19] 何成兴, 郭志祥, 陈艳秋, 杨珺, 浦恩堂, 尹可锁, 吴文伟, 杨丽芳, 李卫东, 罗雁婕. 蔬菜棕榈蓟马空间分布及聚集成因分析 // 云南省昆虫学会 2009 年年会论文集. 云南: 云南省昆虫学会, 2009: 119-121.
- [20] 刘奎, 王英. 苦瓜棕榈蓟马空间格局及抽样技术研究. 广西植保, 2000, 13(4): 10-12.
- [21] Hsu J C, Feng H T, Huang Y J. Susceptibility of *Thrips palmi* to insecticides recommended in Taiwan. *Formosan Entomologist*, 2002, 22(1): 83-93.
- [22] Kawai A. Population management of *Thrips palmi* Karny. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 2001, 45(2): 39-59.
- [23] Seal D R. Management of melon thrips, *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) using various chemicals // Proceedings of the 118th Annual Meeting of the Florida State Horticultural Society. Florida: Florida State Horticultural Society, 2005, 118: 119-124.
- [24] Sreekanth M, Sriramulu M, Rao R D V J P, Babu B S, Babu T R. Evaluation of certain new insecticides against *Thrips palmi* (Karny), the vector of peanut bud necrosis virus (PBNV) on mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *International Pest Control*, 2004, 46(6): 315-317.
- [25] Song J H, Han H R, Kang S H. Color preference of *Thrips palmi* Karny in vinylhouse cucumber. *Rda Journal of Crop Protection*, 1997, 39(2): 53-56.
- [26] 李人柯. 菜喜防治节瓜蓟马田间药效试验. 长江蔬菜, 2000, (4): 16-17.
- [27] 陈华平, 贝亚维, 顾秀慧, 高春先. 棕榈蓟马(*Thrips palmi*)对不同颜色粘卡的嗜好及其蓝色粘卡诱虫量的研究. 应用生态学报, 1997, 8(3): 335-337.
- [28] 吴建辉, 林莉. 10%除尽悬浮剂防治节瓜蓟马田间药效试验. 广东农业科学, 2008, (2): 63-64.
- [29] 牟吉元, 徐洪富, 荣秀兰. 普通昆虫学. 北京: 中国农业出版社, 1996: 363-365.
- [30] 范凡, 任红敏, 吕利华, 张莉萍, 魏国树. 光谱和光强度对西花蓟马雌虫趋光行为的影响. 生态学报, 2012, 32(6): 1790-1795.
- [31] Matteson N, Terry I, Ascoli-Christensen A, Gilbert C. Spectral efficiency of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Insect Physiology*, 1992, 38(6): 453-459.
- [32] Yudin L S, Mitchell W C, Cho J J. Color preference of thrips (Thysanoptera: Thripidae) with reference to aphids (Homoptera: Aphididae) and leafminers in hawaiian lettuce farms. *Journal of Economic Entomology*, 1987, 80(1): 51-55.
- [33] Vernon R S, Gillespie D R. Spectral responsiveness of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) determined by trap catches in greenhouses. *Environmental Entomology*, 1990, 19(5): 1229-1241.
- [34] 肖长坤, 郑建秋, 师迎春, 胡铁军, 李文明. 西花蓟马对不同颜色粘卡的嗜好及其诱虫效果. 植物检疫, 2007, 21(3): 155-157.
- [35] Wu Q J, Xu B Y, Zhang Y J, Zhang Z J, Zhu G R. Taxis of western flower thrips to different colors and field efficacy of the blue sticky cards. *Plant Protection*, 2007, 33(4): 103-105.
- [36] 魏国树, 张青文, 周明群, 吴卫国. 不同光波及光强度下棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 成虫行为反应. 生物物理学报, 2000, 16(1): 89-95.