

DOI: 10.5846/stxb201404030638

涂小云, 支忆, 刘可, 邢旭, 吴梁, 强文静, 周云红, 谢建坤. 温度和 LED 光源对夹竹桃天蛾幼虫行为的影响. 生态学报, 2015, 35(20): - .
Tu X Y, Zhi Y, Liu K, Xing Xu, Wu L, Qiang W J, Zhou Y H, Xie J K. Effects of temperature and LED light on the behavior of *Daphnis nerii* larvae (Lepidoptera: Sphingidae). Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(20): - .

温度和 LED 光源对夹竹桃天蛾幼虫行为的影响

涂小云, 支 忆, 刘 可, 邢 旭, 吴 梁, 强文静, 周云红, 谢建坤*

江西师范大学生命科学院, 南昌 330022

摘要:为探明温度和光照对夹竹桃天蛾幼虫行为的影响,在实验室条件下观察了 5 个温度(20、25、30、35 和 40 °C)和 5 个不同波段的 LED 光源(红光 620—625、黄光 580—585、蓝光 465—467、绿光 520—523 和白光 460—465 nm)下夹竹桃天蛾幼虫的行为,结果表明:(1)温度对夹竹桃天蛾幼虫行为发生频率和时间分配有影响,各实验温度下休息时间分配均较多。(2)LED 光源对夹竹桃天蛾幼虫行为发生频率和时间分配亦有影响,绿色 LED 光源下的瞭望行为发生频率最高,取食时间分配也最多。(3)各种行为的昼夜节律性因光照条件不同而异。爬行、瞭望、取食和休息行为在 16L:8D 光照条件下均显示了昼夜节律性,16L:8R 光照条件下的行为(除第二天的瞭望行为外)具有类似的节律性,爬行行为在黄光处理下保持了节律性,而在蓝光和绿光处理各种行为节律性不明显。这些研究结果初步揭示了光温对夹竹桃天蛾幼虫行为的影响因温度高低和 LED 光源颜色(波段)及自身行为种类不同而异。

关键词:夹竹桃天蛾; 行为; 温度; 发光二极管

Effects of temperature and LED light on the behavior of *Daphnis nerii* larvae (Lepidoptera: Sphingidae)

TU Xiaoyun, ZHI Yi, LIU Ke, XING Xu, WU Liang, QIANG Wenjing, ZHOU Yunhong, XIE Jiankun*

College of life sciences, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China

Abstract: Insect behavior is expected to affect the degree of damage incurred by host plants. To investigate the effects of temperature and light wavelength on the behavior of *Daphnis nerii* (L.) (Lepidoptera: Sphingidae), the watching, walking, defecating, feeding, and resting behaviors of larvae were observed under standard laboratory conditions at five temperatures (20°C, 25°C, 30°C, 35°C, and 40°C) and under LED light sources of five different wavelengths (red, 620—625 nm; yellow, 580—585 nm; blue, 465—467 nm; green, 520—523 nm; and white, 460—465 nm). The results showed that: (1) Within each temperature condition, behaviors differed in frequency and total duration. For example, time devoted to resting was high at all temperatures; larvae spent more than 50% of the time at rest at 20°C, 25°C, 35°C, and 40°C. However, temperature influenced the frequency and time budget allocation of all larval behaviors. Resting was the most frequent behavior at 30°C, while watching and walking occurred more frequently than other behaviors at both higher and lower temperatures. Defecation constituted the least-frequent behavior at all temperatures except 40°C, while feeding was the least frequent activity at this temperature. The time budgets for watching, defecating, and resting at 30°C, for walking at 25°C, and for feeding at 20°C were lower than those of other behaviors. (2) Within each light condition, behaviors differed in frequency and total duration. Among behaviors, defecation was allocated the least time in all light treatment conditions and no significant differences were observed for this behavior. However, light influenced frequencies and time budget

基金项目:国家自然科学基金项目(31360327);江西师范大学大学生课题项目

收稿日期:2014-04-03; 网络出版日期:2014-12-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xiejiankun@yahoo.com

allocations for the remaining behaviors. Walking occurred less frequently under red, green, and white light than under yellow and blue light. The time budget allocated to resting was highest in red and white LED light, while that for walking was highest under green and blue light. The time budget allocations for watching and walking were lowest under white light, while the allocation for feeding was lowest under yellow light and that for resting was lowest under blue light. The frequencies of walking under white light, feeding under yellow light, and resting under blue light were lowest. (3) The LED light treatments had different effects on larval behaviors in the 2-day experiment. Walking, watching, feeding, and resting behaviors all indicated a circadian rhythm in 16L:8D conditions. In the red light treatment, all behaviors (except for watching on the second day) indicated a similar circadian rhythm. In the yellow light treatment, only walking showed a circadian pattern. Under blue and green light, none of the behaviors showed circadian patterns. These results indicate that temperature and light conditions have distinct effects on the behavior of *D. nerii* larvae. This information can serve as a resource for developing methods to predict the amount of harm incurred by host plants under different environmental conditions.

Key Words: *Daphnis nerii*; behavior; temperature; light emitting diode (LED)

动物必须借助于行为才能适应多变的环境,以最有力的方式完成取食、饮水、筑巢、寻找配偶、繁殖后代和逃避敌害等各种生命活动,以便最大限度地确保个体的存活和子代的延续^[1]。昆虫与外界的联系也是通过不同行为表现出来的,昆虫不同的行为类型是其为适应生存而长期进化的结果,同时也受遗传和环境的影响,温度和光照则是自然环境中重要因子。温度对多种昆虫行为有影响,如对瓢虫柄腹姬小蜂 *Pediobius foveolatus* 的寄生行为^[2-3]、多种蚜虫的避热行为^[4]、米象 *Sitophilus oryzae* 的移动行为^[5]和异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 的自残行为^[6]等都有影响。LED(Light Emitting Diode)即发光二极管,是一种能够直接将电能转化为可见光的半导体器件,与传统光源如日光灯、高压钠灯和荧光灯等相比,它具有体积小、寿命长、能耗低、波长窄、波长类型丰富、可组合性好等许多优点^[7-8],LED光源可以影响昆虫趋性等多种行为^[9],包括影响毛健夜蛾 *Brithys crini* 幼虫的假死、爬行、静止等行为^[10]。昆虫的诸多行为不是完全随机发生的,而是适应环境的重要机制,所以环境条件的变化会诱发昆虫行为发生相应的变化;这种行为的变化可以减缓环境骤然变化对昆虫带来的不利冲击,提高昆虫的适合度,从而影响种群动态,而这一重要生态学问题国内的研究甚少。

夹竹桃天蛾 *Daphnis nerii* Linnaeus 属鳞翅目 Lepidoptera,天蛾科 Sphingidae,是夹竹桃重要害虫,在南方地区 1 a 发生 2—3 代,以幼虫为害夹竹桃等叶片^[11],尤其是新叶,影响夹竹桃的景观效应。前期研究结果表明,该幼虫活动行为在 L16:D8 光照条件下具有昼夜节律性,但这种节律性因暗期使用的 LED 光源不同而异(待发表资料)。作者在实验室条件下,研究了温度和 LED 光源对该幼虫行为的影响,期为该害虫的综合治理提供帮助,也为今后评价 LED 光源对生物影响提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源和实验条件

采集夹竹桃上的夹竹桃天蛾低龄幼虫,室内用夹竹桃饲养至 4 龄供实验用。不同温度下行为观察在日光灯下于人工气候箱内进行,温度设置 20、25、30、35 和 (40 ± 0.5) °C, $RH(75 \pm 2)\%$,光照强度 500—700 lx;不同 LED 光源下行为观察于暗室内进行,暗室温度为 28 °C, $RH(75 \pm 2)\%$,LED 光源分别为红色、黄色、蓝色、绿色和白色(各色光的波段分别为 620—625、580—585、465—467、520—523 和 460—465 nm),光照强度为 100 lx。

1.2 幼虫行为描述和观察

行为描述:预实验观察到夹竹桃天蛾幼虫的行为包括爬行、瞭望、排便、取食和休息。

爬行:头胸腹部运动且产生位移;

瞭望:头胸抬起向前和左右探视,但不产生位移;

排便:由肛门排出墨绿色粪便;

取食:咀嚼式口器与食物接触且有咀嚼动作发生;

休息:没有前述 4 种任何动作发生。

行为观察:随机选择 1 头 4 龄幼虫置于有夹竹桃叶的玻璃培养皿中,分别在上述不同温度和不同 LED 光源下连续观察 1 h,并用秒表记录其各种行为每次持续时间。所观察的幼虫与光源距离 0.5 m,每处理重复 6 次。

行为发生频率=(1 h 内某种行为发生次数 / 1 h 内各种行为发生总次数) * 100%

行为时间分配=(1 h 内某种行为持续总时间(s) / 3600(s)) * 100%

1.3 行为节律的观察

幼虫行为节律在(25±1) °C、RH(75±2)%环境下每隔 1 h 观察一次、连续观察 48 h,光时相(16 h)从 7:00 a.m. 至 23:00 p.m.、暗时相(8 h)从 23:00 p.m. 至 7:00 a.m.,光时相的光强度约为 500 lx,暗时相设 8 h 暗期以及红色、黄色、蓝色和绿色 LED 光源共 5 个处理,每处理观察 10 头幼虫,其中暗期幼虫行为节律的观察在暗室内弱红光(约 20 lx)下进行。每处理重复 3 次。

1.4 数据统计

实验数据采用 SPSS13.0 数据处理系统进行单因素方差分析(One-way ANOVA)。

2 结果与分析

2.1 不同温度下夹竹桃天蛾幼虫各种行为的发生频率

相同温度处理下幼虫各种行为发生率差异显著(表 1),其中 30 °C 下的休息行为发生率(36.94%)显著高于其他行为,其他温度下则以瞭望和爬行行为发生率为高;同一行为在不同温度间的发生率差异显著,20、25、30 和 35 °C 下的排便发生频率最低,而 40 °C 下的取食行为发生率最低。

表 1 不同温度下夹竹桃天蛾幼虫不同行为发生频率

Table 1 Frequency of various behaviors of *Daphnis nerii* larvae under different temperatures

行为 Behaviors	温度 Temperature /°C					ANOVA
	20	25	30	35	40	
瞭望 Watching	42.76±4.68aA	29.55±3.66aB	12.22±1.95cC	31.18±5.35bB	27.48±3.93aB	$F = 43.059$, $df=4$, 25, $P<0.05$
爬行 Walking	43.00±5.04aA	22.33±5.76bC	18.26±6.29bC	41.32±4.90aA	32.38±6.38aB	$F = 22.504$, $df=4$, 25, $P<0.05$
排便 Defecating	1.80±1.98cC	10.27±7.12cAB	9.31±4.54cAB	7.39±3.50cBC	13.17±3.51bcA	$F = 5.396$, $df=4$, 25, $P<0.05$
取食 Feeding	2.90±1.43cD	18.02±6.06bB	23.26±5.35bA	7.70±3.16cCD	10.30±2.89cC	$F = 23.303$, $df=4$, 25, $P<0.05$
休息 Resting	9.54±3.31bD	19.83±4.58bB	36.94±5.18aA	12.41±3.21cCD	16.66±3.16bBC	$F = 43.756$, $df=4$, 25, $P<0.05$
ANOVA	$F=207.861$, $df=4$, 25, $P<0.05$	$F = 9.449$, $df=4$, 25, $P<0.05$	$F = 29.839$, $df=4$, 25, $P<0.05$	$F = 83.486$, $df=4$, 25, $P<0.05$	$F = 31.191$, $df=4$, 25, $P<0.05$	

表中数据为平均值±标准差,同一列数据后不同小写字母或同一行后不同大写字母表示差异显著(Duncan 多重比较, $P < 0.05$);表 2-4 同。ANOVA(Analysis of Variance,方差分析)

2.2 不同温度下夹竹桃天蛾幼虫各种行为的时间分配

不同温度下休息时间分配比例均较高,且在同一温度下,不同行为时间分配差异显著(表 2),在 20、25、35 和 40 °C 下,休息时间在 50%以上;同一种行为在不同温度下时间分配亦有显著性差异,30 °C 下的瞭望、排便和休息、25 °C 下的爬行和 20 °C 下的取食时间最短。

2.3 不同 LED 光源下夹竹桃天蛾幼虫各种行为的发生频率

不同 LED 光源下,幼虫各种行为发生率差异显著(表 3),红光、绿光和白光下的瞭望行为发生率最高,而黄光和蓝光下的爬行行为发生率均最高;瞭望和排便行为在不同 LED 光处理间发生频率差异不显著,其他行为发生频率则差异显著,其中白光下的爬行、黄光下的取食和蓝光下的休息发生率最低。

表 2 不同温度下夹竹桃天蛾幼虫不同行为时间分配

Table 2 Time budget of various behaviors of *Daphnis nerii* larvae under different temperatures

行为 Behaviors	温度 Temperature/°C					ANOVA
	20	25	30	35	40	
瞭望 Watching	16.56±2.45bA	13.97±5.19bA	1.57±0.29cC	7.02±2.60cB	13.32±2.60bA	$F = 23.899, df=4, 25, P<0.05$
爬行 Walking	19.63±3.28bBC	4.47±1.67cD	21.69±3.59bAB	25.63±5.33bA	15.63±3.22bC	$F = 30.069, df=4, 25, P<0.05$
排便 Defecating	0.67±0.76cD	2.08±1.26cC	0.57±0.21cD	5.99±0.66cA	3.69±1.36cB	$F = 34.780, df=4, 25, P<0.05$
取食 Feeding	2.02±1.21cC	13.02±3.04bB	36.91±6.38aA	11.10±4.33cB	15.54±3.83bB	$F = 58.859, df=4, 25, P<0.05$
休息 Resting	61.13±4.41aA	66.47±4.65aA	39.27±4.01aC	50.25±6.11aB	51.82±4.12aC	$F = 29.735, df=4, 25, P<0.05$
ANOVA	$F = 470.304,$ $df=4, 25,$ $P < 0.05$	$F = 338.496,$ $df=4, 25,$ $P < 0.05$	$F = 148.070,$ $df=4, 25,$ $P < 0.05$	$F = 113.750,$ $df=4, 25,$ $P < 0.05$	$F = 201.724,$ $df=4, 25,$ $P < 0.05$	

表 3 不同波段 LED 光源下夹竹桃天蛾幼虫不同行为发生频率

Table 3 Frequency of various behaviors of *Daphnis nerii* larvae under different LED light sources

行为 Behaviors	LED 光源 LED sources					ANOVA
	红光 Red	黄光 Yellow	蓝光 Blue	绿光 Green	白光 White	
瞭望 Watching	35.52±9.59aA	38.47±5.72bA	37.47±9.52bA	35.60±4.64aA	38.38±8.39aA	$F = 0.205, df=4, 25, P > 0.05$
爬行 Walking	23.20±18.27bB	44.19±4.99aA	47.67±5.27aA	15.30±6.35cB	11.55±4.06dB	$F = 18.664, df=4, 25, P < 0.05$
排便 Defecating	4.44±1.75dA	4.14±2.20dA	3.60±2.40dA	6.02±2.20dA	7.41±3.49eA	$F = 2.387, df=4, 25, P > 0.05$
取食 Feeding	14.99±12.85cAB	5.55±6.23dB	8.77±11.01cB	28.38±10.59bA	23.71±11.76bA	$F = 4.885, df=4, 25, P < 0.05$
休息 Resting	21.85±13.82bA	7.66±4.05cBC	2.48±2.47dEC	14.70±1.70cAB	18.95±4.81cA	$F = 8.011, df=4, 25, P < 0.05$
ANOVA	$F = 4.988,$ $df=4, 25,$ $P < 0.05$	$F = 98.118,$ $df=4, 25,$ $P < 0.05$	$F = 52.889,$ $df=4, 25,$ $P < 0.05$	$F = 23.061,$ $df=4, 25,$ $P < 0.05$	$F = 16.792,$ $df=4, 25,$ $P < 0.05$	

2.4 不同 LED 光源下夹竹桃天蛾幼虫各种行为的时间分配

不同行为在不同光源下时间分配见表 4。同一种光源下,不同行为时间分配差异显著,其中红光和白光下的休息时间最长,黄光和蓝光下的爬行时间最长,绿光下的取食和休息时间差异不显著(但显著长于瞭望、爬行和排便时间);各光源下排便时间均较短,且差异不显著,其他行为时间在不同光源之间有显著性差异,白光下的瞭望和爬行时间最短,黄光的取食和蓝光下的休息时间最短。

表 4 不同波段 LED 光源下夹竹桃天蛾幼虫不同行为时间分配

Table 4 Time budget of various behaviors of *Daphnis nerii* larvae under different LED light sources

行为 Behaviors	LED 光源 LED sources					ANOVA
	红光 Red	黄光 Yellow	蓝光 Blue	绿光 Green	白光 White	
瞭望 Watching	28.13±17.81aA	26.66±12.41aA	20.14±4.30bAB	18.46±9.45bAB	8.48±7.15cB	$F = 2.914, df=4, 25, P < 0.05$
爬行 Walking	16.92±14.25abC	41.69±17.24aB	63.87±15.19aA	3.90±2.81cC	3.15±3.80cC	$F = 27.606, df=4, 25, P < 0.05$
排便 Defecating	1.66±1.33bA	1.23±1.32cA	1.77±1.40cA	2.26±1.77cA	2.66±1.67cA	$F = 0.807, df=4, 25, P > 0.05$
取食 Feeding	19.82±12.76abBC	6.14±8.23cD	12.07±9.70bcCD	39.37±6.42aA	30.48±12.89bAB	$F = 10.262, df=4, 25, P < 0.05$
休息 Resting	33.46±22.15aB	24.29±12.82bB	2.17±2.05cC	36.02±7.10aB	55.24±18.59aA	$F = 10.603, df=4, 25, P < 0.05$
ANOVA	$F = 3.748,$ $df=4, 25,$ $P < 0.05$	$F = 11.805,$ $df=4, 25,$ $P < 0.05$	$F = 56.576,$ $df=4, 25,$ $P < 0.05$	$F = 47.208,$ $df=4, 25,$ $P < 0.05$	$F = 26.753,$ $df=4, 25,$ $P < 0.05$	

2.5 不同行为在光时相和暗时相发生频率的比较

因夹竹桃天蛾幼虫排便行为属间歇性行为,持续时间短,此次在观察行为节律时没有观察到其排便行为,其他 4 种行为在不同 LED 光源下的光时相与暗时相发生频率,如表 5 所示。在两天的实验时间内,无论是光时相还是暗时相,同一种行为发生频率在不同光源之间差异显著;在同一光源下的同一种行为发生率在不同

时相之间亦有显著性差异。

表 5 不同行为在不同光处理下光时相和暗时相发生频率

Table 5 Frequency of different behaviors under different light conditions

行为 Behavior	光照 Light conditions	时辰 Circadian time				ANOVA
		第 1 天 First day		第 2 天 Second day		
		7-22	23-6	7-22	23-6	
爬行 Walking	16L:8D	13.33±1.82aA	1.94±0.64bcB	14.16±0.72bA	1.94±1.58cB	$F = 83.220, df = 3, 8, P < 0.05$
	16L:8R	9.72±0.87bB	0.28±0.24cD	17.08±1.50bA	2.50±0.83bcC	$F = 185.482, df = 3, 8, P < 0.05$
	16L:8Y	15.28±1.27aB	2.22±0.87bcC	21.39±3.96aA	3.75±1.10bC	$F = 52.971, df = 3, 8, P < 0.05$
	16L:8B	7.78±1.74bAB	9.45±1.69aA	9.72±0.24cA	5.69±0.24aB	$F = 6.909, df = 3, 8, P < 0.05$
	16L:8G	8.47±0.24bA	3.20±1.34abC	8.47±0.64cA	5.69±0.24aB	$F = 33.430, df = 3, 8, P < 0.05$
	ANOVA	$F = 18.063, df = 4, 10, P < 0.05$	$F = 31.938, df = 4, 10, P < 0.05$	$F = 22.360, df = 4, 10, P < 0.05$	$F = 10.186, df = 4, 10, P < 0.05$	
瞭望 Watching	16L:8D	14.17±2.73aB	1.94±0.24bcC	18.19±2.51aA	1.25±1.10cC	$F = 58.750, df = 3, 8, P < 0.05$
	16L:8R	12.36±1.27abA	0.28±0.24cC	12.64±0.96cA	5.42±0.42bB	$F = 152.918, df = 3, 8, P < 0.05$
	16L:8Y	15.69±0.24aA	3.75±1.67bC	16.25±1.10abA	9.86±2.09aB	$F = 48.720, df = 3, 8, P < 0.05$
	16L:8B	9.31±0.64bB	2.08±1.44bcC	13.47±0.24bcA	9.17±1.44aB	$F = 57.856, df = 3, 8, P < 0.05$
	16L:8G	13.34±3.15aA	7.08±1.50aB	13.61±2.05bcA	5.00±0.42bB	$F = 13.879, df = 3, 8, P < 0.05$
	ANOVA	$F = 4.391, df = 4, 10, P < 0.05$	$F = 13.758, df = 4, 10, P < 0.05$	$F = 6.327, df = 4, 10, P < 0.05$	$F = 22.756, df = 4, 10, P < 0.05$	
取食 Feeding	16L:8D	7.78±1.74bA	1.11±0.24cB	10.00±1.67cA	0.55±0.48dB	$F = 44.316, df = 3, 8, P < 0.05$
	16L:8R	12.22±1.05aA	0.28±0.24cC	11.39±0.48bcA	8.33±1.10aB	$F = 136.918, df = 3, 8, P < 0.05$
	16L:8Y	9.31±1.58abA	3.75±0.83bB	9.30±2.64cA	7.22±0.24aA	$F = 8.058, df = 3, 8, P < 0.05$
	16L:8B	11.81±0.96aB	3.61±0.24bC	15.83±0.72aA	3.47±0.96cC	$F = 187.430, df = 3, 8, P < 0.05$
	16L:8G	11.11±2.51aB	8.61±0.86aB	14.03±1.05abA	5.14±1.05bC	$F = 18.474, df = 3, 8, P < 0.05$
	ANOVA	$F = 3.755, df = 4, 10, P < 0.05$	$F = 98.256, df = 4, 10, P < 0.05$	$F = 9.799, df = 4, 10, P < 0.05$	$F = 40.721, df = 4, 10, P < 0.05$	
休息 Resting	16L:8D	31.39±3.13bA	28.33±0.84bA	24.31±1.46cdB	29.58±0.00aA	$F = 8.581, df = 3, 8, P < 0.05$
	16L:8R	32.36±0.64bA	32.50±0.42aA	25.55±0.87bcB	17.08±0.42bC	$F = 422.802, df = 3, 8, P < 0.05$
	16L:8Y	26.39±0.48cA	23.61±1.58cA	19.72±2.84dB	12.50±1.10dC	$F = 36.338, df = 3, 8, P < 0.05$
	16L:8B	37.78±2.77aA	18.20±0.48dC	27.64±0.24abB	15.00±0.72cD	$F = 148.914, df = 3, 8, P < 0.05$
	16L:8G	33.75±0.83bA	14.44±1.27eD	30.55±1.68aB	17.50±0.72bC	$F = 191.965, df = 3, 8, P < 0.05$
	ANOVA					

续表

行为 Behavior	光照 Light conditions	时辰 Circadian time				ANOVA
		第 1 天 First day		第 2 天 Second day		
		7-22	23-6	7-22	23-6	
ANOVA		$F = 13.534,$ $df = 4, 10,$ $P < 0.05$	$F = 154.266,$ $df = 4, 10,$ $P < 0.05$	$F = 17.598,$ $df = 4, 10,$ $P < 0.05$	$F = 268.607,$ $df = 4, 10,$ $P < 0.05$	

2.6 各种行为昼夜节律性

爬行、瞭望、取食和休息行为在不同 LED 光源下的节律性如表 5 和图 1—4 所示。

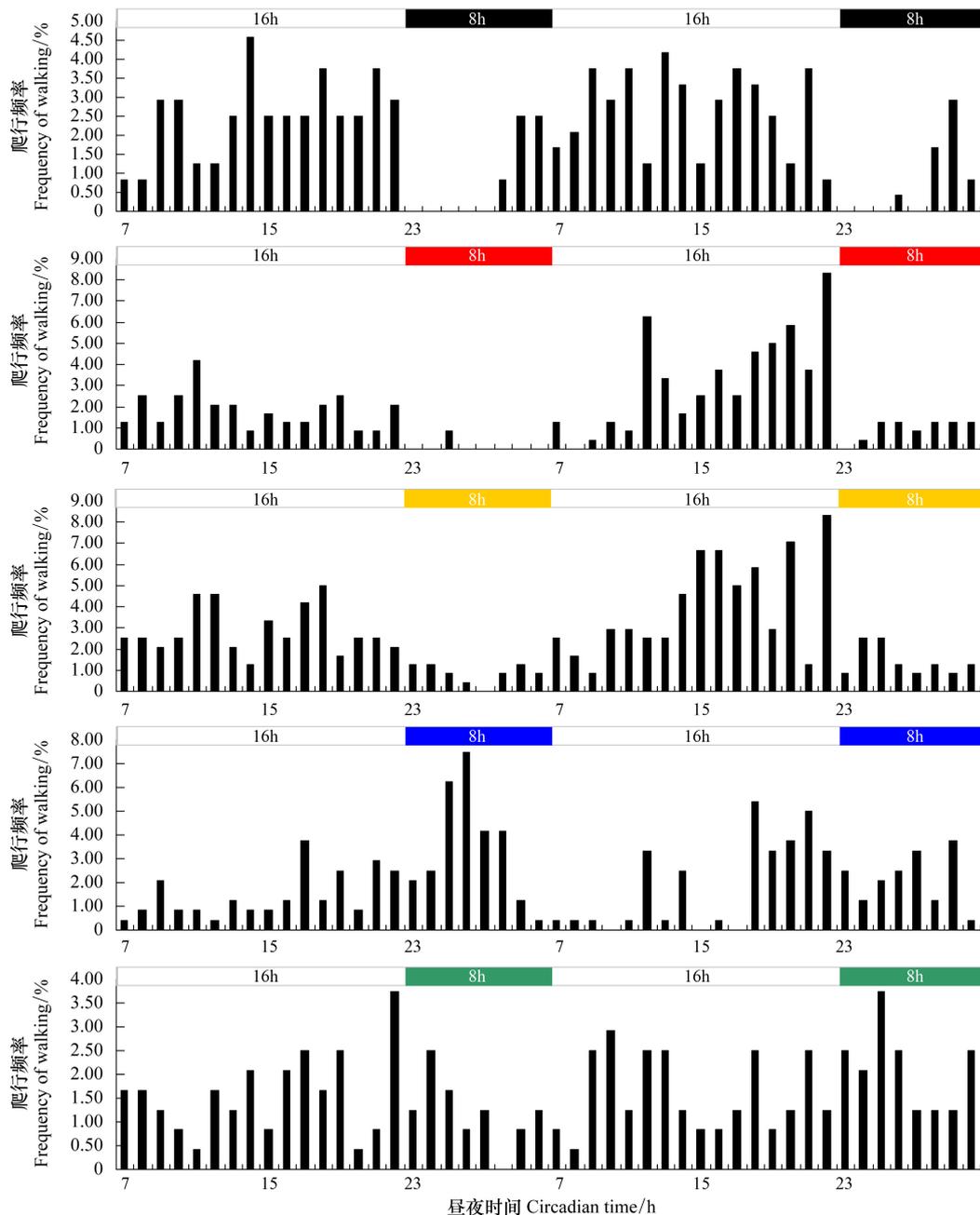


图 1 爬行行为节律

Fig.1 Circadian rhythm of walking of *Daphnia nerii* larvae

图中黑、红、黄、蓝和绿条分别代表暗期及红、黄、蓝和绿色 LED 光

爬行行为在 16L:8 D、16 L:8 R 和 16L:8 Y 光照条件下具有昼夜节律性,在第 1 和第 2 天中的光时相爬行行为发生频率均高于暗时相;而蓝光和绿光暗时相爬行行为发生频率亦较高(图 1)。瞭望行为在 16L:8D 和 16L:8R 光照条件下具有昼夜节律性,其他 3 种光源处理下节律性不明显(图 2);

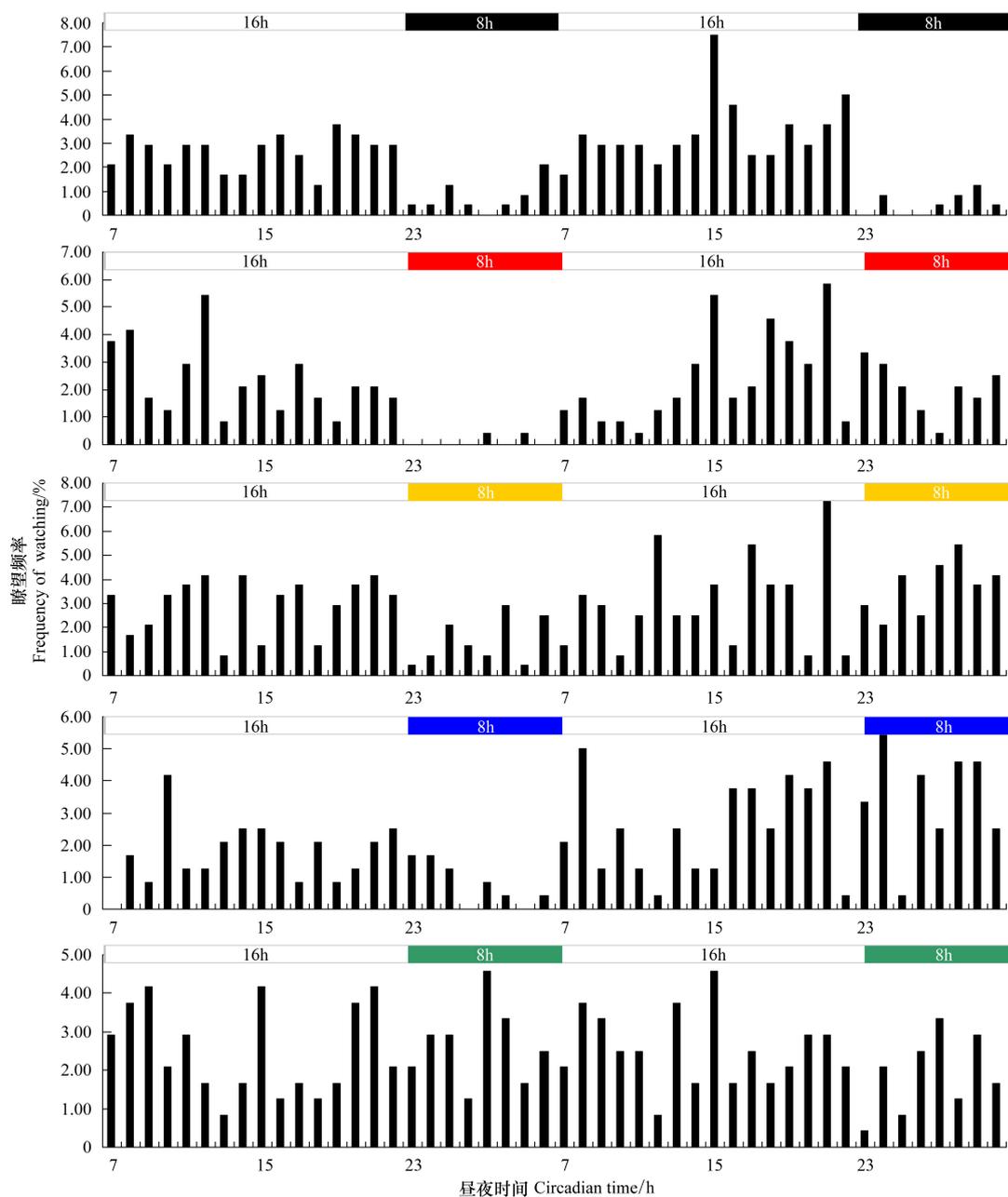


图 2 瞭望行为节律

Fig.2 Circadian rhythm of watching of *Daphnis nerii* larvae

取食行为在 16L:8D 下以及 16L:8R 下的第 1 天具有昼夜节律性,其他情况下节律性亦不明显(图 3);休息行为在 16L:8D 和 16L:8R 条件下亦具有昼夜节律性,其他情况下则不明显(图 4)。

3 结论与讨论

研究结果表明温度和 LED 光源对夹竹桃天蛾幼虫行为均有影响。温度对该幼虫行为的影响因温度的高低和行为种类不同而异,各实验温度下休息时间分配均较多(表 1 和表 2)。此次实验还观察到低温 20 °C 下

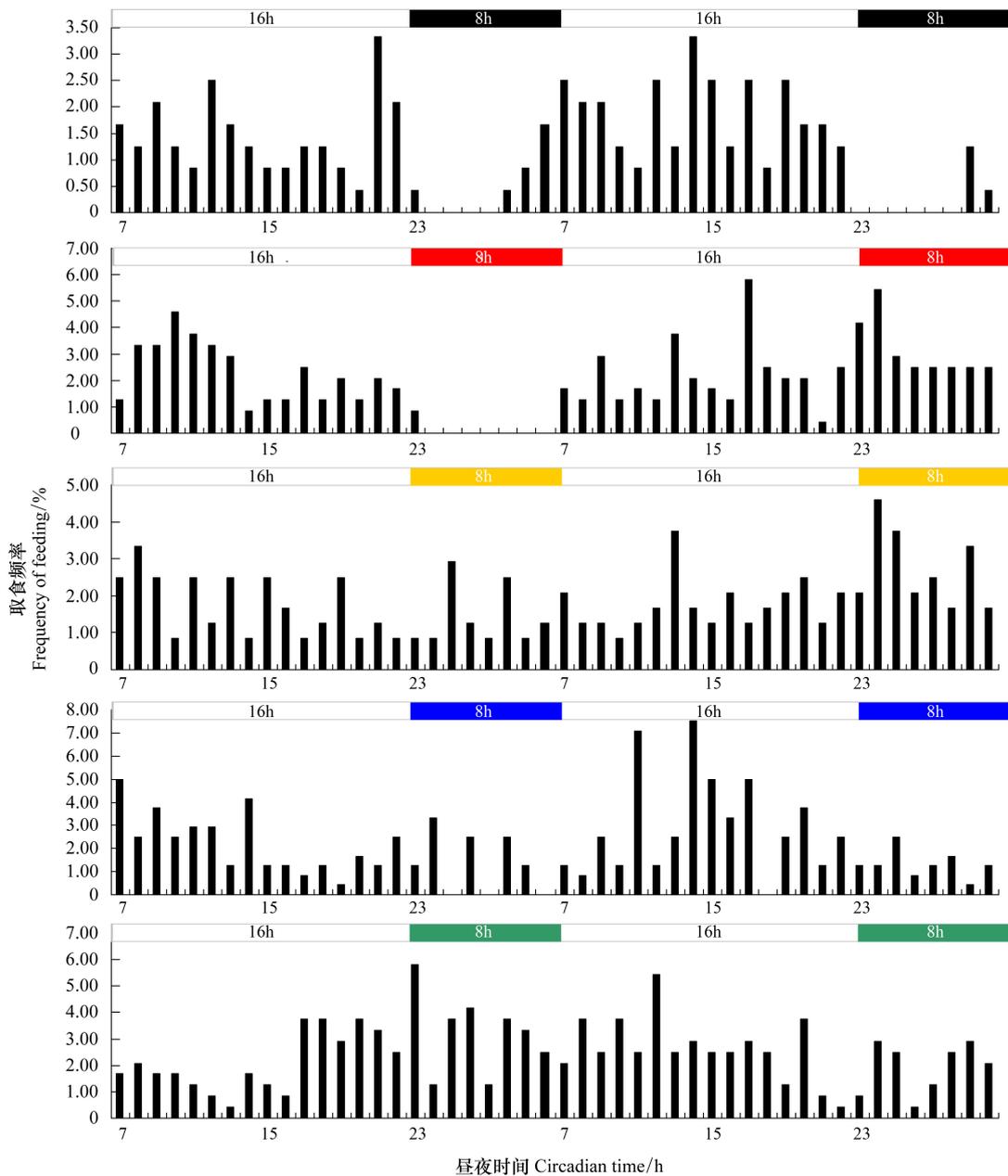


图3 取食行为节律

Fig.3 Circadian rhythm of feeding of *Daphnia nerii* larvae

休息行为频率也很低、活动频率较高,这可能与该幼虫低温适应能力较强有关,在南昌地区12月上中旬野外仍可采集到少量幼虫,此时平均气温约10℃左右。

LED光源是影响该幼虫行为的另一重要因素,夹竹桃天蛾 *D. nerii* 幼虫的取食发生频率和时间分配以LED绿光下为最高(表3和表4),这与毛健夜蛾 *B. crini* 幼虫一致^[10]。那么户外(如城市亮化和农业增产中使用的)LED绿色光源是否也会影响该虫的取食、加快其发育、加重其为害则亟待进一步研究。此外,研究结果还表明,夹竹桃天蛾幼虫爬行、瞭望、取食和休息行为在16L:8D光照条件下具有昼夜节律性,且这些节律性受LED光源的影响(图1—4)。其中16L:8R(除第二天的瞭望行为外)和16L:8D光照条件下具有类似的节律性,爬行行为在黄光处理下保持了节律性,但在蓝光和绿光处理各种行为节律性不明显(图1—4),这可能与蛾类昆虫对红光不敏感有关。资料显示,侧单眼是完全变态类昆虫幼虫仅有的感光器官,与复眼一样,它们可以感知颜色、形状、距离等等^[12]。夹竹桃天蛾属全变态昆虫,暗期使用不同LED光源后,幼虫行为节律

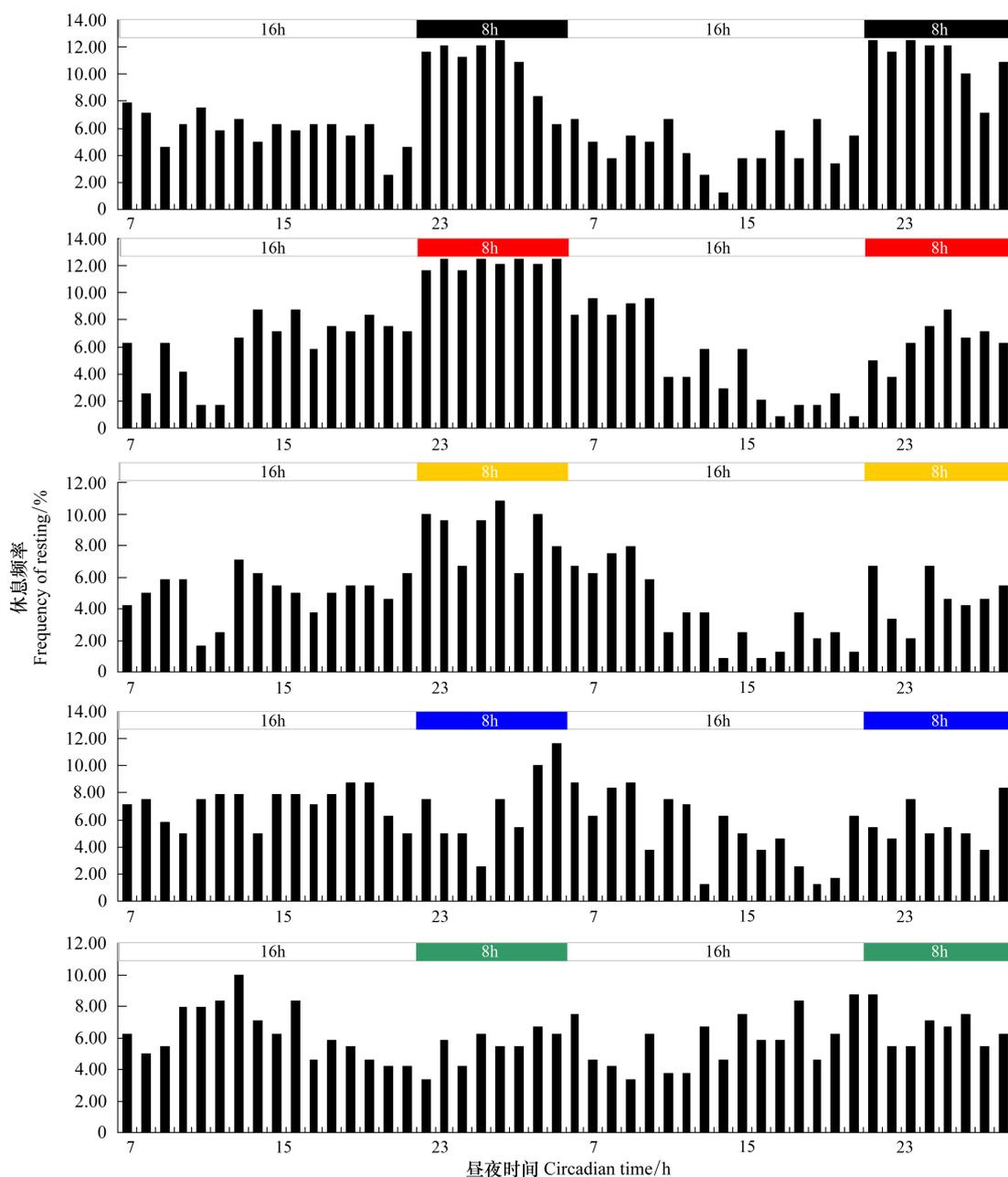


图 4 休息行为节律

Fig.4 Circadian rhythm of resting of *Daphnis nerii* larvae

性发生了变化,这可能与其侧单眼感光有关。而光信号是由视紫素(Rhodopsin, Rh)和光受体蛋白隐花色素(Cryptochrome, CRY)传导的^[13],且对果蝇而言,Rh1和Rh6参与红光的导引^[14],而Rh1,Rh5和Rh6则参与绿光和黄光的导引^[15]。本研究结果表明,幼虫行为节律性变化因行为类型和光源波长(颜色)不同而异,对这种现象,我们暂时还无法作出合理的解释,是否也与Rh和CRY有关,则有待于进一步深入研究。

由此可见,光温对夹竹桃天蛾幼虫行为有影响,但这种影响因温度高低和LED光源颜色(波段)及自身行为种类不同而异。

参考文献(References):

- [1] 尚玉昌. 动物行为学. 北京大学出版社, 2005:1-1.
 [2] 王国红, 涂小云. 瓢虫柄腹姬小蜂对茄二十八星瓢虫功能反应的研究. 生态学杂志, 2005, 24(7):736-740.

- [3] 涂小云, 王国红. 温度和寄主植物对瓢虫柄腹姬小蜂自身干扰反应的影响. 昆虫知识, 2005, 42(3):305-307.
- [4] 马罡, 马春森. 三种麦蚜在温度梯度中活动行为的临界高温. 生态学报, 2007, 27(6):2449-2459.
- [5] 王殿轩, 李兆东, 陆群, 徐威. 不同温度下米象的运动行为研究. 河南工业大学学报:自然科学版, 2011, 32(4):6-9.
- [6] 王甦, 谭晓玲, 张帆. 不同温度条件下异色瓢虫四龄幼虫亲缘关系对自残行为的影响. 生态学报, 2010, 30(19):5396-5403.
- [7] 王声学, 吴广宁, 蒋伟, 边珊珊, 李生林. LED 原理及其照明应用. 灯与照明, 2006, 30(4):32-35.
- [8] 林闽, 姚白云, 张艳红, 热孜望. 太阳能 LED 杀虫灯的研究. 可再生能源, 2007, 25(3):79-80.
- [9] 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. 植物保护, 2014, 40(2):11-15.
- [10] 涂小云, 陈元生, 陈娟, 胡章龙, 金义钦, 徐飞. 不同波段 LED 光源对毛健夜蛾行为的影响. 昆虫学报, 2012, 55(10):1185-1192.
- [11] 雷玉兰, 林仲桂. 夹竹桃天蛾的生物学特性. 昆虫知识, 2010, 47(5):918-922.
- [12] 刘红霞, 彩万志. 昆虫单眼的结构和功能. 昆虫知识, 2007, 44(4):603-607.
- [13] 陈文锋, 贺春霞, 安春菊, 赵章武. 昆虫生物钟分子调控研究进展. 应用昆虫学报, 2011, 48(6):1586-1595.
- [14] Hanai S, Hamasak Y, Ishida N. Circadian entrainment to red light in *Drosophila*: requirement of Rhodopsin 1 and Rhodopsin 6. *Neuroreport*, 2008, 19(14):1441-1444.
- [15] Hanai S, Ishida N. Entrainment of *Drosophila* circadian clock to green and yellow light by Rh1, Rh5, Rh6 and CRY. *Neuroreport*, 2009, 20(8):755-758.