

光周期对井上蛀果斑螟生长发育及繁殖的影响

刘娜¹, 刘艳², 沈秋吉², 闫振华³, 张睿¹, 沈登荣¹, 何超^{1*}

(1. 红河学院生物科学与农学学院, 蒙自 661100; 2. 云南省蒙自市农业环保农村人居环境工作站, 蒙自 661100;
3. 红河学院发展规划中心, 蒙自 661100)

摘要 为明确不同光周期对井上蛀果斑螟 *Assara inouei* Yamanaka 生长发育及繁殖的影响, 在 25°C, 70% RH, 光照强度 5 500 lx 及 5 种不同光周期(L//D=8 h//16 h, 10 h//14 h, 12 h//12 h, 14 h//10 h, 16 h//8 h)条件下, 研究了井上蛀果斑螟的生长发育和繁殖情况。结果表明, 光周期对井上蛀果斑螟幼虫和蛹的发育历期、幼虫存活率、化蛹率、羽化率、成虫寿命、产卵期、平均单雌产卵量有显著影响。在 L//D=16 h//8 h 光周期下幼虫期、蛹期和产卵期最短, 分别为 18.8、8.2 d 和 7.8 d; 幼虫存活率、化蛹率、羽化率和平均单雌产卵量最高, 分别为 67.4%、86.5%、93.3% 和 95.3 粒。在 L//D=12 h//12 h 光周期下雌、雄成虫寿命和产卵期最长, 分别为 15.8、15.1 d 和 12.5 d, 但幼虫存活率最低, 为 38.9%。光周期对蛹重、成虫产卵前期和卵孵化率无显著影响。除 L//D=16 h//8 h 光周期外, 其余 4 种光周期下井上蛀果斑螟幼虫部分个体出现生长发育停滞现象, 滞育率在 3.9%~6.9% 之间。长光照有利于井上蛀果斑螟的生长发育及繁殖。

关键词 井上蛀果斑螟; 光周期; 发育历期; 存活率; 滞育率; 繁殖力

中图分类号: S436.639 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2022022

Effects of photoperiod on growth, development and fecundity of *Assara inouei*

LIU Na¹, LIU Yan², SHEN Qiujie², YAN Zhenhua³, ZHANG Rui¹, SHEN Dengrong¹, HE Chao^{1*}

(1. College of Biological and Agricultural Sciences, Honghe University, Mengzi 661100, China; 2. Agricultural Environmental Protection and Rural Living Environment Workstation, Mengzi City, Yunnan Province, Mengzi 661100, China; 3. Development Planning Center, Honghe University, Mengzi 661100, China)

Abstract To clarify the effects of photoperiod on the development and fecundity of *Assara inouei* Yamanaka, the study had been conducted to observe the insect development, survival and reproduction at 25°C, 70% relative humidity, illumination intensity 5 500 lx under five photoperiods (L//D=8 h//16 h, 10 h//14 h, 12 h//12 h, 14 h//10 h, 16 h//8 h). The results indicated that the photoperiod had a significant effect on the developmental time, larval survival rate, pupation rate, emergence rate, longevity of adult, oviposition period and number of eggs laid per female. Under L//D=16 h//8 h photoperiod, the larval duration, pupal duration, and oviposition period were the shortest, which were 18.8, 8.2 d and 7.8 d, respectively, and the survival rate of larvae, pupation rate, emergence rate, and number of eggs laid per female were the highest, which were 67.4%, 86.5%, 93.3% and 95.3 eggs, respectively. Under L//D=12 h//12 h photoperiod, longevity of female and male adults and oviposition period were the longest, which were 15.8, 15.1 d and 12.5 d, respectively, but the survival rate of larvae was the lowest, which was 38.9%. The photoperiods had no significant effect on the pupa weight, pre-oviposition period and egg hatching rate of *A. inouei*. Except for the L//D=16 h//8 h photoperiod, some individuals of the larvae showed growth retardation under other four photoperiods, and the diapause rate ranged from 3.9% to 6.9%. Longer photoperiods are favorable for the development and fecundity of *A. inouei*.

Key words *Assara inouei*; photoperiod; developmental duration; survival rate; diapause rate; fecundity

收稿日期: 2022-01-13

修订日期: 2022-05-04

基金项目: 云南省地方高校基础研究联合专项(2018FH001-035); 云南省教育厅科研基金(2019J1180); 蒙自市农业农村局校地合作项目(HX21049)

* 通信作者 E-mail: hechao1022@163.com

井上蛀果斑螟 *Assara inouei* Yamanaka 是云南石榴生产中的重要害虫,具隐蔽性、扩散性等特点,且世代重叠,发生规律复杂^[1-2]。井上蛀果斑螟在日本、韩国等东亚国家均有分布^[3],国内主要分布于湖北、甘肃、贵州和云南等地,但目前仅发现在云南有害记录^[4]。该虫以幼虫钻蛀为害石榴果实,极易引起裂果和腐烂,严重影响石榴的产量和质量。

光周期作为重要的生态环境因子,对昆虫的存活、取食、生长发育和生殖等生命活动有重要影响^[5-6]。研究表明,许多鳞翅目昆虫对光照时间非常敏感,且光照时间对这些昆虫的影响具有种属特异性。如,光周期 L//D=12 h//12 h 时,黏虫 *Mythimna separata* 种群世代发育历期最长,存活率最高^[7],而梨小食心虫 *Grapholita molesta* 幼虫发育历期最短,成虫寿命最长,产卵量最高^[8]。小地老虎 *Agrotis ipsilon* 幼虫最适生长发育的光周期为 L//D=16 h//8 h,且其卵、幼虫、蛹和成虫生长发育所需最适光周期也明显不同^[9]。光周期为 L//D=14 h//10 h 时,国槐尺蠖 *Semiothisa cinerearia* 1~5 龄幼虫历期最短;L//D=16 h//8 h 时,幼虫发育历期最短;且随光照时间增加,幼虫发育历期缩短^[10]。这些研究结果表明,不同昆虫种类、同一昆虫不同发育阶段或同一发育阶段不同龄期对光周期的反应均存在差异。此外,前一发育阶段经不同光周期处理后,对后续发育阶段的生长发育和生殖也会产生影响。如梨小食心虫的蛹在不同光周期处理下,蛹期在 L//D=8 h//16 h 时最短,成虫交配率和繁殖量在全暗时最低,交尾日龄在全光时最高;雌成虫寿命在 L//D=12 h//12 h 时最长,雄成虫寿命在 L//D=2 h//22 h 时最长^[11]。已有研究表明,光周期也是昆虫为抵御不良环境条件而进入滞育的主要环境刺激因子,如当每天光照时数大于 16 h 时,二点委夜蛾 *Athetis lepigone* 幼虫不会产生滞育现象,每天光照时数小于 16 h 时,老熟幼虫或蛹部分个体出现滞育现象^[12]。由此可见,明确光周期对昆虫生长发育和生殖的影响,对于研究昆虫种群的发生数量和消长动态有重要意义。

前期研究发现,井上蛀果斑螟成虫羽化、交配、产卵等行为具有明显的昼夜节律^[13-14]。本试验研究了 5 种不同光周期对井上蛀果斑螟实验种群生

长发育和繁殖的影响,旨在深入了解该虫生物学和发生规律,为该虫的人工饲养和防控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

井上蛀果斑螟幼虫分多次采自云南省蒙自市草坝镇管理粗放的石榴园,总计千余头,带回实验室置于人工气候箱(BIC-300 型,上海博讯仪器有限公司)中,在温度(25±1)℃,光周期 L//D=15 h//9 h,相对湿度(70±10)%条件下连续饲养数代。幼虫用‘酸绿籽’石榴品种的果皮饲养,成虫饲喂 10% 的蔗糖水(m/V)。选取 1 日龄初孵幼虫供试。

1.2 光周期处理试验

试验设置 5 个不同光周期处理,L//D 分别为 8 h//16 h、10 h//14 h、12 h//12 h、14 h//10 h 和 16 h//8 h。试验温度(25±1)℃,相对湿度为(70±10)%,光照强度 5 500 lx。

分别将健康的 1 日龄初孵幼虫 20 头放入装有新鲜石榴皮的透明塑料养虫杯(直径 10 cm,高 12 cm;杯盖中央留有一边长约 4 cm 的方孔,覆以 100 目的尼龙网纱)内,放入上述不同光周期条件的人工气候箱内饲养。每个光周期处理设 4 次重复,每次重复为 100 头虫。每个处理的 4 次重复分别在 4 个人工气候箱内进行。每天定时观察 1 次幼虫发育情况,清理粪便并更换石榴皮,保证石榴皮新鲜、充足,直至幼虫化蛹。记录幼虫存活数(初孵幼虫至老熟幼虫阶段的存活数)、发育历期、化蛹数(老熟幼虫的化蛹数)和蛹期。本试验中各光周期条件下同一处理组成虫羽化结束 20 d 后,仍处于幼虫状态未化蛹者视为滞育个体(老熟幼虫存活但未化蛹),统计其数量。待非滞育老熟幼虫化蛹后将其逐个取出,用 AUW220D 电子天平(0.000 01 g,日本岛津公司)称 2 日龄蛹重,然后单独放入玻璃试管(直径 1.5 cm、高 10 cm)中,湿棉塞封口待其羽化,每天观察记载 1 次蛹的发育及羽化成虫数量,直至羽化结束。

各处理选取羽化 24 h 内的健康雌、雄成虫 1:1 随机配对,每 2 对放入一白色透明 6.7 cm(杯口直径)×4.7 cm(杯底直径)×7.5 cm(高度)塑料杯中饲养,杯口蒙纱布,杯内放蘸有 10% 蔗糖水的脱脂

棉球供成虫补充营养,同时放入一片硫酸纸供雌蛾产卵,每处理重复 10 次。配对成虫重新放入光周期条件与幼虫一致的人工气候箱中。每天观察记录成虫的产卵及存活情况,记录成虫产卵前期、产卵期以及产卵量,直至成虫全部死亡。同时取各处理组的初产卵(12 h 内),不少于 50 粒置于培养皿内,皿内放湿棉球保湿,每处理重复 3 次。每天观察卵孵化情况,统计卵的孵化率。

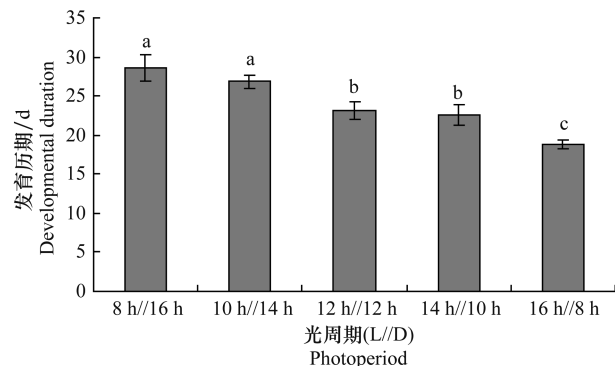
1.3 数据统计分析

井上蛀果斑螟各阶段的发育历期、存活率、化蛹率、蛹重、羽化率、单雌产卵量、卵的孵化率等在不同光周期处理间的差异显著性采用单因素方差分析和 Duncan 氏新复极差检验法。百分数数据进行反正弦转换。统计计算过程采用 SPSS 19.0 软件进行。

2 结果与分析

2.1 光周期对井上蛀果斑螟幼虫发育历期的影响

光周期对井上蛀果斑螟幼虫的发育历期有显著影响(图 1),随着光照时间的延长,幼虫的发育历期逐渐缩短($F = 23.49; df = 4, 15; P = 0.000$)。L//D=8 h//16 h 和 10 h//14 h 下,幼虫期均较长,分别为 28.6 d 和 26.9 d,二者无显著差异,但均显著长于其余 3 种光周期处理下的发育历期;在 L//D=12 h//12 h 和 14 h//10 h 下,幼虫期分别为 23.2 d 和 22.7 d,二者无显著差异;在 L//D=16 h//8 h 下的幼虫期最短,为 18.8 d。



柱上不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。图 2 同
Different lowercase letters on the bars indicated significant differences among treatments ($P < 0.05$). The same applies to Fig. 2

图 1 光周期对井上蛀果斑螟幼虫发育历期的影响

Fig. 1 Effect of photoperiod on larval developmental time in *Assara inouei*

2.2 光周期对井上蛀果斑螟幼虫存活的影响

不同光周期下井上蛀果斑螟幼虫的存活率如图 2 所示。光周期对井上蛀果斑螟幼虫存活率有显著影响($F = 37.41, df = 4, 15, P = 0.000$)。在 L//D=16 h//8 h 下幼虫存活率最高,为 67.4%;L//D=12 h//12 h 下幼虫存活率最低,为 38.9%;在 L//D=8 h//16 h、10 h//14 h 和 14 h//10 h 光周期下幼虫存活率分别为 51.3%、57.4%和 55.1%,三者无显著差异。

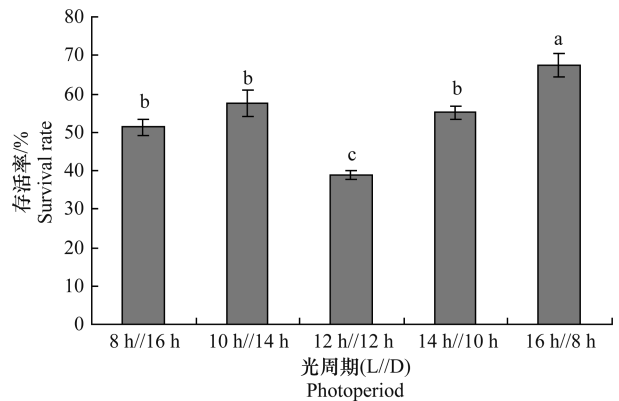


图 2 光周期对井上蛀果斑螟幼虫存活率的影响

Fig. 2 Effects of different photoperiods on survival rate of *Assara inouei* larvae

2.3 光周期对井上蛀果斑螟化蛹和蛹发育的影响

光周期对井上蛀果斑螟蛹期有显著影响($F = 4.76, df = 4, 15, P = 0.010$) (表 1),在 L//D=12 h//12 h 下蛹期较长,为 10.3 d,且与 L//D=14 h//10 h 和 10 h//14 h 光周期处理无显著差异;在 L//D=16 h//8 h 时蛹期较短,为 8.2 d,与除 L//D=12 h//12 h 外的其余 4 种光周期处理无显著差异。光周期对蛹重无显著影响($F = 0.46, df = 4, 15, P = 0.774$),蛹重在 12.0~13.1 mg 之间。

光周期对化蛹率有显著影响($F = 42.97, df = 4, 15, P = 0.000$),在 L//D=16 h//8 h 下化蛹率最高,为 86.5%;在 L//D=12 h//12 h 时化蛹率较低,为 52.4%,且与 L//D=8 h//16 h 和 10 h//14 h 光周期处理无显著差异。光周期对羽化率有显著影响($F = 31.46, df = 4, 15, P = 0.000$),在 L//D=16 h//8 h 下羽化率较高,为 93.3%,与 L//D=12 h//12 h 和 14 h//10 h 光周期处理无显著差异;在 L//D=10 h//14 h 时羽化率较低,为 78.6%,与 L//D=8 h//16 h 和 12 h//12 h 光周期处理无显著差异(表 1)。

表 1 光周期对井上蛀果斑螟化蛹及蛹发育的影响¹⁾

Table 1 Effect of photoperiod on pupation and pupal duration in *Assara inouei*

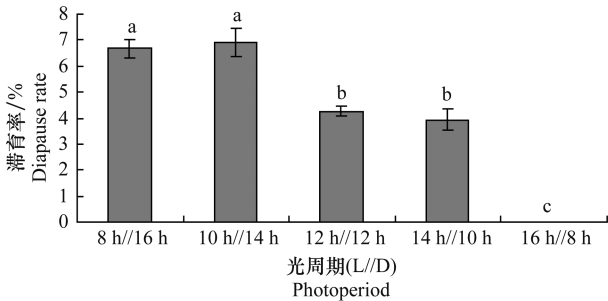
光周期(L//D) Photoperiod	蛹期/d Pupal duration	蛹重/mg Pupal weight	化蛹率/% Pupation rate	羽化率/% Eclosion rate
8 h//16 h	(9.0±0.4)b	(12.9±1.0)a	(53.2±1.4)c	(79.8±2.4)b
10 h//14 h	(9.3±0.6)ab	(13.1±1.8)a	(60.4±2.3)c	(78.6±2.7)b
12 h//12 h	(10.3±0.9)a	(12.8±1.3)a	(52.4±2.6)c	(88.7±1.6)ab
14 h//10 h	(10.2±0.8)ab	(12.0±1.2)a	(70.9±3.2)b	(90.3±3.2)a
16 h//8 h	(8.2±0.5)b	(13.1±1.5)a	(86.5±3.3)a	(93.3±2.7)a

1) 同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。表 2 同。

Different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P<0.05$). The same applies to Table 2.

2.4 光周期对井上蛀果斑螟幼虫滞育的影响

光周期变化,井上蛀果斑螟幼虫会出现滞育现象(图 3),且光周期对幼虫滞育率有显著影响($F=6.08, df=4, 15, P=0.004$)。相较而言, L//D=8 h//16 h 和 10 h//14 h 下滞育率较高,分别为 6.7% 和 6.9%; L//D=12 h//12 h 和 14 h//10 h 下次之,分别为 4.3% 和 3.9%; L//D=16 h//8 h 时滞育率为 0,无滞育个体产生。



柱上不同小写字母表示不同光周期期间滞育率差异显著($P<0.05$)
Different lowercase letters above the bars indicated significant differences of diapause rate among different photoperiods ($P<0.05$)

图 3 光周期对井上蛀果斑螟幼虫滞育率的影响

Fig. 3 Effects of different photoperiods on diapause rate of *Assara inouei* larvae

2.5 光周期对井上蛀果斑螟成虫寿命和繁殖的影响

光周期对井上蛀果斑螟成虫产卵前期无显著影

响($F=0.84, df=4, 45, P=0.529$),产卵前期在 1.5~2.4 d 之间(表 2)。光周期对成虫产卵期影响显著($F=9.56, df=4, 45, P=0.000$),在 L//D=12 h//12 h 下产卵期最长,为 12.5 d,在 L//D=16 h//8 h 时产卵期最短,为 7.8 d;在 L//D=8 h//16 h、10 h//14 h 和 14 h//10 h 时产卵期分别为 10.8、9.7 d 和 9.4 d,三者无显著差异。

光周期对井上蛀果斑螟成虫寿命有显著影响(雌: $F=4.53, df=4, 45, P=0.007$;雄: $F=7.68, df=4, 45, P=0.000$)(表 2),在 L//D=12 h//12 h 下雌、雄成虫寿命最长,分别为 15.8 d 和 15.1 d,在 L//D=8 h//16 h 时最短,分别为 13.5 d 和 12.8 d;除 L//D=12 h//12 h 外,其余 4 种光周期处理下雌、雄成虫寿命均无显著差异。光周期对单雌产卵量亦有显著影响($F=26.97, df=4, 45, P=0.000$),但对卵孵化率无显著影响($F=1.56, df=4, 10, P=0.285$)。在 L//D=16 h//8 h 下单雌产卵量最高,为 95.3 粒,在 L//D=8 h//16 h 时单雌产卵量较低,为 71.9 粒,与 L//D=10 h//14 h 和 L//D=12 h//12 h 时无显著差异;各光周期处理下卵的孵化率均在 50%左右。

表 2 光周期对井上蛀果斑螟成虫寿命和繁殖的影响

Table 2 Effect of photoperiod on longevity and reproduction of *Assara inouei* adult

光周期(L//D) Photoperiod	产卵前期 Pre-oviposition duration	产卵期 Oviposition duration	成虫寿命/d Adult longevity		平均单雌产卵量/粒 Average number of eggs laid per female	卵孵化率/% Egg hatching rate
			♀	♂		
8 h//16 h	(2.4±0.9)a	(10.8±1.3)b	(13.5±1.2)b	(12.8±1.1)b	(71.9±2.2)c	(49.6±1.5)a
10 h//14 h	(2.4±0.8)a	(9.7±1.3)b	(13.8±0.6)b	(13.0±1.5)b	(73.2±3.4)bc	(47.9±1.7)a
12 h//12 h	(1.5±0.4)a	(12.5±1.1)a	(15.8±1.1)a	(15.1±1.5)a	(74.9±2.0)bc	(48.7±1.0)a
14 h//10 h	(1.9±0.2)a	(9.4±0.5)b	(13.6±1.4)b	(13.2±0.5)b	(82.8±3.5)b	(50.3±0.7)a
16 h//8 h	(1.8±0.2)a	(7.8±0.6)c	(14.2±1.4)ab	(13.8±1.0)b	(95.3±2.6)a	(52.7±1.4)a

3 结论与讨论

光周期对昆虫生长发育及生殖有着直接或间接

的影响,且昆虫对光周期的反应因种类不同而存在明显不同。如, L//D=12 h//12 h 为黏虫^[7]和甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua*^[15] 的最适光周期;每天 14

h 或 16 h 的光照是国槐尺蠖幼虫最理想的光照时数^[10],这些昆虫在最适光周期时的生长发育和繁殖均最强。本试验结果显示,在 L//D=16 h//8 h 下井上蛀果斑螟幼虫期、蛹期和产卵期最短,存活率、化蛹率、羽化率和平均单雌产卵量最高,明显优于其他光周期处理,表明 L//D=16 h//8 h,即长光照条件下有利于井上蛀果斑螟的生长发育和繁殖,可作为室内人工饲养该虫的光周期组合。这也与光周期对小地老虎的影响结果相似^[9]。

光周期随着季节的变化而变化,许多昆虫,特别是生活周期较长的昆虫,通常将光周期的变化作为季节变化的信号,通过自身生长发育的变化来响应光周期的变化^[16-17]。本试验中,在测定光周期范围内,相较而言,L//D=12 h//12 h 下井上蛀果斑螟雌成虫寿命和产卵期最长,幼虫存活率最低,而在 L//D=16 h//8 h 下,成虫寿命和产卵期虽较短,但产卵量最高,表明此光周期有利于井上蛀果斑螟成虫交配产卵,其产卵更为集中,且此时幼虫存活率最高,更有利于井上蛀果斑螟种群的增长。这一现象也与光周期对黏虫^[7]和二点委夜蛾^[12]等鳞翅目昆虫的影响结果相似,其原因可能与代谢过程和能量分配有关,由于在长日照条件下这些昆虫的产卵等生命活动加强,而致使成虫能量衰退过快,因此成虫寿命缩短^[18]。

滞育是调节昆虫种群动态和发生代数的一个重要因素,昆虫滞育的发生需光周期、温度等环境信号的诱导^[19-20]。本研究中,除 L//D=16 h//8 h 光周期处理外,其余 4 种光周期下井上蛀果斑螟部分个体出现生长发育停滞现象,滞育率在 3.9%~6.9% 之间,表明井上蛀果斑螟在试验光周期条件下基本不滞育或很少滞育。试验中幼虫小部分个体滞育,大部分仍可继续发育,由此可知该虫在云南红河地区可周年持续繁殖。已有研究表明,井上蛀果斑螟多以幼虫越冬,成虫在田间周年可见^[21],与本试验结果相符。本试验中在短日照条件下只有少部分井上蛀果斑螟幼虫个体发生滞育现象,表明诱导该虫滞育的主要环境因素不是光周期。光周期往往和温、湿度等其他环境条件共同影响昆虫生长发育和繁殖^[9],光周期和温度的联合作用对该虫的影响,还有待于进一步深入研究。

参考文献

[1] 白玲玲,李正跃. 云南石榴树上的一种新害虫—井上蛀果斑螟[J]. 植物保护, 2006, 21(1): 110.

- [2] 邵淑霞,李春艳,杨仕生,等. 井上蛀果斑螟幼虫和蛹的形态描述及生物学特性[J]. 云南农业大学学报, 2008, 23(1): 22-24.
- [3] YAMANAKA H. New and unrecorded species of the Phycitinae (Lepidoptera, Pyralidae) from Japan [J]. Tinea, 1994, 14 (1): 33-41.
- [4] DU Yanli, LI Houhun, WANG Shuxia. A taxonomic study on the genus *Assara* Walker from China (Lepidoptera: Pyralidae: Phycitinae) [J]. Acta Zootaxonomica Sinica, 2002, 27(1): 8-19.
- [5] HIROYOSHI S, REDDY G V P, MITSUNAGA T. Effects of photoperiod and aging on the adult spermatogenesis of *Polygonia c-aureum* (Lepidoptera: Nymphalidae), in relation to adult diapause [J]. Journal of Comparative Physiology A, 2020, 206 (3): 467-475.
- [6] CORACINI M D A, ZARBIN P H G, BENGTTSSON M, et al. Effects of photoperiod and temperature on the development of *Bonagota cranaodes* [J]. Physiological Entomology, 2010, 32 (4): 394-398.
- [7] 王熠,庞士海,纪薇,等. 光周期对黏虫生长发育和生殖的影响[J]. 植物保护学报, 2019, 46(3): 542-548.
- [8] 蔡明飞,刘彦飞,王艳蓉,等. 光周期对梨小食心虫生长发育和生殖的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(11): 169-172.
- [9] 褚艳娜,王琼,李静雯,等. 光周期对小地老虎生长发育及繁殖的影响[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(5): 1268-1273.
- [10] 柳丽婷,苏宝玲,刘广纯,等. 光周期对国槐尺蠖生长发育状况的影响[J]. 昆虫知识, 2010, 47(5): 915-917.
- [11] 王怡,孔维娜,郭永福,等. 不同光周期处理蛹对梨小食心虫羽化及交配繁殖的影响[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(2): 307-315.
- [12] 郭于蒙,曹美琳,白雪纯,等. 光周期对二点委夜蛾生长发育的影响[J]. 植物保护学报, 2018, 45(4): 731-738.
- [13] 韩伟君,肖春,杨仕生,等. 井上蛀果斑螟羽化及交配行为学特征研究[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2008, 30(S1): 120-122.
- [14] 何超,沈登荣,尹立红,等. 井上蛀果斑螟昼夜行为节律研究[J]. 植物保护, 2016, 42(3): 137-140.
- [15] 徐金汉,王兆守,关雄. 光周期对甜菜夜蛾生长发育状况的影响[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2002, 31(2): 177-180.
- [16] 武德功,詹秋文,黄保宏,等. 不同光周期对高粱蚜种群参数的影响[J]. 昆虫学报, 2018, 61(4): 511-518.
- [17] 马亚玲,刘长仲. 光周期对两种色型豌豆蚜种群参数的影响[J]. 生态学报, 2016, 36(14): 4548-4555.
- [18] 张方平,符冠冠,彭正强,等. 温度和光周期对斑翅食蚜蚜小蜂发育与繁殖的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(5): 1280-1286.
- [19] 时爱菊,徐洪富,刘忠德,等. 光周期对大草蛉(*Chrysopa pallens*) 滞育及发育的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(8): 3854-3859.
- [20] 黄少虹,江幸福,罗礼智. 光周期和温度对草地螟滞育诱导的影响[J]. 昆虫学报, 2009, 52(3): 274-280.
- [21] 白玲玲,张祖兵,杨仕生,等. 云南石榴新记录害虫井上果斑螟的形态学及种群动态特征[J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(2): 183-187.