

光周期对二点委夜蛾生长发育的影响

郭于蒙¹ 曹美琳¹ 白雪纯¹ 刘廷辉¹ 任 倩² 何运转^{1*}

(1. 河北农业大学植物保护学院, 保定 071000; 2. 河北省辛集市农牧局, 辛集 052360)

摘要: 为明确光周期对二点委夜蛾 *Athetis lepigone* (Möschler) 生长发育的影响, 在温度 $24\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(80\pm 5)\%$ 以及 13 个不同光周期的条件下测定二点委夜蛾幼虫发育历期、成虫生殖等情况。结果表明, 光周期对二点委夜蛾生长发育影响显著。当光照时数 $\geq 16\text{ h}$ 时, 二点委夜蛾幼虫至产卵前期的总发育历期在 33.7~40.7 d 之间, 无休眠个体产生, 成虫获得率在 67.0%~78.7% 之间, 单雌产卵量在 335.3~382.4 粒之间, 种群趋势指数在 116.4~144.0 之间。当光照时数 $< 16\text{ h}$ 时, 二点委夜蛾幼虫至产卵前期的总发育历期在 40.2~63.2 d 之间; 老熟幼虫或蛹中的部分个体出现休眠现象, 并以老熟幼虫为主; 各处理间总休眠率在 18.4%~79.6% 之间, 成虫获得率在 15.3%~66.0% 之间, 单雌产卵量在 275.8~419.0 粒之间, 种群趋势指数在 30.4~122.6 之间。表明长光照有利于二点委夜蛾的生长发育及生殖。

关键词: 二点委夜蛾; 光周期; 休眠; 发育历期; 繁殖特性

Effects of photoperiod on development and reproduction of Lepidopteran pest *Athetis lepigone* (Möschler)

Guo Yumeng¹ Cao Meilin¹ Bai Xuechun¹ Liu Tinghui¹ Ren Qian² He Yunzhan^{1*}

(1. College of Plant Protection, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, Hebei Province, China;

2. Xinji Bureau of Agriculture and Animal Husbandry, Xinji 052360, Hebei Province, China)

Abstract: To clarify the effects of photoperiod on Lepidopteran pest *Athetis lepigone* (Möschler), the development of larvae and fecundity of adults were investigated in the laboratory under the temperature $24\pm 1^{\circ}\text{C}$, relative humidity $(80\pm 5)\%$ and different photoperiods. The results indicated that the photoperiod had a significant effect on the development and reproduction of *A. lepigone*. When the illumination time lasted for more than 16 hours, the developmental duration of *A. lepigone* ranged from 33.7 to 40.7 d and no dormancy was observed. The adult rate accounted for 67.0%–78.7%, the number of eggs laid per female was from 335.3 to 382.4 and index of population trend was from 116.41 to 144.0. In contrast, when the illumination time was less than 16 hours, the developmental duration of *A. lepigone* ranged from 40.2 to 63.2 d. Some mature larvae or pupae entered into dormant state and the dormancy rate ranged between 18.4% and 79.6%. Meantime, the adult rate, number of eggs laid per female, and index of population trend were 15.3%–66.0%, 275.8–419.0 and 30.4–122.6, respectively. The results indicated that long photoperiod was beneficial to the growth and reproduction of *A. lepigone*.

Key words: *Athetis lepigone* (Möschler); photoperiod; dormancy; development; fecundity

二点委夜蛾 *Athetis lepigone* (Möschler) 是 2005 年 在河北省发现的主要玉米新型害虫(姜京宇和席建英,

2006),具有发生范围广、传播速度快、易暴发成灾等特点。单绪南等(2011)报道,小麦秸秆还田、玉米免耕播种、气候条件适宜以及玉米苗期和幼虫发生期相吻合等是引起二点委夜蛾大暴发的主要原因。2011年在黄淮海夏玉米产区的河南、河北、山东、山西、江苏、安徽和北京7省(市)全面暴发,为害面积达220万 hm^2 ,对夏玉米的安全生产构成了巨大威胁(梁菲菲等,2016)。

光周期作为影响昆虫生活节律的重要因子,直接影响昆虫的发育、生理代谢以及种群季节性变动等(陈广平等,2009)。朱楠等(2011)研究了光照对丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* 的影响,结果显示光照13 h最适宜丽蚜小蜂的生长生殖,当光照时间过长或过短时均会导致其发育历期延长,并且不利于雌虫产卵。此外,光周期是大多数昆虫进入滞育的主要环境刺激因子,如在20℃且每日光照为6.4~11.9 h时,异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 会滞育,其中光照为10 h时滞育率最高(张伟等,2014);并且光周期对昆虫滞育解除过程中的生理生化也具有调控作用,如越冬自然种群中初产卵的中华通草蛉 *Chrysoperla sinica* 雌雄成虫在长光照影响下其体内的蛋白和糖原含量显著低于短光照处理,而含水量却明显增高(陈珍珍等,2013)。光周期影响昆虫的抗寒性,如短光照处理中华通草蛉自然越冬成虫的死亡率低于长光照处理,而其实验种群幼虫期的抗寒性在短光照影响下要明显高于长光照,死亡率也较低(陈珍珍等,2014)。因此,了解光周期对昆虫生长生殖的影响,对于研究昆虫习性以及种群动态具有重要意义。

目前,对二点委夜蛾的研究主要集中于形态特征、温湿度影响以及化学防治(江幸福等,2011;马继芳等,2014)等方面,而关于光周期对二点委夜蛾影响的研究尚未见报道,鉴于此,本文拟开展光周期对二点委夜蛾生长发育影响的研究,以期为该虫的预测预报、综合防治及室内人工饲养提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源:二点委夜蛾采自河北省保定市望都县,在室内温度(24±1)℃、光周期16 L:8 D、相对湿度(80±5)%人工气候箱中连续饲养数代。用人工饲料饲养幼虫,10%蜂蜜水饲养成虫。

仪器:RXR-280C 智能型人工气候箱,宁波江南仪器厂。

1.2 方法

1.2.1 光周期处理和测定方法

为保证试虫的数量、大小均匀,二点委夜蛾卵在温度(24±1)℃、光周期16 L:8 D、相对湿度(80±5)%条件下进行孵化,选取1日龄初孵幼虫进行不同光周期处理。设13个不同光周期处理,分别为0 L:24 D、2 L:22 D、4 L:20 D、6 L:18 D、8 L:16 D、10 L:14 D、12 L:12 D、14 L:10 D、16 L:8 D、18 L:6 D、20 L:4 D、22 L:2 D和24 L:0 D。将健康大小一致的1日龄初孵幼虫置于指形管中,用人工饲料进行单头饲养,并移入温度(24±1)℃、相对湿度(80±5)%及不同光周期条件下的人工气候箱中,每个处理100头,重复3次。每日08:00~09:00定时观察记录其生长发育及存活情况并更换饲料。根据黄水金等(2002)和刘月英等(2015)方法将在同一温度下发育历期超过正常发育个体3~4倍以上者视为滞育个体,本试验中将50 d内不能进入下一个虫龄或虫态的试虫视为休眠,并且记录其虫态及各虫态个数。

选取当天羽化的成虫以雌雄性比1:1随机配对,每对成虫单独放入直径为15 cm×高12 cm的养虫缸中用10%蜂蜜水进行饲养,直至成虫死亡,在养虫缸上方放置1块大小为25 cm×35 cm黑色产卵布,用于收集卵,每个处理10对,重复3次,每天观察并记录成虫存活及产卵情况,由于部分光周期条件下成虫获得率较低,导致配对数无法达到30对,因此在试验过程中根据实际情况适当调整成虫配对数。统计其产卵前期(成虫羽化至第1次产卵的间隔期)、产卵期(成虫第1次产卵至末次产卵的间隔期)及产卵量。幼虫进入6龄的比例=进入6龄幼虫数/进入5龄幼虫数×100%;总体休眠率=休眠总数/总幼虫数×100%;蛹获得率=化蛹数/总幼虫数×100%;成虫获得率=羽化的成虫数/总幼虫数×100%;羽化率=羽化的成虫数/蛹数×100%。

1.2.2 实验种群生命表

根据不同光周期条件下二点委夜蛾各发育时期的存活情况和成虫繁殖力数据,组建二点委夜蛾实验种群生命表,参照张孝羲(2002)的方法计算种群趋势指数 I , $I = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdots S_n \cdot P_q \cdot F \cdot P_F$,其中 S_n 为每虫期的存活率, n 代表不同虫期; P_q 为成虫中的雌性比例; F 为种群的标准产卵量; P_F 为达到标准产卵量的比例。

1.3 数据分析

试验数据采用Excel 2007和SPSS 22.0软件进行统计分析,采用Duncan氏新复极差法进行差异显

著性检验。

2 结果与分析

2.1 光周期对二点委夜蛾的影响

2.1.1 对二点委夜蛾幼虫的影响

光周期对二点委夜蛾幼虫发育历期影响显著,其中光周期对1~4龄幼虫发育历期的影响较小,对5、6龄老熟幼虫的影响明显,6龄幼虫在光周期2 L:22 D时的发育历期最长,为24.9 d;在光周期24 L:0 D时发育历期最短,仅为4.4 d,相差20.5 d。在光照时数 ≥ 16 h条件下,二点委夜蛾幼虫至产卵前期的

总发育历期较短,在33.7~40.7 d之间,而光照时数 < 16 h条件下,除在光周期6 L:18 D时总发育历期较短,在其它处理下二点委夜蛾幼虫的总发育历期均显著延长,长于45.2 d(表1)。

光周期的变化会引起幼虫及蛹时期休眠个体的出现,在光照时数 ≥ 16 h条件下,个体均可正常发育,无休眠个体产生;当光照时数 < 16 h条件下,幼虫在1~4龄时期均无休眠个体产生,5~6龄老熟幼虫和蛹的部分个体出现休眠现象,其中以老熟幼虫为主。各处理间总体休眠率差异显著,在18.4%~79.6%之间,在光周期为8 L:16 D时总体休眠率最高(表2)。

表1 不同光周期条件下二点委夜蛾各阶段的发育历期
Table 1 Developmental duration of *Athetis lepigone* under different photoperiods

发育阶段 Developmental stage	0 L:24 D	2 L:22 D	4 L:20 D	6 L:18 D	8 L:16 D	10 L:14 D	12 L:12 D
1龄 1st instar	4.2 $\pm$ 0.1 bc	5.0 $\pm$ 0.2 a	4.4 $\pm$ 0.1 b	3.7 $\pm$ 0.1 e	4.1 $\pm$ 0.1 cd	4.0 $\pm$ 0.3 bcd	4.3 $\pm$ 0.2 bc
2龄 2nd instar	4.0 $\pm$ 0.1 ab	4.2 $\pm$ 0.1 a	4.0 $\pm$ 0.1 ab	3.3 $\pm$ 0.0 def	4.3 $\pm$ 0.2 a	3.7 $\pm$ 0.2 bc	4.1 $\pm$ 0.1 a
3龄 3rd instar	3.6 $\pm$ 0.1 ab	3.7 $\pm$ 0.2 ab	3.7 $\pm$ 0.1 ab	3.7 $\pm$ 0.0 ab	3.8 $\pm$ 0.1 ab	3.6 $\pm$ 0.1 b	3.5 $\pm$ 0.1 b
4龄 4th instar	4.6 $\pm$ 0.1 b	4.7 $\pm$ 0.2 a	4.2 $\pm$ 0.3 bcd	4.1 $\pm$ 0.0 d	4.2 $\pm$ 0.0 cd	4.4 $\pm$ 0.0 bc	4.0 $\pm$ 0.0 d
5龄 5th instar	6.1 $\pm$ 0.4 bc	6.5 $\pm$ 0.7 ab	6.3 $\pm$ 0.7 ab	5.3 $\pm$ 0.3 cd	6.6 $\pm$ 1.1 ab	7.1 $\pm$ 0.5 a	5.9 $\pm$ 0.2 bc
6龄 6th instar	10.8 $\pm$ 3.3 c	24.9 $\pm$ 1.1 a	19.1 $\pm$ 2.5 b	6.9 $\pm$ 1.2 d	12.7 $\pm$ 0.5 c	14.8 $\pm$ 4.5 c	12.2 $\pm$ 2.5 c
蛹 Pupa	9.7 $\pm$ 0.0 cd	12.3 $\pm$ 0.4 a	10.1 $\pm$ 0.1 c	9.7 $\pm$ 0.1 d	12.1 $\pm$ 0.0 a	11.0 $\pm$ 0.6 a	11.9 $\pm$ 0.1 a
产卵前期 Preoviposition duration	2.2 $\pm$ 0.3 bc	1.8 $\pm$ 0.3 a	2.1 $\pm$ 0.1 ab	3.7 $\pm$ 0.2 e	3.0 $\pm$ 0.5 dc	3.5 $\pm$ 0.1 e	2.9 $\pm$ 0.5 cd
总发育历期 Total development durationdurationduration	45.2 $\pm$ 2.9 d	63.2 $\pm$ 0.7 a	53.9 $\pm$ 3.3 b	40.2 $\pm$ 1.9 ef	50.8 $\pm$ 1.6 bc	52.1 $\pm$ 5.1 bc	48.8 $\pm$ 3.0 cd
发育阶段 Developmental stage	14 L:10 D	16 L:8 D	18 L:6 D	20 L:4 D	22 L:2 D	24 L:0 D	
1龄 1st instar	4.2 $\pm$ 0.1 bc	4.0 $\pm$ 0.1 de	4.0 $\pm$ 0.2 cd	4.1 $\pm$ 0.0 cd	3.9 $\pm$ 0.1 de	4.1 $\pm$ 0.0 cd	
2龄 2nd instar	3.6 $\pm$ 0.2 cd	3.1 $\pm$ 0.1 ef	3.4 $\pm$ 0.2 cde	3.2 $\pm$ 0.0 ef	3.0 $\pm$ 0.6 f	3.2 $\pm$ 0.1 def	
3龄 3rd instar	3.8 $\pm$ 0.3 ab	3.9 $\pm$ 0.4 a	3.1 $\pm$ 0.1 c	3.2 $\pm$ 0.1 c	2.8 $\pm$ 0.1 d	3.2 $\pm$ 0.1 c	
4龄 4th instar	4.1 $\pm$ 0.1 d	4.3 $\pm$ 0.3 bc	3.6 $\pm$ 0.0 e	3.5 $\pm$ 0.1 ef	3.3 $\pm$ 0.1 f	3.5 $\pm$ 0.1 e	
5龄 5th instar	4.4 $\pm$ 0.1 ef	5.2 $\pm$ 0.6 cde	4.3 $\pm$ 0.0 f	4.6 $\pm$ 0.1 def	4.2 $\pm$ 0.1 f	4.7 $\pm$ 0.1 def	
6龄 6th instar	12.0 $\pm$ 4.1 c	6.7 $\pm$ 0.2 d	5.4 $\pm$ 0.7 d	4.9 $\pm$ 0.5 d	4.5 $\pm$ 0.1 d	4.4 $\pm$ 0.3 d	
蛹 Pupa	10.5 $\pm$ 0.3 b	10.6 $\pm$ 0.2 b	9.9 $\pm$ 0.1 cd	9.9 $\pm$ 0.1 cd	9.0 $\pm$ 0.1 f	10.0 $\pm$ 0.0 cd	
产卵前期 Preoviposition duration	2.9 $\pm$ 0.1 cd	2.2 $\pm$ 0.2 ab	3.1 $\pm$ 0.1 d	2.5 $\pm$ 0.1 bc	3.0 $\pm$ 0.1 cd	7.6 $\pm$ 0.1 f	
总发育历期 Total development durationdurationduration	45.5 $\pm$ 4.3 d	40.0 $\pm$ 1.5 ef	36.8 $\pm$ 0.9 efg	35.9 $\pm$ 0.6 fg	33.7 $\pm$ 0.6 g	40.7 $\pm$ 0.3 e	

表中数据为平均数 $\pm$ 标准误。同行数据后不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean $\pm$ SE. Different lowercase letters in the same row indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

2.1.2 对二点委夜蛾幼虫虫龄的影响

光周期对二点委夜蛾幼虫虫龄影响显著。在各

光周期条件下,二点委夜蛾幼虫虫龄均存在5、6龄现象。光照时数 < 16 h时,幼虫进入6龄的比例显著

高于光照时数 ≥ 16 h的处理,均高于24.6%,其中光周期为12 L:12 D时幼虫进入6龄的比例最高,为82.2%,且与除4 L:20 D外的其它处理间差异显著;而光照时数 ≥ 16 h时,幼虫进入6龄阶段的比例均低于18.1%(图1)。

表2 不同光周期条件下二点委夜蛾休眠虫态及其比例
Table 2 Insect states of dormancy and numbers of *Athetis lepigone* under different photoperiods %

发育阶段 Developmental stage	0 L:24 D	2 L:22 D	4 L:20 D	6 L:18 D	8 L:16 D	10 L:14 D	12 L:12 D	14 L:10 D
5龄5th instar	1.3±0.1 ab	1.2±0.3 b	1.5±0.2 a	0.0±0.0 c	2.1±0.1 a	2.2±0.3 a	1.5±0.1 a	0.0±0.0 c
6龄6th instar	12.3±0.1 bc	52.6±3.5 a	35.1±4.1 b	8.7±0.3 c	51.9±8.3 a	49.3±5.3 ab	29.3±2.1 b	11.1±0.1 bc
蛹Pupa	7.0±0.9 d	12.2±1.0 bc	19.8±1.2 b	9.7±0.6 cd	25.6±2.5 a	13.0±0.4 c	16.5±0.7 bc	11.9±1.1 c
总休眠率 Dormancy rate	20.7±4.5 d	66.8±5.8 b	56.4±9.2 bc	18.4±4.3 d	79.6±1.4 a	64.5±7.5 b	47.5±5.9 c	23.0±3.5 d

表中数据为平均数±标准误。同行数据后不同小写字母表示经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

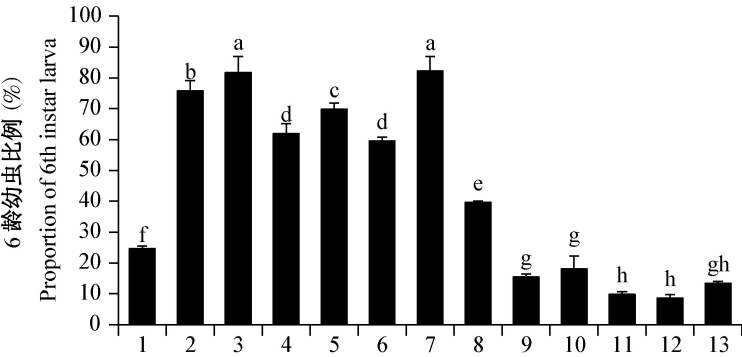


图1 不同光周期条件下二点委夜蛾幼虫进入6龄的比例

Fig. 1 The proportions of the 6th instars of *Athetis lepigone* under different photoperiods

图中数据为平均数±标准误。不同字母表示经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。1~13: 光周期分别为0 L:24 D、2 L:22 D、4 L:20 D、6 L:18 D、8 L:16 D、10 L:14 D、12 L:12 D、14 L:10 D、16 L:8 D、18 L:6 D、20 L:4 D、22 L:2 D和24 L:0 D。Data are mean±SE. Different lowercase letters indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test. 1~13: Photoperiods were 0 L:24 D, 2 L:22 D, 4 L:20 D, 6 L:18 D, 8 L:16 D, 10 L:14 D, 12 L:12 D, 14 L:10 D, 16 L:8 D, 18 L:6 D, 20 L:4 D, 22 L:2 D and 24 L:0 D, respectively.

2.1.3 对二点委夜蛾成虫期的影响

不同光周期对二点委夜蛾成虫生长生殖影响显著。光照时数 ≥ 16 h时,二点委夜蛾羽化率均较高,在92.2%~98.8%之间;二点委夜蛾成虫获得率也较高,在67.0%~78.6%之间,而二点委夜蛾成虫获得率和羽化率在不同光周期条件下无显著差异。光照时数 <16 h时,成虫获得率较低,在15.3%~66.0%之间,其中0 L:24 D和6 L:18 D条件下二点委夜蛾的成虫获得率及羽化率比较高(表3)。

全日照条件下产卵前期最长,达7.6 d,2 L:22 D条件下产卵前期最短,为1.8 d。在全日照条件下,

二点委夜蛾的产卵期最短,其它光周期处理间无显著差异。光周期变化对二点委夜蛾雌虫产卵量影响显著,光周期为8 L:16 D和12 L:12 D时二点委夜蛾单雌平均产卵量最多,分别为414.0粒和419.0粒,显著高于其它处理;光周期为2 L:22 D和4 L:20 D时二点委夜蛾单雌平均产卵量最少,分别为288.7粒和275.8粒。光周期对雌、雄虫寿命有一定的影响,在全日照条件下二点委夜蛾雌、雄虫寿命最长,分别为20.0 d和22.1 d(表3)。

2.2 二点委夜蛾实验种群生命表

不同光周期条件下二点委夜蛾实验种群生命表

显示,在不同光照处理下种群趋势指数在 30.4~144.0 之间。光照时数 ≤ 6 h 时,种群趋势指数变化较大,在 0 L:24 D 和 6 L:18 D 时,种群趋势指数较高;光照时数在 6~14 h 条件下,种群趋势指数随光照时

间增长逐渐增高,但均低于 96.7;而在光照时数 ≥ 16 h 条件下,由于二点委夜蛾成虫获得率和产卵量较高,种群趋势指数总体较高,均超过 116.4(表 4)。

表 3 不同光周期条件下二点委夜蛾成虫的繁殖特性

Table 3 Adult reproduction of *Athetis lepigone* under different photoperiods

光周期 Photoperiod	羽化率 Eclosion rate (%)	成虫获得率 Adult rate (%)	产卵前期 Preoviposition duration (d)	产卵期 Oviposition duration (d)	单雌平均产卵量 No. of eggs laid per female	雌虫寿命 Female longevity (d)	雄虫寿命 Male longevity (d)
0 L:24 D	89.1 $\pm$ 1.7 bc	60.0 $\pm$ 1.0 c	2.2 $\pm$ 0.3 de	11.5 $\pm$ 0.3 ab	362.5 $\pm$ 12.0 bcd	16.5 $\pm$ 0.2 bc	16.7 $\pm$ 0.2 d
2 L:22 D	59.9 $\pm$ 3.3 e	24.3 $\pm$ 1.5 f	1.8 $\pm$ 0.3 f	11.2 $\pm$ 0.3 ab	288.7 $\pm$ 8.8 f	16.8 $\pm$ 0.8 bc	17.5 $\pm$ 0.4 bcd
4 L:20 D	68.4 $\pm$ 8.6 d	37.7 $\pm$ 8.1 e	2.1 $\pm$ 0.1 ef	11.3 $\pm$ 0.1 ab	275.8 $\pm$ 2.2 f	17.0 $\pm$ 0.3 bc	17.7 $\pm$ 0.1 bcd
6 L:18 D	89.1 $\pm$ 5.8 bc	66.0 $\pm$ 9.5 c	3.7 $\pm$ 0.2 b	11.3 $\pm$ 0.5 ab	383.0 $\pm$ 8.9 b	17.3 $\pm$ 0.8 bc	17.4 $\pm$ 0.3 bcd
8 L:16 D	43.8 $\pm$ 0.3 f	15.3 $\pm$ 1.5 g	3.0 $\pm$ 0.5 cd	11.5 $\pm$ 0.9 ab	414.0 $\pm$ 29.6 a	17.7 $\pm$ 0.3 bc	18.0 $\pm$ 1.7 bcd
10 L:14 D	72.7 $\pm$ 7.1 d	27.7 $\pm$ 7.1 f	3.5 $\pm$ 0.1 b	11.9 $\pm$ 0.4 ab	329.2 $\pm$ 16.8 e	17.2 $\pm$ 0.6 bc	15.8 $\pm$ 0.7 d
12 L:12 D	75.8 $\pm$ 6.9 d	39.7 $\pm$ 4.0 e	2.9 $\pm$ 0.5 cd	12.7 $\pm$ 0.3 a	419.0 $\pm$ 22.8 a	17.4 $\pm$ 0.1 bc	19.4 $\pm$ 0.5 ab
14 L:10 D	87.4 $\pm$ 3.3 c	48.7 $\pm$ 0.6 d	2.9 $\pm$ 0.1 cd	11.5 $\pm$ 0.1 ab	360.8 $\pm$ 7.4 bcd	15.9 $\pm$ 0.2 c	16.9 $\pm$ 0.5 cd
16 L:8 D	96.4 $\pm$ 4.3 ab	78.6 $\pm$ 1.5 a	2.2 $\pm$ 0.2 ef	11.6 $\pm$ 0.4 ab	345.1 $\pm$ 11.7 de	17.2 $\pm$ 0.3 bc	18.5 $\pm$ 0.3 ab
18 L:6 D	92.2 $\pm$ 1.0 abc	67.0 $\pm$ 3.0 bc	3.1 $\pm$ 0.0 c	12.3 $\pm$ 0.6 ab	382.4 $\pm$ 11.4 b	18.0 $\pm$ 0.2 abc	18.7 $\pm$ 0.3 ab
20 L:4 D	98.8 $\pm$ 1.3 a	78.7 $\pm$ 6.0 a	2.5 $\pm$ 0.1 de	11.7 $\pm$ 1.8 ab	372.3 $\pm$ 10.2 bc	16.6 $\pm$ 0.1 bc	18.2 $\pm$ 0.4 bc
22 L:2 D	95.9 $\pm$ 2.5 ab	77.7 $\pm$ 1.5 a	3.0 $\pm$ 0.1 cd	12.1 $\pm$ 1.1 ab	351.1 $\pm$ 7.5 cde	19.0 $\pm$ 0.4 ab	18.1 $\pm$ 0.7 bcd
24 L:0 D	98.7 $\pm$ 1.3 a	74.7 $\pm$ 2.5 ab	7.6 $\pm$ 0.1 a	10.8 $\pm$ 0.1 b	335.3 $\pm$ 3.7 e	20.0 $\pm$ 0.4 a	22.1 $\pm$ 0.3 a

表中数据为平均数 $\pm$ 标准误。同列数据后不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean $\pm$ SE. Different lowercase letters in the same row indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

3 讨论

赵吕权等(2009)发现歧阜异针蟋 *Pteronemobius gifuensis* 若虫在长光照时的发育速率要明显快于短光照处理,当温度为 25℃、光周期 16 L:8 D 时若虫发育历期为 55.9 d,在光周期 12 L:12 D 时为 135.6 d;Dolezal et al.(2007)认为短光照有利于异色瓢虫幼虫生长发育,当温度 20℃、光周期短于 14 L:10 D 时幼虫发育历期均短于 15 d,而在光周期长于 14 L:10 D 时发育历期均长于 15 d。在本研究中也发现了类似现象,长光照可加快二点委夜蛾幼虫的发育速率,光周期的变化对二点委夜蛾 5~6 龄幼虫的发育影响显著;与长光照影响相比,在短光照条件下老熟幼虫的发育历期显著延长。说明光周期对昆虫幼虫的发育活动产生影响,其中主要表现为光周期的变化可影响昆虫的发育速率。

昆虫越冬休眠虫态因种类而异。王小平等(2007)研究表明,小猿叶甲 *Phaedon brassicae* 主要是以成虫进入休眠状态越冬;李芒等(2012)报道小地老虎 *Agrotis ypsilon* 能以幼虫、蛹和成虫 3 种虫态休眠越冬。本试验结果表明,短光照条件下二点委夜蛾部分个体在老熟幼虫和蛹时期出现休眠情况,其中老熟幼虫时期休眠个体数占休眠个体总数的比例较高。马继芳等(2014)在田间调查过程中发现,河北省中南部地区二点委夜蛾多以老熟幼虫作茧越冬,与本试验结果相符。

诱导昆虫休眠的环境因素有光周期、温湿度、食料等,其中光周期是引起昆虫休眠的主要原因,如王燕等(2014)对半闭弯尾姬蜂 *Diadegma semiclausum* 蛹休眠情况进行研究发现,低温和短光照是诱导该种天敌昆虫休眠的主要因子,当光周期为 10 L:14 D 时其休眠率最高,达 73.03%。在本试验中也证

明短光照可诱导二点委夜蛾休眠。此外,在本试验中还发现在短光照条件下,光周期为6 L:18 D时休眠率显著低于其它短光照的处理,这种情况在其它昆虫的光周期反应中也有出现,如亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 吉林种群,在20℃条件下,6 L:18 D

时滞育率明显低于其它短光照(2~12 h)处理(郭建青等,2013);草地螟 *Loxostege sticticalis* 幼虫在温度为22~30℃时,光周期为10 L:14 D时休眠率比光周期为12 L:12 D和8 L:16 D明显降低(黄少虹等,2009)。

表4 不同光周期条件下二点委夜蛾实验种群生命表

Table 4 Experimental population life table of *Athetis lepigone* under different photoperiods

发育阶段 Developmental stage		0 L:24 D	2 L:22 D	4 L:20 D	6 L:18 D	8 L:16 D	10 L:14 D	12 L:12 D
幼虫 Larva	1 龄 1st instar	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	2 龄 2nd instar	89.7	97.0	96.0	89.7	97.3	95.0	93.0
	3 龄 3rd instar	83.7	95.7	95.7	88.3	97.3	94.7	91.3
	4 龄 4th instar	83.3	95.7	94.7	86.3	97.0	93.7	89.3
	5 龄 5th instar	83.0	94.7	94.7	85.3	96.3	93.0	88.0
	6 龄 6th instar	20.3	69.0	77.3	53.0	67.3	55.3	72.3
蛹 Pupa		67.3	40.7	55.0	74.0	35.0	38.0	52.3
成虫 Adult		60.0	24.3	37.7	66.0	15.3	27.7	39.7
雌虫 Female		29.0	14.7	19.3	32.0	7.3	13.0	21.3
产卵量 No. of eggs laid		362.5	288.7	275.8	383.0	414.0	329.2	418.9
预计下代产卵量 Expected no. of eggs of the following generation		10 511.3	4 233.8	5 331.2	12 257.3	3 036.1	4 279.2	8 937.4
种群趋势指数 Population trend index		105.1	42.3	53.3	122.6	30.4	42.8	89.4
发育阶段 Developmental stage		14 L:10 D	16 L:8 D	18 L:6 D	20 L:4 D	22 L:2 D	24 L:0 D	
幼虫 Larva	1 龄 1st instar	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	2 龄 2nd instar	88.3	93.3	93.3	93.3	93.0	94.0	
	3 龄 3rd instar	78.3	90.1	81.7	83.7	84.0	81.0	
	4 龄 4th instar	77.9	87.6	78.7	81.7	82.3	77.0	
	5 龄 5th instar	77.5	86.2	78.2	81.3	82.0	77.0	
	6 龄 6th instar	30.2	13.3	14.3	8.0	7.0	10.3	
蛹 Pupa		55.3	81.8	72.6	79.7	81.0	75.7	
成虫 Adult		48.2	78.6	67.0	78.7	77.7	74.7	
雌虫 Female		26.8	33.7	32.0	36.3	41.0	37.3	
产卵量 No. of eggs laid		360.8	345.1	382.4	372.3	351.1	335.3	
预计下代产卵量 Expected no. of eggs of the following generation		9 673.9	11 641.2	12 228.5	13 525.8	14 395.9	12 516.0	
种群趋势指数 Population trend index		96.7	116.4	122.3	135.3	144.0	125.2	

昆虫在幼虫时期蜕皮次数因种类不同有所差异,而同种昆虫幼虫蜕皮次数受性别以及温度、光周期和食料等环境因素的影响。Mo et al.(2013)等发现25℃时斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* 幼虫共7龄,而当温度升至30℃时,部分斜纹夜蛾在6龄后直接化蛹;曹美琳等(2012)认为温度变化对二点委夜蛾的

蜕皮次数也有影响,虽然不同温度下均有部分二点委夜蛾进入6龄,但是随着温度的升高进入6龄的个体数明显增多。在本研究中发现,二点委夜蛾蜕皮次数同时也受到光周期的影响,短日照条件下进入6龄期幼虫的个体数较多,比例为24.6%~82.2%之间,而长日照条件下只有少数个体进入6龄,这与

Pérez-Hedo et al.(2011)结果类似,即蛀茎夜蛾 *Sesamia nonagrioides* 的蜕皮次数也随着光照时间变化而变化,在长光照条件下蛀茎夜蛾一般为5~6龄,而当光照时间缩短时,特别是在12 L:12 D时蛀茎夜蛾会出现额外的12次蜕皮。

作为影响昆虫生殖节律的重要因素——光周期能影响昆虫的交配产卵、取食寿命以及生理代谢等方面。长光照不利于马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* 的生殖,可使成虫的寿命明显延长(邓小霞等,2012),而斑翅食蚜蚜小蜂 *Coccophagus ceroplastae* 在长光照的刺激下产卵量明显增加,而其成虫寿命缩短(张方平等,2010)。本研究发现,光周期对二点委夜蛾生殖影响结果与斑翅食蚜蚜小蜂相似,长日照有利于二点委夜蛾成虫交配产卵,并且在一定程度上导致其寿命缩短。这可能是由于产卵等活动加强会导致其成虫能量衰退过快,成虫寿命也因此减少。

杨超(2013)在研究温度对二点委夜蛾影响时光照选择了全黑暗条件进行试验,发现在温度25℃时,其世代历期为39.36 d,单雌平均产卵量为174.86粒。本研究表明,虽然二点委夜蛾在全黑暗条件下的生长发育情况比其它短光照条件下要好,但是在全黑暗条件下,其幼虫及蛹时期会发生休眠现象,休眠率为20.7%,只有光照时数≥16 h时,幼虫发育速率较快,且无休眠现象,成虫生殖力较强,种群趋势指数最高,因此认为室内饲养二点委夜蛾应选择光照时间≥16 h,这样更有利于二点委夜蛾的生存以及种群繁殖。

本试验在恒温恒湿的室内条件下进行,所得结果对二点委夜蛾种群的发生消长规律以及田间自然种群的预测预报具有一定的参考价值,对于自然光周期和变温对二点委夜蛾生长生殖的作用如何,还有待今后进一步研究。

参 考 文 献 (References)

- Cao ML, Tao B, Liu S, Dong JG, He YZ. 2012. Influence of temperature on experimental population of *Aethis lepigone* (Möschler). *Journal of Plant Protection*, 39(6): 531-535 (in Chinese) [曹美琳, 陶晔, 刘顺, 董金皋, 何运转. 2012. 温度对二点委夜蛾实验种群的影响. *植物保护学报*, 39(6): 531-535]
- Chen GP, Hao SG, Pang BP, Kang L. 2009. Effect of photoperiod on the development, survival, eclosion and reproduction of 4th instar nymph of three grasshopper species in Inner Mongolia. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(1): 51-56 (in Chinese) [陈广平, 郝树广, 庞保平, 康乐. 2009. 光周期对内蒙古三种草原蝗虫高龄若虫发育、存活、羽化、生殖的影响. *昆虫知识*, 46(1): 51-56]
- Chen ZZ, Lu H, Wang YH, Cao YX, Yu JF, Yin XC, Xu YY. 2014. Effect of tow different photoperiods on cold hardiness of naturally over-wintering adults and laboratory-bred larvae of *Chrysoperla sinica* (Neuroptera: Chrysopidae). *Acta Entomologica Sinica*, 57(1): 52-60 (in Chinese) [陈珍珍, 卢虹, 王跃骅, 曹艳霞, 于金凤, 印象初, 许永玉. 2014. 光周期对中华通草蛉自然越冬成虫及实验种群幼虫耐寒能力的影响. *昆虫学报*, 57(1): 52-60]
- Chen ZZ, Zhao N, Yin XC, Zhang F, Xu YY. 2013. Physiological and biochemical changes in naturally overwintering adults of *Chrysoperla sinica* (Neuroptera: Chrysopidae) during diapause termination under two different photoperiods. *Acta Entomologica Sinica*, 56(2): 120-130 (in Chinese) [陈珍珍, 赵楠, 印象初, 张帆, 许永玉. 2013. 中华通草蛉自然越冬成虫在两种光周期下滞育解除过程中的生理生化变化. *昆虫学报*, 56(2): 120-130]
- Deng XX, Wang JG, Jiang HL, He ZM, Ma TW, Peng J. 2012. Study of the adaptability of the potato beetles' natural population to photoperiod. *Journal of Shihezi University (Natural Science)*, 30(2): 157-161 (in Chinese) [邓小霞, 王俊刚, 江海澜, 何泽敏, 马天文, 彭俊. 2012. 马铃薯甲虫自然种群对光周期的适应性研究. *石河子大学学报*, 30(2): 157-161]
- Dolezal P, Habwštová O, Sehnal F. 2007. Effects of photoperiod and temperature on the rate of larval development, food conversion efficiency, and imaginal diapause in *Leptinotarsa decemlineata*. *Journal of Insect Physiology*, 53(1): 849-857
- Guo JQ, Zhang HG, Wang ZY, He KL. 2013. Effects of photoperiod and temperature on diapause induction in *Ostrinia furnacalis*. *Acta Entomologica Sinica*, 56(9): 996-1003 (in Chinese) [郭建青, 张洪刚, 王振营, 何康来. 2013. 光周期和温度对亚洲玉米螟滞育诱导的影响. *昆虫学报*, 56(9): 996-1003]
- Huang SH, Jiang XF, Luo LZ. 2009. Effects of photoperiod and temperature on diapause induction in the beet webworm *Loxostege sticticalis* Linnaeus (Lepidoptera: Pyralidae). *Acta Entomologica Sinica*, 52(3): 274-280 (in Chinese) [黄少虹, 江幸福, 罗礼智. 2009. 光周期和温度对草地螟滞育诱导的影响. *昆虫学报*, 52(3): 274-280]
- Huang SJ, Qin HG, Huang RH. 2002. Effect of photoperiod and temperature on diapause of *Pieris rapae*. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 14(2): 29-32 (in Chinese) [黄水金, 秦厚国, 黄荣华. 2002. 光周期和温度对菜粉蝶滞育的影响. *江西农业学报*, 14(2): 29-32]
- Jiang JY, Xi ZY. 2006. Review on new dynamics of crop diseases and pests in Hebei Province in 2005. *China Plant Protection*, 26(7): 45-47 (in Chinese) [姜京宇, 席建英. 2006. 河北省2005年农作物病虫害新动态概述. *中国植保导刊*, 26(7): 45-47]
- Jiang XF, Yao R, Lin ZF, Zhang L, Lou LZ. 2011. Morphological and biological characteristics of *Athesis lepigone*. *Plant Protection*, 37(6): 134-137 (in Chinese) [江幸福, 姚瑞, 林珠凤, 张蕾, 罗礼智. 2011. 二点委夜蛾形态特征及生物学特征. *植物保护*, 37(6): 134-137]
- Li M, Peng B, Liu X, Si SY. 2012. Wintering habits and control techniques of *Agrotis ypsilon* Rottemberg. *Journal of Changjiang Vegetation*

- tables, 1(3): 46–47 (in Chinese) [李芒, 彭斌, 刘鑫, 司升云. 2012. 小地老虎越冬习性及防治技术. 长江蔬菜, 1(3): 46–47]
- Liang FF, Wang ZY, He KL, Zhang TT, Bai SX. 2016. Effects of brief exposure to high temperature in the larval stage on the survival and fecundity of *Athetis lepigone* (Lepidoptera: Noctuidae). *Acta Entomologica Sinica*, 59(9): 991–996 (in Chinese) [梁菲菲, 王振营, 何康来, 张天涛, 白树雄. 2016. 幼虫期短时高温暴露对二点委夜蛾存活和繁殖的影响. 昆虫学报, 59(9): 991–996]
- Liu YY, Luo JC, Zhou ZX, Zhang DW, Wei YH. 2015. Effects of photoperiod and temperature on diapause induction in the codling moth *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Olethreutidae). *Journal of Plant Protection*, 42(1): 39–44 (in Chinese) [刘月英, 罗进仓, 周昭旭, 张大为, 魏玉红. 2015. 光周期和温度对苹果蠹蛾滞育诱导的影响. 植物保护学报, 42(1): 39–44]
- Ma JF, Li LT, Gan YJ, Dong L, Dong ZP. 2014. Effect of humidity on development and reproduction of *Athetis lepigone* (Möschler). *China Plant Protection*, 34(7): 46–50 (in Chinese) [马继芳, 李立涛, 甘耀进, 董立, 董志平. 2014. 湿度对二点委夜蛾生长发育及繁殖的影响. 中国植保导刊, 34(7): 46–50]
- Mo H, Jang KB, Park JJ, Lee SE, Shin K, Lee JH, Cho K. 2013. Interactive effect of diet and temperature on instar numbers in *Spodoptera litura*, with reference to head capsule width and weight. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 16(4): 521–525
- Pérez-Hedo M, Goodman WG, Schafellner C, Martini A, Sehnal F, Eizaguirre M. 2011. Control of larval-pupal-adult molt in the moth *Sesamia nonagrioides* by juvenile hormone and ecdysteroids. *Journal of Insect Physiology*, 57(5): 602–607
- Shan XN, Yang PY, Zhao ZH, Yan DL, Wang XY. 2011. Occurrence reason and control countermeasure of *Athetis lepigone* in the corn field in 2011. *China Plant Protection*, 31(8): 20–22 (in Chinese) [单绪南, 杨普云, 赵中华, 闫德龙, 王向阳. 2011. 2011年玉米田二点委夜蛾发生原因及防治对策. 中国植保导刊, 31(8): 20–22]
- Wang XP, Zhou XM, Zhu F, Lei CJ. 2007. Over-wintering and over-summering of adults of the brassica leaf beetle, *Phaedon brassicae*: concurrence of diapause and quiescence. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(5): 652–655 (in Chinese) [王小平, 周兴苗, 朱芳, 雷朝亮. 2007. 小猿叶甲成虫越冬和越夏: 滞育和休眠同时存在. 昆虫知识, 44(5): 652–655]
- Wang Y, Chen FS, Zhang HM, Chen ZQ, Yang YX. 2014. Study on photoperiod induction to undevelopment of pupae *Diadegma semiclausum* Hellen under low temperature. *Journal of Environmental Entomology*, 36(6): 1065–1070 (in Chinese) [王燕, 陈福寿, 张红梅, 陈宗麒, 杨艳鲜. 2014. 低温下光周期诱导半闭弯尾姬蜂蛹休眠研究. 环境昆虫学报, 36(6): 1065–1070]
- Yang C. 2013. Studies on occurrence dynamics and important ecological characteristics of *Athetis lepigone* in Taian. Ph. D Thesis. Tai'an: Shandong Agricultural University (in Chinese) [杨超. 2013. 泰安地区二点委夜蛾的发生规律和重要生态学特性的研究. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学]
- Zhang FP, Fu YG, Peng ZQ, Wang B, Zhang JB, Jin Q. 2010. Effects of temperature and photoperiod on the development and reproduction of *Coccophagus ceroplastae*. *Acta Ecologica Sinica*, 30(5): 1280–1286 (in Chinese) [张方平, 符悦冠, 彭正强, 王帮, 张敬宝, 金启安. 2010. 温度和光周期对斑翅食蚜小蜂发育与繁殖的影响. 生态学报, 30(5): 1280–1286]
- Zhang W, Liu S, Li N, Chen J, He YZ, Qin QJ. 2014. Effects of photoperiods on adult diapause of *Harmonia axyridis* (Pallas). *Journal of Plant Protection*, 41(4): 495–500 (in Chinese) [张伟, 刘顺, 李娜, 陈洁, 何运转, 秦秋菊. 2014. 光周期对异色瓢虫生殖滞育的影响. 植物保护学报, 41(4): 495–500]
- Zhang XX. 2002. Insect ecology & forecast. Beijing: China Agriculture Press, 77–83 (in Chinese) [张孝羲. 2002. 昆虫生态及预测预报. 北京: 中国农业出版社, pp. 77–83]
- Zhao LQ, Zhu DH, Zhen Y. 2009. Effect of photoperiod on the nymphal development of *Pteronemobius gifuensis*. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 29(5): 87–90 (in Chinese) [赵吕权, 朱道弘, 曾杨. 2009. 光周期对歧阜异针蟋若虫发育的影响. 中南林业科技大学学报, 29(5): 87–90]
- Zhu N, Wang YB, Zhang HQ, Zheng L, Liu S, Wei GS. 2011. The effect of photoperiod and temperature on the growth and development of *Encarsia formosa*. *Journal of Plant Protection*, 38(4): 381–382 (in Chinese) [朱楠, 王玉波, 张海强, 郑礼, 刘顺, 魏国强. 2011. 光周期、温度对丽蚜小蜂生长发育的影响. 植物保护学报, 38(4): 381–382]

(责任编辑:王璇)