光周期对豆天蛾滞育后生物学特性的影响*

郭明明[1**] 李晓峰[1] 赵雪君[2] 陆明星[3] 樊继伟[1***]

（1. 连云港市农业科学院，江苏徐淮地区连云港农业科学研究所 连云港 222000；
2. 江苏省灌云县植物保护站，连云港 222200；3. 扬州大学，扬州 225009）

摘 要 **【目的】** 豆天蛾 *Clanis bilineata tsingtauica* Mell 的滞育特性严重影响其幼虫的高效饲养。为探明光周期对豆天蛾滞育解除的影响。**【方法】** 以刚被诱导滞育的豆天蛾老熟幼虫为虫源，设置光周期为 L0∶D24、L8∶D16、L12∶D12 和 L16∶D8 4 个处理，分析不同光周期处理间豆天蛾滞育后生物学特性的差异。**【结果】** 光周期对豆天蛾滞育解除后各生物学特性有不同程度影响。随着光照时长逐渐增加，豆天蛾滞育持续时间和蛹期显著缩短（P<0.05）；而化蛹率、蛹重和蛹长呈下降趋势，其中豆天蛾化蛹率在处理间存在显著性差异（P<0.05）。豆天蛾羽化率和成虫寿命在处理间没有显著差异，但单雌产卵量在长光照处理下显著减少（P<0.05）。**【结论】** 长光照 L16∶D8 条件有利于缩短豆天蛾滞育持续时间和蛹期，但是也会造成化蛹率、蛹重及单雌产卵量等指标下降。

关键词 豆天蛾；光周期；滞育；生物学特性

Effect of post-diapause photoperiod on the biological characteristics of *Clanis bilineata tsingtauica* Mell

GUO Ming-Ming[1**] LI Xiao-Feng[1] ZHAO Xue-Jun[2] LU Ming-Xing[3] FAN Ji-Wei[1***]

(1. Lianyungang Academy of Agricultural Sciences, Institute of Lianyungang Agricultural Science of Xuhuai Area of Jiangsu, Lianyungang 222000, China; 2. Guanyun County Plant Protection Station, Jiangsu Province, Lianyungang 222200, China; 3. Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract **[Objectives]** To determine the effect of post-diapause photoperiod on the biological characteristics of *Clanis bilineata tsingtauica* Mell. **[Methods]** Mature larvae were induced to diapause early and randomly assigned to one of four photoperiod treatment groups (L0∶D24、L8∶D16, L12∶D12 and L16∶D8). Several biological characteristics of each treatment group were then measured and compared. **[Results]** Post-diapause photoperiod affected different biological characteristics of *C. bilineata tsingtauica* to different degrees. Exposure to longer day-length significantly reduced the pupation rate, the duration of the diapause and pupal stage and the oviposition rate (P<0.05). Longer day-length also tended to reduce pupal weight and pupal length. Photoperiod had, however, no significant effect on emergence rate or adult longevity. **[Conclusion]** A longer photoperiod of L16∶D8 reduced the pupation rate, pupal weight, oviposition rate, and the duration of the diapause and pupal stage of *C. bilineata tsingtauica*.

Key words *Clanis bilineata tsingtauica* Mell; photoperiod; diapause; biological characteristics

滞育是指昆虫在受到不良环境刺激而引起的体内物质和基因表达变化，从而导致其生长发育停滞的现象（Denlinger，2002），即不良环境条件对昆虫滞育有一定的诱导作用。滞育能够保证昆虫生存和生长发育一致（徐卫华，2008）。昆虫一旦进入滞育状态，必须经过一定阶段的外

*资助项目 Supported projects：苏北科技专项项目（SZ-LYG202139）；江苏省农业科技自主创新资金项目[CX(20)3117]；连云港市财政专项资金项目（QNJJ2204）

**第一作者 First author，E-mail：gmm30277@163.com

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

收稿日期 Received：2021-11-09；接受日期 Accepted：2022-08-10

界刺激才能解除滞育（吴坤君，2002；孙良振等，2019）。诱导昆虫滞育的因子主要有光周期、温度、食物和激素，在以上滞育因子的诱导下，昆虫体内生理编码过程会发生一定变化（梁瀚清等，2014）。作为影响昆虫滞育的重要外界刺激信号之一，光周期能够调控昆虫生长发育及滞育相关生理代谢活动（陈广平等，2009），促使昆虫解除其滞育状态（李爱青和薛芳森，2002）。

豆天蛾 *Clanis bilineata tsingtauica* Mell 属鳞翅目 Lepidoptera 天蛾科 Sphingidae 云纹天蛾亚科 Ambulicinae 豆天蛾属 *Clanis*（席景会等，2000）。豆天蛾是以老熟幼虫在土壤中进行越冬滞育（刘志红等，2005）。前人（赵楠等，2015；余玲等，2016；王少博，2020）关于光周期对昆虫滞育响应机制的研究较多，但对豆天蛾的研究主要集中在昆虫习性（宋开霞，2006）、豆天蛾幼虫饲养（郭明明等，2020）及营养成分（刘雪薇等，2014）等方面，关于豆天蛾滞育诱导及滞育解除机制的研究鲜有报道。本文以豆天蛾江苏种群为材料，通过设置不同光周期处理，开展豆天蛾滞育后生物学特性研究，探明光周期对豆天蛾滞育解除的影响效应，对于深入研究豆天蛾种群动态及滞育机制具有重要意义，以期为实现豆天蛾幼虫高效饲养提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　供试虫源

虫源为 2020 年 11 月 26 日采自连云港市农业科学院东辛试验基地（34.15°N，119.09°E）的同一批大小一致的豆天蛾老熟幼虫。

1.2　试验设计

待豆天蛾老熟幼虫入土做虫室且保持不动时，即被诱导进入滞育状态（郭明明等，2021）。将虫室中豆天蛾老熟幼虫从土壤中取出，分别转入没有任何基质、且灭菌的带盖透明实验盒（长×宽×高=275 mm×180 mm×42 mm）中，每个透明实验盒分为 9 小格，每小格（长×宽×高=88 mm×57 mm×42 mm）放置采集的豆天蛾幼虫 1 头，共 120 盒备用。将采集的已被诱导滞育的豆天蛾老熟幼虫置于环境温度为 25 ℃、湿度为 75%的珠江牌 LRH-250-G 型光照培养箱中，设置 L0：D24（CK）、L8：D16（D1）、L12：D12（D2）和 L16：D8（D3）4 个光周期处理，每个处理 3 个重复，每个重复 90 头老熟幼虫。

1.3　测定项目和方法

待滞育幼虫在实验盒中逐渐开始活动，即为解除滞育状态。记录不同光周期处理下豆天蛾的化蛹和羽化时间。计算各处理豆天蛾滞育持续时间（D）和发育速率（R=1/D）。分别采用衡祥牌 XY20002C 精密电子天平和广陆牌 SF2000 型电子数显卡尺分别对豆天蛾蛹重和蛹长进行测定，计算滞育后豆天蛾化蛹率和羽化率。同时将羽化的豆天蛾成虫置于体积为 1 m^3 的交配笼中，每个交配笼中放置 200 头成虫，待成虫交配后，将雌虫集中置于盖有防虫网的产卵盒中进行产卵，记录各处理豆天蛾成虫寿命和产卵日期，并统计单雌产卵量。

1.4　数据分析

相关数据以平均数±标准误表示，采用 SPSS 18.0 和 Excel 进行统计分析和绘图。不同处理间豆天蛾滞育持续时间、蛹期、化蛹率、蛹重、羽化率和产卵量等差异显著性采用 One-way ANOVA 和 Tukey's HSD 检验进行比较。

2　结果与分析

2.1　光周期对豆天蛾滞育幼虫发育的影响

由表 1 可以看出，不同光周期对豆天蛾滞育持续时间有一定影响。全黑暗条件下滞育持续时间最长，达到（55.7±0.3）d，随着光照时长增加，豆天蛾滞育持续时间逐渐缩短，在 L16：D8 的条件下，滞育持续时间最短，仅为（49.4±0.4）d，且当光周期超过 L8：D16 时，豆天蛾的滞育持续时间下降达到极显著水平（F=146.47，df=3，P=0.000 1）。根据豆天蛾解除滞育所需时间分析豆天蛾滞育解除过程中的发育速率（图 1），可以看出，在不同光周期处理下，豆天蛾滞育解除期间发育速率存在一定差异，随着光照时长增

表 1 不同光周期对豆天蛾滞育持续时间的影响

Table 1 Effect of photoperiod on diapause duration of *Clanis bilineata tsingtauica*

光周期 Photoperiod	滞育持续时间（d） Diapause duration (d)
L0：D24	55.7±0.3a
L8：D16	55.1±0.3a
L12：D12	52.6±0.5b
L16：D8	49.4±0.4c

表中数据为平均值±标准误，同列数据后标有不同小写字母表示处理间差异显著（P<0.05）。下表同。

Data in the table are mean ± SE, and followed by the different letters in the same column for the same index indicate significant differences between treatments (P< 0.05). The same below.

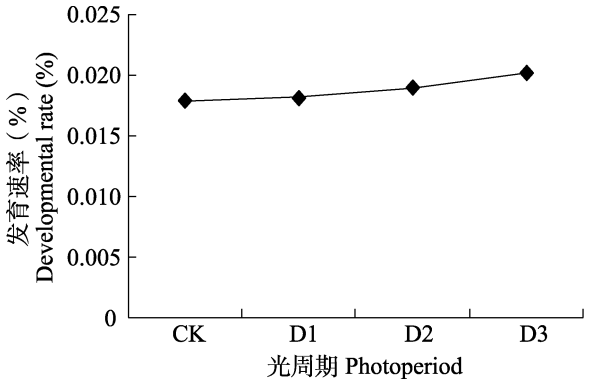

图 1 光周期对豆天蛾滞育后发育速率的影响

Fig. 1 Effect of photoperiod on developmental rate after post-diapause development of *Clanis bilineata tsingtauica*

CK：L0：D24；D1：L8：D16；D2：L12：D12；D3：L16：D8。图 2 同。The same as Fig. 2.

加，发育速率不断提高，在 L16：D8 长光照处理下，发育速率达到最高，而对照处理下，发育速率最低。

2.2 光周期对豆天蛾蛹期生长参数的影响

不同光周期处理对豆天蛾化蛹率、蛹期、蛹重和蛹长存在一定影响（表 2）。随着光照时长的不断增加，豆天蛾化蛹率有所降低，但差异未达到显著水平。蛹期随光照时长增加也呈下降趋势，L0：D24 光周期处理下，蛹期最长，达到（12.3±0.7）d，光照时长超过 12 h 时，豆天蛾蛹期显著缩短（F=16.29，df=3，P=0.002 7）。蛹重和蛹长随着光照时长增加均有所下降，均在 L16：D8 光周期处理下降到最低值，分为（3.57±0.05）g/头和（4.63±0.31）cm。其中蛹重在光周期处理间差异达到显著水平（F=6.82，df=3，P=0.023 2），而蛹长在不同光周期下差异不显著。

2.3 光周期对豆天蛾成虫生物学特性的影响

由图 2 可以看出，不同光周期下，豆天蛾成虫羽化率存在一定差异。全黑暗处理（L0：D24）下，成虫羽化率最高，达到 76.45%±0.61%；适当增加光照时长至中等光照（L12：D12）水平，成虫羽化率有所提高，达到 75.95%±1.17%；随着光照时长的继续增加，在 L16：D8 光周期下，成虫羽化率有所降低，但差异未达到显著水平（F=1.214，df=3，P=0.382 6）。

表 3 表明，不同光周期处理下，豆天蛾单雌产卵量差异达到极显著水平（F=17.428，df=3，P=0.002 3）。随着光暗比不断提高，单雌产卵量不断降低，其中当光周期超过 L8：D16 时，与 CK 相比，单雌产卵量下降达到显著水平；在 L16：D8 长光照水平下降到最低，仅为（165±9）粒；不断增加光照时长，豆天蛾雌虫寿命逐渐缩

表 2 光周期对豆天蛾蛹期生长参数的影响

Table 2 Effect of photoperiod on growth parameter of pupas stage of *Clanis bilineata tsingtauica*

光周期 Photoperiod	化蛹率（%） Pupation rate (%)	蛹期（d） Pupal stage (d)	蛹重（g/头） Pupal weight (g/ind.)	蛹长（cm） Pupal length (cm)
L0：D24	80.80±0.36 a	12.3±0.7 a	3.98±0.13 a	4.66±0.52 a
L8：D16	80.33±0.25 a	12.1±0.3 a	3.91±0.18 ab	4.69±0.28 a
L12：D12	79.53±0.38 a	11.0±0.4 ab	3.59±0.11 ab	4.64±0.17 a
L16：D8	79.07±0.42 ab	9.5±0.6 b	3.57±0.05 b	4.63±0.31 a

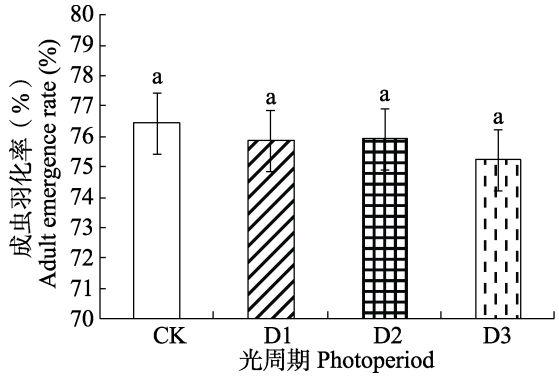

图 2　光周期对豆天蛾羽化率的影响
Fig. 2　Effect of photoperiod on emergence rate of *Clanis bilineata tsingtauica*

表 3　光周期对豆天蛾成虫生物学特性的影响
Table 3　Effect of photoperiod on adult biological characteristics of *Clanis bilineata tsingtauica*

光周期 Photoperiod	单雌产卵量（粒）Amount of females oviposition (grains)	雌虫寿命（d）Longevity of female adults (d)	雄虫寿命（d）Longevity of male adults (d)
L0：D24	209±12 a	5.34±0.19 a	6.92±0.21 a
L8：D16	200±6 ab	5.27±0.35 a	6.87±0.13 a
L12：D12	178±14 bc	5.21±0.22 a	7.10±0.32 a
L16：D8	165±9 c	4.95±0.28 a	7.06±0.25 a

短，而雄虫寿命在各处理间表现不一，雌雄虫寿命在不同光周期处理下，差异均未达到显著水平（F=1.759，df=3，P=0.254 5）和（F=0.492，df=3，P=0.700 5）。

3　结论与讨论

昆虫进入滞育状态后，需要通过一定的环境信号（主要有温光、食物和激素）刺激才能解除滞育（Tauber and Tauber，1976；王瑜等，1994；秦利，2003）。光周期为 L12：D12 条件下，草地螟滞育诱导效果最好，但是在适宜的温度条件下，不需要经过长光照刺激也可以顺利实现草地螟的滞育解除，并且与黑暗处理下蛹期发育指标没有显著差异（黄少虹，2009）。也有研究认为，光周期对东亚小花蝽 *Orius sauteri* Poppius 滞育解除有一定影响。光周期为 L12：D12 处理下，东亚小花蝽滞育解除率最低，随着光照时长逐渐增加，滞育解除率显著提高，滞育解除所需时间也显著缩短（于毅和严毓骅，1998）。此外，光周期对绿盲蝽 *Apolygus lucorum* Meyer-Dür 卵滞育后孵化率无显著影响，而对孵化时间存在一定影响，随着光照时长的增加，绿盲蝽卵滞育后孵化时间逐渐缩短，在 26 ℃全光照处理下，孵化时间只需要 18.75 d，显著小于光周期 L2：D22 处理下的 23.75 d（卓德干等，2011）。本试验结果显示，光周期对豆天蛾滞育后生物学特性有一定影响。相较于光周期 L12：D12 和 L8：D16 处理，在光周期 L16：D8 下，豆天蛾滞育持续时间最短，发育速率最快。说明适当延长光照时长，增加光暗比，能够有效缩短豆天蛾的滞育持续时间，提高发育速率，有利于豆天蛾解除滞育，使其提早进入预蛹阶段，进而缩短豆天蛾生命周期。本研究中，光周期对豆天蛾化蛹率和蛹期存在显著影响（P<0.05），其化蛹率分别在光周期 L0：D24 和 L16：D8 水平下达到最大值和最小值，说明光照时长与豆天蛾滞育后化蛹率和蛹期均呈负相关关系，增加光照时长，有利于缩短豆天蛾蛹期。各处理间豆天蛾化蛹率和蛹长无显著性差异，表明该试验条件下，光周期对豆天蛾化蛹率和蛹长基本没有影响。成虫生物学特性方面，除单雌产卵量以外，光周期对豆天蛾成虫羽化率、雌雄虫寿命等生物学指标均没有显著影响，这与程丽媛等（2017）研究结果较为相似。本试验结果与前人（陈元生等，2012；吴根虎，2013；陈珍珍等，2013；张伟等，2014）关于其他昆虫滞育解除因子研究有所不同，分析可能是由于不同昆虫的遗传背景差异所导致。本试验主要分析了 3 个不同光周期处理对豆天蛾滞育后生物学特性的影响，试验中设置的光周期水平较少，且处理间跨较大，下一步拟增加更多短、中、长光周期处理，分析不同处理下豆天蛾滞育解除的差异，筛选适宜豆天蛾滞育后生长发育的最佳光周期条件；此外，本试验开展过程中，豆天蛾的滞育场所为无土透明的环境，而在自然状态下，豆天蛾滞育场所为深度 9-12 cm 的土壤（樊继伟等，2019），无法感知自然光照，因此本研究如何与自然状态豆天蛾生长发育有效结合还

有待于进一步探究。

本研究初步探明了不同光周期处理对豆天蛾滞育后蛹期和成虫期生物学特性的影响。综合分析豆天蛾滞育持续时间、蛹期和成虫期生长发育状况，认为在长光照（L16：D8）能够有效缩短豆天蛾的滞育持续时间和蛹期，对化蛹率影响较小，但会降低豆天蛾滞育后成虫羽化率和单雌产卵量，本研究结果可为豆天蛾幼虫周年饲养奠定基础。

参考文献 (References)

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. [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 YS, Duan DK, Chen C, Xue FS, 2012. Influence of the photoperiod and temperature on developmental periods and pupal weight of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* Hübner. *Journal of Environmental Entomology*, 34(4): 407–414. [陈元生, 段德康, 陈超, 薛芳森, 2012. 光周期和温度对棉铃虫发育历期及蛹重的影响. 环境昆虫学报, 34(4): 407–414.]

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. [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.]

Cheng LY, Zhang Y, Chen ZZ, Xu YY, 2017. Effects of photoperiod and temperature on diapause termination and post-diapause development and reproduction of the green lacewing, *Chrysopa pallens* (Neuroptera: Chrysopidae). *Acta Entomologica Sinica*, 60(3): 318–327. [程丽媛, 张艳, 陈珍珍, 许永玉, 2017. 光周期和温度对大草蛉滞育解除及滞育后发育和繁殖的影响. 昆虫学报, 60(3): 318–327.]

Denlinger DL, 2002. Regulation of diapause. *Annual Review of Entomology*, 47: 93–122.

Fan JW, Sun ZW, Li Q, Wang KJ, Zhang GX, Zhao XJ, Chen F, Guo MM, 2019. Research progress of biological characteristics and application of *Clanis bilineata tsingtauica* of Lianyungang population. *Agricultural Development and Equipment*, 2019(2): 170–172. [樊继伟, 孙中伟, 李强, 王康君, 张广旭, 赵雪君, 陈凤, 郭明明, 2019. 豆天蛾连云港种群生物学特性及应用研究进展. 农业开发与装备, 2019(2): 170–172.]

Guo MM, Liao HJ, Deng P, Li DW, Li JL, Zhang JQ, Fan JW, Chen F, 2020. Effects of soybean varieties (lines) and planting density on survival and development of *Clanis bilineata tsingtauica* Mell larvae. *Journal of Environmental Entomology*, 42(6): 1401–1408. [郭明明, 廖怀建, 邓盼, 李大维, 李俊领, 张俊勤, 樊继伟, 陈凤, 2020. 大豆品种（系）和种植密度对豆天蛾幼虫存活及生长发育的影响. 环境昆虫学报, 42(6): 1401–1408.]

Guo MM, Li XF, Deng P, Li DW, Li JL, Fan JW, Chen F, 2021. Diapause termination and post-diapause of overwintering *Clanis bilineata tsingtauica* larvae. *Chinese Journal of Applied Entomology* , 58(4): 966–972. [郭明明, 李晓峰, 邓盼, 李大维, 李俊领, 樊继伟, 陈凤, 2021. 豆天蛾越冬幼虫滞育解除后生物学特性的研究. 应用昆虫学报, 58(4): 966–972.]

Huang SH, 2009. Determination of environmental and physiological factors affect the diapause induction and termination in *Loxostege sticticalis* L.. Master dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences. [黄少虹, 2009. 诱导和解除草地螟滞育的环境生理因子的确定. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]

Liang HQ, Zhong YS, Chen FY, Yan HC, Lin JR, 2014. Research progress on insect diapause mechanism. *Guangdong Agricultural Sciences*, 41(20): 84–90. [梁瀚清, 钟杨生, 陈芳艳, 严会超, 林健荣, 2014. 昆虫滞育机制研究进展. 广东农业科学, 41(20): 84–90.]

Li AQ, Xue FS, 2002. The effects of temperature and photoperiod on diapause maintainance and termination in both *Pegomyia bicolor* and its parasitic braconid wasp (*Biosteves* sp.). *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 24(4): 436–440. [李爱青，薛芳森, 2002. 温度和光周期对双色泉蝇及其寄生蜂泉蝇茧蜂滞育维持和解除的影响. 江西农业大学学报(自然科学版), 24(4): 436–440.]

Liu XW, Chen XL, Zhang Y, Li YJ, Chen FL, Wang J, Li L, Li J, Ding H, 2014. Studies on anti-fatigue effect of alcohol extract of *Clanis bilineata* Walker. *Science and Technology of Food Industry*, 35(13): 362–363, 368. [刘雪薇, 陈晓蕾, 张羊, 李一婧, 陈凤凌, 王晶, 李丽, 李建, 丁虹, 2014. 豆丹醇提物抗疲劳作用的研究. 食品工业科技, 35(13): 362–363, 368.]

Liu ZH, Li GT, Wu FZ, Wu ZT, 2005. Research progress of *Clanos bilineata* (Walker). *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 33(6): 1101–1102. [刘志红, 李桂亭, 吴福中, 吴振廷, 2005. 豆天蛾的研究进展. 安徽农业科学, 33(6): 1101–1102.]

Qin L, 2003. Chinese Antheraea Pernyi. Beijing: China Science and Culture Press. 90–92. [秦利, 2003. 中国柞蚕学. 北京: 中国科

学文化出版社. 90–92.]

Song KX, 2006. Edible insect-*Clanis bilineata tsingtauica*. *Middle School Biology*, 22(12): 11–12. [宋开霞, 2006. 食用昆虫——豆天蛾. 中学生物学, 22(12): 11–12]

Sun LZ, Wang GB, Zhu XW, Zhang YT, Jiang YR, Yang RS, Qin L, 2019. Effect of different light treatments on diapause termination and glycometabolism of *Antheraea pernyi* pupa. *Science of Sericulture*, 45(1): 75–80. [孙良振, 王国宝, 朱绪伟, 张耀亭, 姜义仁, 杨瑞生, 秦利, 2019. 不同光照处理对柞蚕蛹滞育解除及糖代谢的影响. 蚕业科学, 45(1): 75–80.]

Tauber MJ, Tauber CA, 1976. Insect seasonality: diapauses maintenance, termination, and postdiapause development. *Annual Review of Entomology*, 21(1): 81–107.

Wang SB, 2020. Studies on diapause induced by photoperiod and temperature in *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiidae) and transcriptomics analysis. Master dissertation. Luoyang: Henan University of Science and Technology. [王少博, 2020. 光周期和温度诱导美国白蛾滞育研究及转录组学分析. 硕士学位论文. 洛阳: 河南科技大学.]

Wang Y, Xue RD, Dong YD, 1994. Effect of juvenile hormone and photoperiod regime on occurrence and termination of diapause in *Culex tritaeniorhynchus* Giles (Diptera: Culicidae). *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 5(6): 410–412. [王瑜，薛瑞德，董言德, 1994. 保幼激素与光照对三带喙库蚊滞育发生与解除作用的研究. 中国媒介生物学及控制杂志，5(6): 410–412.]

Wu GH, 2013. Studies on effects of temperature and photoperiod on diapause regulation in *Hippodamia variegata* (Goeze). Master dissertation. Nanjing: Nanjing Agricultural University. [吴根虎, 2013. 多异瓢虫滞育调控的温光周期效应研究. 硕士学位论文. 南京: 南京农业大学.]

Wu KJ, 2002. A consideration about dormancy in relation to diapause in insects. *Entomological Knowledge*, 39(2): 154–156, 160. [吴坤君, 2002. 关于昆虫休眠和滞育的关系之浅见. 昆虫知识, 39(2): 154–156, 160.]

Xi JH, Chen YJ, Zhang XR, 2000. A list of Sphingidae in Jilin province. *Journal of Jilin Agricultural University*, 22(2): 38–40. [席景会, 陈玉江, 张秀荣, 2000. 吉林省天蛾科昆虫名录. 吉林农业大学学报, 22(2): 38–40.]

Xu WH, 2008. Advances in insect diapause. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(4): 512–517. [徐卫华, 2008. 昆虫滞育研究进展. 昆虫知识, 45(4): 512–517.]

Yu L, Zheng LX, Zhang CQ, Zhang ZG, Wei HY, 2016. Effects of temperature and photoperiod on diapause of *Aphidius gifuensis* Ashmead. *Tobacco Science & Technology*, 49(11): 21–25. [余玲, 郑丽霞, 张超群, 张志高, 魏洪义, 2016. 温度及光周期对烟蚜茧蜂滞育的影响. 烟草科技, 49(11): 21–25.]

Yu Y, Yan YH, 1998. Influence of photoperiod and temperature on the diapause of *Orius sauteri* (Poppius). *Entomological Journal of East China*, 7(1): 65–70. [于毅, 严毓骅, 1998. 光周期和温度对东亚小花蝽滞育形成和解除的影响. 华东昆虫学报, 7(1): 65–70.]

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. [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.]

Zhao N, Guo TT, Yu Y, Zhang SC, Men XY, Sun TL, Xu YY, Li LL, 2015. Effects of photoperiod and temperature on the emergence, behavior and pathogen infection of *Carposina sasakii* Matsumura. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(5): 1107–1112. [赵楠, 郭婷婷, 于毅, 张思聪, 门兴元, 孙廷林, 许永玉, 李丽莉, 2015. 光周期和温度对桃小食心虫越冬幼虫出土及病菌感染的影响. 应用昆虫学报, 52(5): 1107– 1112.]

Zhuo DG, Li ZH, Men XY, Yu Y, Zhang AS, Li LL, Zhang SC, 2011. Effects of low temperature and photoperiod on diapause termination and developmental duration of the overwintering egg of *Apolygus lucorum* Meyer-Dür (Hemiptera: Miridae). *Acta Entomologica Sinica*, 54(2): 136–142. [卓德干, 李照会, 门兴元, 于毅, 张安盛, 李丽莉, 张思聪, 2011. 低温和光周期对绿盲蝽越冬卵滞育解除和发育历期的影响. 昆虫学报, 54(2): 136–142.]