

光周期对大草蛉 (*Chrysopa pallens*) 滞育及发育的影响

时爱菊^{1,3}, 徐洪富¹, 刘忠德⁴, 赵 静¹, 张 帆^{2,*}, 许永玉^{1,*}

(1. 山东农业大学植物保护学院, 泰安 271018; 2. 北京市农林科学院植保环保所, 北京 100089;
3. 山东省泰山职业技术学院, 泰安 271000; 4. 泰山学院生物科学与技术系, 泰安 271000)

摘要:在 22℃ 条件下, 研究大草蛉对光周期的敏感性, 结果表明: 大草蛉属短日照滞育型, 在短光照条件下饲养获得的预蛹进入滞育状态, 诱导预蛹滞育的临界光周期为 10.5L-13.5D 到 11L-13D。2 龄幼虫期是诱导预蛹滞育的敏感虫期, 只有当 2 龄幼虫期处于短光照条件下时才能进入滞育状态。1 龄和 3 龄幼虫期也在滞育诱导条件下进行滞育诱导, 能够提高滞育率。光周期对大草蛉幼虫历期及预蛹重的影响研究结果表明: 光周期对幼虫历期有一定的影响, 特别对 2 龄幼虫期的影响比较明显。幼虫期的光周期条件影响预蛹的重量, 滞育预蛹的重量显著高于非滞育预蛹。

关键词:大草蛉; 预蛹滞育; 临界光周期; 敏感虫期; 幼虫历期; 预蛹重

文章编号: 1000-0933(2008)08-3854-06 中图分类号: Q958.9 文献标识码: A

Effect of photoperiod on induction of prepupal diapause and larval development in *Chrysopa pallens* (Rambur) (Neuroptera: Chrysopidae)

SHI Ai-Ju^{1,3}, XU Hong-Fu¹, LIU Zhong-De⁴, ZHAO Jing¹, ZHANG Fan^{2,*}, XU Yong-Yu^{1,*}

1 College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China

2 Institute of Plant & Environmental Protection, Beijing Academy of Agricultural & Forestry Science, Beijing 100089, China

3 Shandong Taishan Occupational Technical College, Taian 271000, China

4 Department of Biological Science and Technology, College of Taishan, Taian 271000, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(8): 3854 ~ 3859.

Abstract: The effects of photoperiod on the prepupal diapause and larval development were examined in the green lacewing, *Chrysopa pallens* (Rambur) at 22℃. Photoperiodic responses of *Ch. pallens* showed short-day type, and the critical photoperiod for diapause induction was estimated to be between 10.5L-13.5D and 11L-13D. The second instar larvae was the most sensitive stage for prepupal diapause induction, the prepupae could go into diapause only when the second instar larvae was subjected to the diapause-inducing short-day conditions. Diapause incidence became higher when the induction throughout larval instars 1 — 3 than only the larval instar 2. This results suggested that the first and third instar larvae had a certain degree of sensitivity to diapause-inducing photoperiods. Effects of the different photoperiods on the developmental periods of larvae stage and prepupal weight of *Ch. pallens* were also investigated. The results showed that the second instar larvae stage was extended when they were kept under the short-day photoperiods, and the developmental duration of the second instar larvae grown under the photoperiods of 9L-15D and 11L-13D were significantly longer than that

基金项目:山东省世界银行贷款项目; 国家重点基础研究发展规划(973)资助项目(2006CB102005); 山东农业大学科技创新基金资助项目

收稿日期:2007-05-05; **修订日期:**2007-10-08

作者简介:时爱菊(1974~), 女, 山东菏泽人, 硕士生, 主要从事昆虫生理生态研究. E-mail: msm@sdau.edu.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xuyy@sdau.edu.cn

Foundation item: The project was financially supported by Loan of World Bank for Research Project in Shandong Province, National Basic Research Program of China(973 Program No. 2006CB102005), and Foundation for Science and Technology Innovation in Shandong Agricultural University

Received date: 2007-05-05; **Accepted date:** 2007-10-08

Biography: SHI Ai-Ju, Master candidate, mainly engaged in insect eco-physiology. E-mail: msm@sdau.edu.cn

of 12L-12D and 15L-9D. The weight of diapauseing prepupae grown under the diapause-inducing short-day conditions was significantly higher than that of the non-diapause prepupae grown under the long-day or short-day conditions.

Key Words: *Chrysopa pallens*; prepupal diapause; critical photoperiod; sensitive stage; developmental duration of larvae; prepupal weight

大草蛉 *Chrysopa pallens* (Rambur) 是我国草蛉优势种, 是蚜虫、螨类、鳞翅目卵及低龄幼虫等多种农林害虫的重要捕食性天敌^[1~3]。它分布广、种群数量大、成虫和幼虫均能捕食多种害虫, 是农林生态系中的一个重要组成部分^[4,5]。大草蛉是兼性滞育昆虫, 在山东省一年发生 4 代, 10 月初老熟幼虫陆续结茧以预蛹越冬^[1]。滞育是调节大草蛉种群动态和发生代数的一个重要因素, 影响其滞育的主要因素是光周期^[3]。本文以山东省泰安地区的大草蛉为材料研究了光周期对大草蛉滞育及发育的影响。丰富了大草蛉滞育的理论, 也为生产中充分利用该天敌昆虫提供了理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验虫源及饲养方法

大草蛉成虫采自山东省泰安市山东农业大学校园内以及泰安城郊的农田、山林中, 室内马灯罩内(罩内放置新鲜植物叶片保湿同时饲喂苹果黄蚜 *Aphis citricola* van de Goot) 配对饲养以获得卵。收集的卵集中置于指形玻璃管(7cm×2cm)内。待幼虫孵化后, 将初孵幼虫转移至指形玻璃管(7cm×2cm)内单头饲养(饲喂苹果黄蚜)至成虫。大草蛉不同发育时期(卵、幼虫、蛹、成虫)均在 22℃、15L-9D、80% RH 的光照培养箱内培养。

1.2 试验方法

1.2.1 大草蛉滞育的判断

大草蛉以滞育预蛹于茧内越冬, 化蛹的标志是透过茧看到茧后部有一小团黑色的幼虫蜕皮^[4]。通常已滞育的幼虫, 即使短期内给予正常发育条件也不会化蛹, 因此, 以经过完成幼虫生长发育所需的天数后尚未化蛹算作滞育来计算滞育率的方法是可行的^[6]。试验观察发现, 在 22℃、15L-9D、80% RH 的条件下大草蛉结茧后全部化蛹约需 9d, 在此基础上对试验组再延长观察两周, 即幼虫结茧 23d 后检查结果。对未化蛹的茧进行解剖, 统计未滞育(死预蛹、蛹和成虫)和滞育(活预蛹)情况, 计算滞育率。

1.2.2 大草蛉预蛹滞育的临界光周期

在 22℃、15L-9D 条件下, 成虫羽化 5d 后开始产卵。自成虫产卵始每日收集卵并置于以下 6 个不同的光周期: 9L-15D, 10.5L-13.5D, 11L-13D, 12L-12D, 13.5L-10.5D 和 15L-9D。幼虫孵化后仍在原条件下饲养至结茧, 结茧 1d 后用毛笔将茧从试管内取出, 分组收集保存于培养皿内, 并以蘸水的棉球保湿。根据上述滞育判断的方法, 统计结果并计算不同光周期处理的滞育率。本试验 6 组处理均在 22℃ 的光照培养箱内进行, 每组处理不少于 30 只茧。

1.2.3 大草蛉预蛹滞育的敏感虫期

大草蛉卵的收集同前。在 22℃ 条件下以苹果黄蚜饲养大草蛉(卵、1 龄幼虫、2 龄幼虫、和 3 龄幼虫的历期分别为 5、4、3d 和 4d), 在大草蛉的不同发育时期进行 13 组的长光照(15L-9D)和短光照(9L-15D)处理。13 个处理组分别在以下不同的发育时期置于 9L-15D 的短光照下: (A) 卵期, (B) 1 龄幼虫期, (C) 2 龄幼虫期, (D) 1 龄和 2 龄幼虫期, (E) 1 龄、2 龄和 3 龄幼虫期, (F) 幼虫期和预蛹期, (G) 幼虫期、预蛹期和蛹期, (H) 2 龄、3 龄幼虫期、预蛹期和蛹期, (I) 3 龄幼虫期、预蛹期和蛹期, (J) 预蛹期和蛹期, (K) 蛹期, (L) 所有发育时期均在 9L-15D 的光照条件下, 对照组(CK)为所有发育时期均在 15L-9D 的光照条件下。以上各组在结茧 1d 后用毛笔将茧从试管内取出, 分组收集保存于培养皿内, 并以蘸水的棉球保湿。根据滞育判断的方法, 记录不同处理的滞育率, 依据不同处理间的滞育率差异来判断对光周期的敏感性。本试验 13 组处理均在

22℃的光照培养箱内进行,每组处理不少于30只茧。

1.2.4 光周期对大草蛉幼虫历期及预蛹重的影响

光周期作为影响大草蛉滞育的主要因素,是否会影响到幼虫的一些行为(如取食),使幼虫历期、预蛹重等生物学参数在不同光周期下表现出一定的差异?为了弄清楚这个问题,在22℃条件下,将大草蛉初孵幼虫分别置于以下4个不同的光周期:9L-15D、11L-13D、12L-12D、15L-9D,以苹果黄蚜饲养大草蛉幼虫。记录各组处理中1、2、3龄幼虫的历期,结茧1d后用电子天平称取预蛹重,根据滞育判断的方法统计滞育率。每组处理不少于30只茧。

1.3 数据统计用SPSS 10.0 for windows 软件中的 One-Way ANOVA 进行方差分析,用 Duncan's 新复极差法检验,比较各处理之间的差异水平。

2 结果与分析

2.1 大草蛉预蛹滞育的临界光周期

不同光周期下大草蛉滞育率的诱导结果见表1。在光周期为9L-15D的条件下,所有的茧均未化蛹,滞育率为100%;在光周期为13.5L-10.5D和15L-9D的条件下,所有的茧全部化蛹并正常发育,无滞育个体出现;在光周期为12L-12D的条件下,绝大部分的茧化蛹,仅有5.3%的滞育个体,表明每天12h的光照对滞育的形成有一定的作用,但产生的滞育率较低;在光周期为10.5L-13.5D和11L-13D的条件下,滞育率分别为86.4%和39.6%。结果表明大草蛉是短光照诱导滞育型,诱导预蛹滞育的临界光周期处于10.5L-13.5D和11L-13D之间。

表1 不同光周期下生长发育的大草蛉预蛹的滞育率(22℃)

Table 1 Prepupal diapause rate of *Ch. pallens* under different photoperiods at 22℃

每日光照 Light hours(h)	观察茧数 No. cocoon test	滞育茧数 No. diapause cocoon	滞育率 Diapause rate(%)
9	42	42	100
10.5	44	38	86.4
11	48	19	39.6
12	38	2	5.3
13.5	37	0	0
15	46	0	0

2.2 大草蛉预蛹滞育的敏感虫期

在22℃下,大草蛉不同发育时期按不同组合分别给予长光照(15L-9D)和短光照(9L-15D)处理,结果表明:大草蛉各不同发育时期对光周期的感应效应不同(表2)。对卵期(A)、1龄幼虫(B)和3龄以后的幼虫(I-K)进行短光照处理,无滞育个体出现,大草蛉茧均能正常化蛹、羽化和产卵,这与所有的发育时期均在长光照下(CK)的结果是一致的,表明卵期、1龄幼虫和3龄以后的幼虫对短光照的诱导不敏感。在处理C-H组中,当2龄幼虫或2龄幼虫与其它发育时期都置于短光照条件下,均有较高的滞育率,表明2龄幼虫期是接受滞育诱导的敏感虫期。

尽管短光照处理1龄幼虫(B)和3龄以后的幼虫(I)无滞育个体出现,但通过C-E组的滞育率对比分析可以看出,短光照对1龄幼虫、2龄幼虫和3龄幼虫3个发育阶段的刺激作用具有一定的积累效应。

2.3 光周期对大草蛉幼虫历期及预蛹重的影响

不同光周期条件下大草蛉幼虫历期及预蛹重的研究结果见表3和表4。从表3可以看出:在不适于滞育诱导的光周期下(12L-12D和15L-9D)滞育率为5.3%和0(表4),全幼虫期(1~3龄)的历期分别为10.72d和10.66d,两者无显著差异;在滞育诱导的光周期下(9L-15D)滞育率为100%(表4),全幼虫期的历期为11.62d,虽比前两者仅长0.9d左右,但方差分析表明与前两者均有显著差异。将各龄期分别比较:1龄和3龄幼虫历期在不同光周期下有所变化,但仅相差0.12~0.15d;2龄幼虫历期在9L-15D光周期下显著的比

12L-12D 和 15L-9D 光周期下要长,分别相差 0.79d 和 0.83d。以上结果表明:光周期对幼虫历期有一定的影响,而且这种影响在 2 龄幼虫期比较明显,在短光照条件下 2 龄幼虫的历期有延长的趋势。

表 2 不同光周期处理对大草蛉滞育率的影响(22℃)

Table 2 Effects on prepupal diapause rate of *ch. pallens* under diffent photoperiods at 22℃

处理 Treatment	卵 Egg	1 龄 First instar	2 龄 Second instar	3 龄 Third instar	预蛹期 Prepupae	蛹期 Pupae	处理茧 No. cocoon test	滞育茧 No. diapause cocoon	滞育率 Diapause rate(%)
A	-	+	+	+	+	+	34	0	0
B	+	-	+	+	+	+	47	0	0
C	+	+	-	+	+	+	49	40	81.6
D	+	-	-	+	+	+	51	45	88.2
E	+	-	-	-	+	+	71	70	98.6
F	+	-	-	-	-	+	66	66	100
G	+	-	-	-	-	-	57	57	100
H	+	+	-	-	-	-	54	53	98.1
I	+	+	+	-	-	-	49	0	0
J	+	+	+	+	-	-	43	0	0
K	+	+	+	+	+	-	46	0	0
L	-	-	-	-	-	-	89	89	100
CK	+	+	+	+	+	+	52	0	0

+ 为长光照(15L-9D), - 为短光照(9L-15D) + :15L-9D photoperiod, - :9L-15D photoperiod

表 3 不同光周期下大草蛉的幼虫历期(22℃)

Table 3 Development periods of larvae stage of *Ch. pallens* under different photoperiods at 22℃

每日光照 Light hours(h)	1 龄 First instar(d)	2 龄 Second instar (d)	3 龄 Third instar (d)	全幼虫期 Larvae stage(d)
9	3.35 ± 0.29 a	4.38 ± 0.37 a	3.89 ± 0.42 a	11.62 ± 0.88 a
11	3.37 ± 0.37 a	3.92 ± 0.24 b	3.79 ± 0.51 a	11.08 ± 1.34 b
12	3.39 ± 0.22 a	3.59 ± 0.44 c	3.74 ± 0.37 a	10.72 ± 0.79 c
15	3.27 ± 0.30 a	3.55 ± 0.38 c	3.84 ± 0.39 a	10.66 ± 1.13 c

表中数据为均值 ± 标准偏差;各龄期在不同光周期下的历期后面具有相同小写字母的,表示差异不显著(Duncan 新复极差多重比较, $P > 0.05$) Means(± SD) within a column followed by the same letter are not differ significantly(Duncan's Multiple Range Test, $P > 0.05$)

从表 4 可以看出:大草蛉幼虫在 22℃,光周期分别为 9L-15D、11L-13D、12L-12D 和 15L-9D 的条件下生长发育,结茧 1d 后称重。不同光周期下预蛹重有一定差异,其中以 9L-15D 光周期下预蛹重最高(27.96mg),15L-9D 光周期下最低(25.61mg),两者差异显著(表 4)。不同光周期下大草蛉的滞育率不同,滞育预蛹(9L-15D,27.96mg)的重量显著高于非滞育预蛹(15L-9D,25.61mg)。在相同的光周期(11L-13D 和 12L-12D)条件下,滞育预蛹的重量(27.18mg 和 27.10mg)显著高于非滞育预蛹的重量(25.62mg 和 25.33mg)。

表 4 不同光周期下生长发育的大草蛉预蛹重及滞育率(22℃)

Table 4 Prepupal weight and diapause rate of *Ch. pallens* under different photoperiods at 22℃

幼虫期每日光照 Light hours(h)	滞育预蛹(mg) Diapause prepupae	非滞育预蛹(mg) No diapause pre.	平均重量(mg) Average weight	滞育率 Diapause rate(%)
9	27.96 ± 1.59 a		27.96 ± 1.59 a	100
11	27.18 ± 1.02 Aa	25.62 ± 0.81 Ba	26.70 ± 1.19 ab	39.6
12	27.10 ± 0.73 Aa	25.33 ± 1.53 Ba	27.01 ± 0.81 ab	5.3
15		25.61 ± 0.77 a	25.61 ± 0.77 c	0

表中数据为均值 ± 标准偏差;相同光周期下两类蛹的重量后面具有相同大写字母的,或同一类蛹在不同光周期下的蛹重后面具有相同小写字母的,表示差异不显著(Duncan 新复极差多重比较, $P > 0.05$) Means(± SD) within a column or a row followed by the same letter are not differ significantly(Duncan's Multiple Range Test, $P > 0.05$)

3 讨论

在许多种昆虫中,光周期是诱导滞育的主要因素,而温度只是起着辅助作用^[7~9]。一般而言,光周期是引起滞育的最有力的环境刺激,经过短光周期的诱导发生滞育的现象,存在很多昆虫中,如甘蓝夜蛾 *Mamestra brassicaecotesia*、亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis*、飞蝗 *Locusta migratoria* 和菜蛾绒茧蜂 *Cotesia plutellae*^[10~13]。在冬滞育昆虫中,通常日照逐渐缩短,温度逐渐降低是诱导滞育的主要因素^[14]。光周期之所以诱导许多昆虫发生滞育,因为光周期的年变化比温度的年变化更有规律性,它的年变化是逐日地,有规律地增加或减少的,而温度的年变化是波动地增加或下降的。

关于临界光周期:大草蛉以预蛹兼性滞育越冬,长光照正常发育,短光照诱导滞育。在 22℃ 下,诱导预蛹滞育的临界光周期在 10.5L-13.5D 和 11L-13D 之间。试验所得的临界光周期与大草蛉在 10 月初陆续结茧进入滞育时的日长(12.5h 左右)并不一致。可能是由于自然条件下的平均温度(14.3℃)低于实验所设定的温度(22℃),所以得出的临界光周期(10.5L-13.5D 和 11L-13D 之间)明显比此时的日长(12.5h)要短。可以看出随着温度的升高,诱导大草蛉滞育的临界光周期缩短,初步反映了高温对滞育诱导的抵消作用,相似的情况还发生在中红侧沟茧蜂^[15]。在大多数的昆虫种群中,温度对滞育的影响受光周期的影响,在相同光周期下,一定的温度范围内,随着温度的升高,滞育率下降。如美凤蝶在 20℃ 和 25℃ 下的临界光周期分别为 13h11min 和 12h49min^[16]。

关于敏感虫期:滞育敏感虫态指昆虫在其生活史中能够感受滞育诱导因素的虫态^[17]。滞育敏感虫态对某一昆虫种类而言基本是不变的,但滞育虫态和滞育敏感虫态的关系在不同种类的昆虫中存在很大的差异^[18]。大多数情况下,以幼虫和蛹进行滞育的昆虫,诱导滞育的敏感虫态是滞育虫态前的虫态^[18,19],如以预蛹滞育的昆虫,叶色草蛉、丽草蛉的滞育敏感虫态是 3 龄幼虫,亚洲玉米螟的滞育敏感虫态是 2~4 龄幼虫。目前研究表明,大草蛉对滞育诱导最敏感的时期是 2 龄幼虫期,但是在滞育虫态之前的 1 龄和 3 龄幼虫期也进行滞育诱导,能够提高滞育率。表明全幼虫期对滞育诱导都有反应,其中最敏感的时期是 2 龄幼虫期。

关于光周期对幼虫历期及预蛹重的影响:光周期对幼虫历期有一定的影响,而且这种影响在 2 龄幼虫期比较明显,在适于滞育诱导的光周期下(9L-15D),2 龄幼虫期的历期显著长于不适于滞育诱导的光周期下(15L-9D)。在不同光周期下 2 龄幼虫期的历期显著不同,在一定程度上反应了其对不同光周期的反应差异^[20]。本研究发现,幼虫期的光周期状况对预蛹重有一定的影响,本试验中在食料、湿度、温度等条件相同的条件下,所获得的滞育预蛹的重量显著高于非滞育预蛹;如果这种情况在自然条件下也同样存在,则可能反映了滞育预蛹的一种适应性,因为蛹重(即个体大小)在一定程度上与体内能源物质储备量、抗寒力强弱等有关^[20]。

Reference:

- [1] Mu J Y, Wang N C, Fan Y G. Studies on the life histories and bionomics of four species of green lacewings. *Acta Phytophylacica Sinica*, 1980, 7(1): 1-8.
- [2] Mu J Y, Wang N C, Xu H F. Studies on the dominant species of green lacewings in Shandong cotton field. *Shandong Nongye Kexue*, 1979, 2: 11-20.
- [3] Chen T Y, Mu J Y. Diapause of green lacewings. *Entomological Knowledge*, 1996, 33(1): 56-58.
- [4] Zhao J Z. Protection and utilization of the green lacewing. Wuhan: Wuhan University Press, 1989. 50-61.
- [5] Zhao J Z. Studies on the bionomics of *Chrysopa septempunctata* (Wesmael). *Acta Phytophylacica Sinica*, 1988, 15(2): 123-127.
- [6] Fan Y L, Zhao Z W, Liu R L. Studies on the sensitive stage of diapause induction in the Asian Corn Borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenee). *Journal of Shanxi University (Nat. Sci. Ed.)*, 1994, 17(2): 222-227.
- [7] Beck S D. Effects of thermoperiod on photoperiodic determination of larval diapause in *Ostrinia nubilalis*. *Journal of Insect Physiology*, 1985, 31: 41-46.
- [8] Chippendale G M, Reddy A S. Temperature and photoperiodic regulation of diapause of the southwestern corn borer, *Diatraea grandiosella*. *Journal of Insect Physiology*, 1973, 19: 1397-1408.

- [9] Chippendale G M, Reddy A S, Catt C L. Photoperiodic and thermoperiodic interaction in the regulation of the larval diapause of *Diatraea grandiosella*. *Journal of Insect Physiology*, 1976, 22: 823 — 828.
- [10] Xue F S, Zhu X F, Gui A L. On the catalase activity of the diapausing pupae of Cabbage Moth, *Mamestra brassicae*. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 1999, 21(4): 509 — 511.
- [11] Goto M, Sekine Y, Outa H. Relationships between cold hardiness and diapause, and between glycerol and free acid contents in overwintering larvae of the oriental corn borer, *Ostrinia furnacalis*. *Journal of Insect Physiology*, 2001, 47: 157 — 165.
- [12] Jing X H, Kang L. Seasonal changes in the supercooling point of overwintering eggs of *Locusta migratoria*. *Entomological Knowledge*, 2003, 40(4): 326 — 328.
- [13] Shah M A, Setsuya M. Environmental regulation and geographical adaptation of diapause in *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of the diamondback moth larvae. *Appl. Entomol. Zool.*, 1994, 29(1): 89 — 95.
- [14] Takeda M, Skopik S D. Geographic variation in the circadian system controlling photoperiodism in *Ostrinia nubilalis*. *Journal of Comparative Physiology A*, 1985, 156: 653 — 658.
- [15] Hun Z Y, Wang D A, Lu Z Y. Diapause induction and cold storage of diapause cocoons in *Microplitis mediator* (Haliday). *Acta Entomologica Sinica*, 2005, 48(5): 655 — 659.
- [16] Yi C H, Chen X M, Shi J Y. The effects of photoperiod and temperature on diapause inducing of the Great Mormon Butterfly *Papilio memnon* Linnaeus. *Forest Research*, 2007, 20(2): 188 — 192.
- [17] Zhao Z W, Huang Y P. The mechanisms of regulation and control of insect diapause. *Journal of Shanxi University (Nat. Sci. Ed.)*, 1995, 18(1): 105 — 118.
- [18] Beck S D. *Insect photoperiodism* (2nd ed). New York: Academic Press, 1980. 387.
- [19] Tauber M J, Tauber C A, Masaki S. *Seasonal Adaptation of Insects*. New York: Oxford University Press, 1986. 411.
- [20] Jiang M X, Zhang X X. Effects of photoperiod on developmental periods of larvae and prepupal weight of cotton bollworm. *Entomological Knowledge*, 1998, 35(2): 71 — 73.

参考文献:

- [1] 牟吉元, 王念慈, 范永贵. 四种草蛉生活史和习性的研究. *植物保护学报*, 1980, 7(1): 1 ~ 8.
- [2] 牟吉元, 王念慈, 徐洪富. 山东省棉田草蛉优势种的研究. *山东农业科学*, 1979, 2: 11 ~ 20.
- [3] 陈天业, 牟吉元. 草蛉的滞育. *昆虫知识*, 1996, 33(1): 56 ~ 58.
- [4] 赵敬钊. 草蛉的保护和利用. 武汉: 武汉大学出版社, 1989. 50 ~ 61.
- [5] 赵敬钊. 大草蛉生物学特性研究. *植物保护学报*, 1988, 15(2): 123 ~ 127.
- [6] 樊永亮, 赵章武, 刘瑞林等. 亚洲玉米螟诱发滞育敏感期的研究. *山西大学学报(自然科学版)*, 1994, 17(2): 222 ~ 227.
- [10] 薛芳森, 朱杏芬, 桂爱礼. 甘薯夜蛾滞育蛹体内过氧化氢酶活力的研究. *江西农业大学学报*, 1999, 21(4): 509 ~ 511.
- [12] 景晓红, 康乐. 飞蝗越冬卵过冷却点的季节性变化及生态学意义. *昆虫知识*, 2003, 40(4): 326 ~ 328.
- [15] 浑之英, 王德安, 路之云. 中红侧沟茧蜂滞育诱导和滞育茧的冷藏. *昆虫学报*, 2005, 48(5): 655 ~ 659.
- [16] 易传辉, 陈晓鸣, 史军义等. 光周期和温度对美凤蝶滞育诱导的影响. *林业科学研究*, 2007, 22(2): 188 ~ 192.
- [17] 赵章武, 黄永平. 昆虫滞育及其调控机制. *山西大学学报(自然科学版)*, 1995, 18(1): 105 ~ 118.
- [20] 蒋明星, 张孝曦. 光周期对棉铃虫幼虫发育历期和蛹重的影响. *昆虫知识*, 1998, 35(2): 71 ~ 73.