

中华通草蛉成虫越冬体色变化与滞育的关系

许永玉¹, 胡 萃², 牟吉元¹, 徐洪富¹, 王洪刚¹

(1. 山东农业大学植保学院, 泰安 271018; 2. 浙江大学植保系, 杭州 310029)

摘要:对自然条件下中华通草蛉成虫越冬体色变化与滞育关系的系统研究表明,成虫在越冬过程中都经历了一个较明显的体色变化过程,主要表现在体躯底色从绿色到土黄色及体背面滞育斑由褐色到红褐色的改变,据此将成虫体色分成 5 个级别。在越冬过程中约 80% 个体体色经历了在生殖型体色(1 级)和滞育型体色(4、5 级)之间的明显变化,约有 20% 个体体色维持在 2、3 级。在越冬前,成虫滞育斑出现后其卵巢不再发育或者发育受抑而逐渐停止发育,滞育斑的出现是成虫开始滞育的重要标志;越冬后,随着成虫体色由滞育型向生殖型的转变,当大多数个体体色变为 3 级以下时,卵巢开始发育。这些结果说明,中华通草蛉越冬成虫体色的变化是其滞育越冬的一个重要形态指标,越冬前后体色的改变,标志着成虫滞育的开始和结束。

关键词:中华通草蛉; 越冬; 滞育发育; 体色

Relationship Between Adult Diapause Development and Over-wintering Coloration Changes in *Chrysoperla sinica* (Neuroptera)

XU Yong-Yu¹; HU Cui²; MU Ji-Yuan¹; XU Hong-Fu¹; WANG Hong-Gang¹ (1. Department of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China; 2. Department of Plant Protection, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(8): 1275~1280.

Abstract: In nature, the over-wintering adults of *Chrysoperla sinica* entered the facultative diapause in China and their body coloration had a obvious change during the winter. Many researchers had ever described the coloration change of this lacewing in nature at different regions, but up to now we are still ignorant of how about the relationship between the reproductive diapause and the coloration change. In order to make clear this question, the characteristics of body coloration change and diapause development of *C. sinica* adult during the over-wintering period were studied in the natural environments in Taian regions of Shandong Province. Adults of *C. sinica* were sampled in the suburb of Taian city. Before December they were swept from cotton field, orchards, nursery garden and adjacent forest edges. During the winter and spring they were sampled from the outdoor breeding cages under artificially hub, in the cages were stored the adults which were swept from the field before December and were supplied with water synthetic food. From September the adults were sampled or moved from outdoor at a interval period to determine colour of the body and the diapausing spots, and were dissected to examine the degree of ovarian development in their adult females. The degree of ovarian development was graded into four steps by dissection according to the developmental characteristics of ovaries in adult females through winter; undeveloped ovaries were classified as grade I and well-developed ovaries with mature eggs in oviducts as grade IV. The results showed that the over-wintering adults exhibited the coloration change from green to yellowish brown in ground coloration and from brown to reddish brown in diapausing spots on the dorsal side of every body segment. The insects were divided into five types according to the characteristics of

基金项目:山东农业大学博士后基金资助项目;山东省自然科学基金资助项目(Q96D06133);世界银行Ⅱ期贷款资助项目

收稿日期:2001-11-30 **万方数据** **出版日期:**2001-11-30

作者简介:许永玉(1967~),男,山东乳山人,博士,副教授。从事昆虫生理与生态害虫生防研究工作。

adult color changes during the over-wintering period, viz. type 1: emerald or ultra-green; type 2: yellow-green, the diapausing spots appear on the dorsal side and brown or sandy beige; type 3: pale yellow-greenish, and the diapausing spots light-reddish brown or reddish brown; type 4: pale yellow-brownish, and diapausing spots reddish brown and its area up to top, the abdomen of adult semipermeable; type 5: yellowish brown, and the diapausing spots heavy-reddish brown, the abdomen of adult semipermeable. In outdoors, diapausing adults of *C. sinica* experienced the coloration change from green to yellowish-brown before winter and the converse change after winter, along with this, the development of female reproductive organs characterized by the arrest and the gradual growth, respectively. With the progress of winter, both the body coloration and the female reproductive development underwent distinct changes that could be divided into three notable periods. the first period was from October to December, the body coloration changed from green to yellowish-brown, the development of ovaries were arrested in different state and all of the female ovaries were grade I or grade II after 10th November; the second period was from January to March of the following year, the body coloration and the degree of ovarian development remained type 5 and grade I, respectively; the third period was from March to May, the body coloration changed from yellowish-brown to green and the development of ovaries began to grow slowly. In addition, the greater part (about 80%) of adult overwintered having coloration of type 4 and 5, a small part (about 20%) of individuals retained in coloration of type 2 and 3 through the whole winter. The studies on the relationship between the coloration changes and diapause development in nature populations showed that, when the diapausing spots appeared on the dorsal side of adult body in autumn, the development of the ovaries ceased or were suppressed, and started when the reversible coloration change undergone in the next spring. The results revealed that the coloration change was one of the significant characteristics in the diapaused over-wintering adults of *C. sinica*, and the coloration change in autumn and spring was the sign which marked the beginning and ending of adult diapause.

Key words: *Chrysoperla sinica*; overwinter; diapause development; body coloration

文章编号:1000-0933(2002)08-1275-06 中图分类号:Q968.1 文献标识码:A

中华通草蛉 *Chrysoperla sinica* (Tjeder) 是多种农林害虫的重要天敌,在我国广泛分布。该虫以成虫兼性滞育越冬^[1,2],在滞育越冬过程中,成虫的体色呈现显著的变化,邱式邦等许多研究者曾先后对北京、邯郸、泰安、武昌等地区越冬成虫的体色变化做过一定的观察^[1~8],由于研究者所在地区及观察方式的不同,对成虫体色变化的描述也有所差异,而且都未对成虫越冬体色的变化规律做系统研究。本文报道了中华通草蛉在泰安地区自然条件下成虫越冬过程中体色的变化规律,及其与生殖滞育的关系,以期为该天敌的保种、人工繁殖及保护利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验虫源

试验中所用成虫采自泰安市泰山区南山东农业大学实习农场及泰安城郊的农田、果园及山林中。12月份前,成虫直接采自田间,同时大量采集越冬成虫存放在室外人工木棚下的养虫笼中(笼内放置盆栽冬青及啤酒酵母干粉饲料(将啤酒酵母粉和食糖按 10:8 的比例混合,用研钵研细后过 60 目筛即成)),12 月份后所用成虫从养虫笼中随机取出。

1.2 试验方法

1.2.1 成虫在滞育越冬过程中体色分级标准及变化动态 1995 年 9 月至 1996 年 4 月,定期从田间采集中华通草蛉成虫,根据其在越冬前、后的体色变化确定分级标准,并观察记录其在滞育越冬过程中体色的变化动态。

万方数据

1.2.2 滞育越冬过程中成虫体色变化与生殖滞育的关系 1996 年 9 月初开始,定期从田间采集成虫进行

观察,自成虫开始出现滞育斑时起定期从自然环境采集或取出处于 2 级以上级别体色的成虫,对同一级别体色的成虫一部分进行解剖,观察其卵巢的发育级别,另一部分与雄虫配对($\text{♀}:\text{♂}=1:2$)后放于室外(饲喂干粉饲料及蜂蜜水)观察并记录成虫产卵情况。

成虫在自然环境下开始滞育越冬和解除滞育后其卵巢的发育同非滞育状态时的卵巢发育特征有相似之处,但也有许多不同,根据多年的解剖观察,卵巢中各条卵巢管的发育并不同步,为了更明确表达成虫在滞育越冬过程中的卵巢发育特点,将卵巢中发育最快的卵管的特征做为卵巢分级的依据,据此可将滞育越冬过程中成虫卵巢的发育特征分为如下 4 个级别:

- I 级 整个卵巢无色透明,卵管长约 1.0~1.5mm,较萎缩,其内无浑浊现象(完全滞育型)。
- II 级 卵巢较透明,淡乳白色,卵管长约 1.5~2.0mm,基部浑浊或有少量卵黄沉积。
- III 级 卵巢大部分呈乳白色,基部呈浅黄绿色,卵管长约 2.5~3.0mm,卵黄沉积较多,卵管中无成熟的卵粒。
- IV 级 卵巢黄绿色,端部呈乳白色,卵管长约 3.5~4.0mm,卵黄沉积丰满,在卵管基部可见 1 粒呈绿色的成熟卵或者已产卵。

2 结果与分析

2.1 越冬成虫体色分级标准及变化动态

2.1.1 体色分级标准 中华通草蛉在越冬过程中,体色经历了一个明显的变化过程,其一是体躯底色的变化,即由绿色经过黄绿色、浅黄绿色、浅土黄色,最后整个体躯变化土黄色;其二是位于体躯每一体节背板前部背中侧的滞育斑的出现及颜色变化,即刚出现时为一褐色斑点,随后颜色逐渐由浅褐色、浅红褐色、红褐色变为深红褐色。根据成虫体色在越冬过程中的变化特点,将体色分为如下 5 个级别:

- 1 级 体翠绿色或青绿色。
- 2 级 体黄绿色,体节背面出现滞育斑,斑的面积较小,斑的颜色为褐色和浅褐色。
- 3 级 体浅黄带绿色,滞育斑的面积较大,斑的颜色为浅红褐色,部分为红褐色,有的成虫腹部略呈半透明状。
- 4 级 体浅土黄色,滞育斑的面积达最大,斑的颜色为红褐色,成虫腹部呈半透明状。
- 5 级 体土黄色,滞育斑为深红褐色,成虫腹部呈半透明状。

2.2 成虫越冬过程中体色变化与滞育的关系

越冬中华通草蛉成虫在 9 月 26 日首先出现滞育斑,位于腹部 1~3 腹节背板中央黄色纵带的两侧,斑较小,呈褐色。随后滞育斑在成虫体躯其它体节上出现,斑的颜色也逐渐发生变化,如此同时,成虫体躯的颜色开始产生相应的变化。在成虫越冬结束过程中,体色由浅黄色变成黄绿色和淡绿色,其中胸部的颜色变得较快;滞育斑的颜色逐渐变浅,面积也逐渐缩小,但直到整个虫体变为淡绿色时,有些成虫的滞育斑仍能清楚地看到。

2.2.1 成虫越冬过程中体色变化动态 在 1995 年 9 月 28 日至 1996 年 4 月 30 日成虫越冬期间,先后在不同的时间对成虫的体色变化进行了 16 次观察,观察结果见表 1。由表 1 可以看出,中华通草蛉成虫在 9 月底(9 月 28 日)有 40% 的个体出现滞育斑;到 10 月 10 日大多个体都可观察到滞育斑,并且有少量的个体的体色已变为 4 级;到 10 月 20 日,观察的个体全部都出现滞育斑,具 4 级和 5 级体色的个体占 15% 左右。其后成虫体色和滞育斑逐渐加深,到 12 月 20 日,具 4 级和 5 级体色的成虫达到 90% 左右,在此后两个多月的时间内,即到 3 月 1 日,成虫各级体色所占比例没有发生很大变化,具 4 级和 5 级体色的个体比例保持在 85%~90% 之间。自 3 月 1 日后,成虫体色开始由土黄色向绿色转变,具 4 级和 5 级体色的个体比例逐渐下降,到 4 月 1 日,大多数个体的体色处于 2 级和 3 级,4 级和 5 级体色的个体只有 10% 左右;到 4 月 15 日,30% 的个体体色变为 1 级,4 月 30 日,约 95% 的个体体色为 1 级和 2 级,只有约 5% 的个体为 3 级体色。由表 1 还可看出,成虫体色在越冬过程中,越冬前体色的变化速度比越冬后体色的变化速度要慢,雌雄成虫的体色变化速度数据,只是雄虫体色的变化速度比雌虫略快,而且体色的深度(4 级和 5 级个体的比例)略多。此外在成虫滞育体色的维持阶段即从 12 月 20 日至 3 月 1 日,雌雄共有约 5% 的个体体色为 2 级,约

15%的个体体色为3级,其中雌性所占比例比雄性个体略多。

表 1 中华通草蛉在滞育越冬过程中体色变化规律

| 观察时间 (月.日) Date (m.d) | 观察成虫数(头) Uمبر of adult | | 具不同级别体色的成虫所占比例(%) Percent of the adult with different color type | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|-----------|---|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|
| | 雌虫 (♀) | 雄虫 (♂) | 雌虫(♀) | | | | | 雄虫(♂) | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | | | | | | | | | | |
| 09.28 | 36 | 30 | 61 | 39 | 0 | 0 | 0 | 60 | 40 | 0 | 0 | 0 |
| 10.05 | 35 | 35 | 40 | 60 | 0 | 0 | 0 | 37 | 63 | 0 | 0 | 0 |
| 10.10 | 50 | 40 | 6 | 86 | 6 | 2 | 0 | 5 | 80 | 10 | 5 | 0 |
| 10.20 | 80 | 70 | 0 | 64 | 21 | 13 | 2 | 0 | 59 | 26 | 11 | 4 |
| 11.01 | 100 | 80 | 0 | 19 | 30 | 30 | 21 | 0 | 15 | 26 | 34 | 25 |
| 11.20 | 100 | 80 | 0 | 12 | 26 | 30 | 32 | 0 | 10 | 23 | 31 | 36 |
| 12.05 | 100 | 80 | 0 | 7 | 14 | 33 | 46 | 0 | 4 | 15 | 30 | 51 |
| 12.20 | 100 | 80 | 0 | 4 | 8 | 32 | 56 | 0 | 3 | 5 | 34 | 58 |
| 01.10 | 100 | 80 | 0 | 5 | 7 | 33 | 55 | 0 | 3 | 4 | 33 | 60 |
| 02.10 | 100 | 80 | 0 | 4 | 6 | 29 | 61 | 0 | 3 | 6 | 27 | 64 |
| 03.01 | 80 | 50 | 0 | 3 | 10 | 31 | 56 | 0 | 2 | 12 | 28 | 58 |
| 03.10 | 80 | 50 | 0 | 2 | 23 | 43 | 32 | 0 | 2 | 28 | 38 | 34 |
| 03.20 | 80 | 50 | 0 | 18 | 46 | 23 | 13 | 0 | 22 | 45 | 26 | 7 |
| 04.01 | 60 | 40 | 0 | 46 | 39 | 13 | 2 | 0 | 50 | 42 | 8 | 0 |
| 04.15 | 60 | 40 | 30 | 47 | 18 | 5 | 0 | 32 | 50 | 10 | 8 | 0 |
| 04.30 | 40 | 25 | 62 | 33 | 5 | 0 | 0 | 72 | 24 | 4 | 0 | 0 |

2.2.2 成虫体色变化与滞育的关系 成虫雌性个体开始滞育的判别是以卵巢的不发育或者发育受到抑制为主要特征,自中华通草蛉成虫在田间开始出现滞育斑(10月初)到第二年5月初,通过定期解剖从室外采集或取出具不同体色的雌成虫,观察成虫的卵巢发育情况表明,在4月1日前,所有体色为4级和5级的成虫,其卵巢发育级别皆为Ⅰ级,并且在12月1日至次年的3月1日期间,体色为2级和3级的个体的卵巢发育级别也为Ⅰ级,而在越冬前(即12月1日前)和越冬后(即3月1日后),具2级和3级体色的成虫的卵巢发育产生较大的差异。

(1)越冬前成虫体色变化与卵巢发育的关系 通过解剖观察越冬前体色发生变化的雌成虫的卵巢发育情况发现,成虫体色为4级和5级的卵巢发育皆为Ⅰ级。而体色为2级和3级的个体的卵巢发育情况和产卵情况因解剖观察的时间而有所不同。观察结果表明(见表2):不同解剖时间的成虫的卵巢

发育大多数或绝大多数为Ⅰ级和Ⅱ级;在10月10日和11月10日调查中,体色为2级个体中均有卵巢发育到Ⅲ级或Ⅳ的,其中10月10日和20日调查的成虫卵巢发育为Ⅲ级和Ⅳ级的约占20%,体色为3级的个体的卵巢发育到Ⅲ级的只出现在10月20日和11月1日的调查中,其所占比例不足10%,没有卵巢发育到Ⅳ级个体;到12月1日,体色为2、3级的成虫的卵巢发育均为Ⅰ级。对不同时间采集的具不同体色成虫的产卵情况观察结果表明,体色为3级以上的雌成虫都没有产卵现象,而体色为2级的部分个体有卵产出(见表3)。产卵数据 产卵数所占比例较低,11月1日后,再没有出现产卵的个体,而且观察发现,所有产卵的个体在观察之日起20d内均停止产卵,每头雌虫每天产卵数量较少。上述结果表明了越冬前,体色变为4、5、

表 2 越冬前中华通草蛉成虫体色与卵巢发育的关系
Table 2 Relationship between the coloration changes and diapause development of *C. sinica* before winter in nature

| 解剖调查日期 (月.日) Date(m.d) | 体色 级别 Color type | 雌虫数 (头) Numer of female | 不同级别卵巢所占的比例(%) Percent of the ovaries in different grade | | | |
|------------------------------|---------------------------|----------------------------------|--|----|----|----|
| | | | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅳ |
| | | | | | | |
| 10.05 | 2 | 30 | 60 | 40 | 0 | 0 |
| 10.10 | 2 | 30 | 46 | 34 | 10 | 10 |
| | 3 | 26 | 77 | 23 | 0 | 0 |
| | 2 | 25 | 60 | 21 | 15 | 4 |
| 10.20 | 3 | 25 | 68 | 24 | 8 | 0 |
| | 2 | 25 | 76 | 12 | 12 | 0 |
| | 3 | 25 | 80 | 12 | 8 | 0 |
| 11.01 | 2 | 20 | 80 | 15 | 5 | 0 |
| | 3 | 30 | 90 | 10 | 0 | 0 |
| | 2 | 20 | 90 | 10 | 0 | 0 |
| 11.20 | 3 | 30 | 97 | 3 | 0 | 0 |
| | 2 | 10 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | 3 | 10 | 100 | 0 | 0 | 0 |

级的成虫卵巢发育均为Ⅰ级,也没有出现产卵现象说明它们均处于滞育状态;体色变为3级的成虫虽有少数个体卵巢发育至Ⅲ级,但没有出现产卵的个体,说明它们处于滞育状态或者卵巢发育受到抑制不再发育;成虫体色变为2级时即成虫开始出现滞育斑后,大多数个体卵巢发育为Ⅰ级,尽管部分个体卵巢为Ⅲ、Ⅳ级,并有极少数个体出现产卵现象,但产卵速度较慢并且在较短时间内停止产卵,这说明,无论雌成虫的卵巢发育到何种状态,当成虫开始出现滞育斑(即体色变为2级)起,成虫的卵巢将不再发育或者发育受到抑制而逐渐停止发育,从而慢慢进入滞育状态,因此,在自然界,中华通草蛉在越冬前体色变为2级(即体背开始出现滞育斑)可以做为成虫开始滞育的重要标志。

(2)越冬后成虫体色变化与卵巢发育关系 成虫在越冬后,次年的3月1日前各级体色的成虫所占比例较为稳定,卵巢均为Ⅰ级,3月1日后,体色开始变化。卵巢的发育从3月10日开始(见表4),在4月1日前,只有2、3级的部分个体卵巢发育到Ⅱ级;到4月10日体色为1、2、3级的成虫均有少数个体卵巢发育到Ⅲ级,而且4级的极少数个体卵巢也开始发育。在4月20日后,所有1、2级个体的卵巢均发育到Ⅱ级以上,部分个体卵巢发育到Ⅳ级水平,而且此时已观察到有少数成虫开始产卵;3级的个体在5月1号后才出现有卵巢发育到Ⅳ级的,但没有观察到产卵的个体。上述结果表明,越冬后成虫体色的改变标志着卵巢发育的开始,这意味着滞育开始解除,此后卵巢的发育缓慢,直到4月20日前没有出现产卵的个体,说明这一时期成虫处于滞育后的休眠状态。

3 小结与讨论

3.1 通过对中华通草蛉成虫体色变化动态的观察可以看出,在自然条件下,成虫体色变化经历了3个阶段。第一阶段,自10月初到12月底是成虫体色由绿色(非滞育型体色)变为土黄色(滞育型体色)的时期;第二阶段,自1月初到3月初是成虫滞育体色的维持期;第三阶段,自3月初到5月初是成虫体色由土黄色变为绿色的时期。在自然界,中华通草蛉世代重叠较为明显,所以在体色变化的第一和第三阶段,成虫卵巢发育状态有较大的不同。但越冬前成虫体背出现滞育斑可做为成虫开始进行滞育发育的重要特征。越冬后,成虫体色变为3级以下时卵巢开始缓慢发育,说明成虫体色改变和卵巢发育具有一定的同步性。因此,在自然界中华通草蛉成虫体色变化是成虫滞育的一个重要标志。

3.2 在自然条件下,中华通草蛉成虫在滞育越冬过程中,并不是所有个体体色都变为完全滞育型体色(即4、5级),约有20%的成虫体色保持2、3级状态,即体色没有进行充分的改变,这种情况的产生很可能是由于在不同时间羽化的成虫在自然界所经历的滞育诱导条件的不同造成的。作者已有的研究表明,该虫滞育的主要诱导因素是光周期和温度,成虫阶段一直保持着对滞育诱导条件的敏感性,由于该虫世代重叠明显,所以不同时间羽化的成虫对自然界不同的光,温等滞育条件感受程度也不相同,从而影

表3 越冬前体色为2级的中华通草蛉雌成虫的产卵率
Table 3 The ovipositing rate of *C. sinica* adult with the coloration of type 2 before winter in nature

| 处理时间 Date (m, d) | 雌虫数 Number of female | 产卵个体所占比例(%) Ovipositing rate |
|---------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 10.05 | 20 | 5 |
| 10.10 | 20 | 15 |
| 10.20 | 20 | 10 |
| 11.01 | 20 | 0 |

表4 越冬后中华通草蛉成虫体色与卵巢发育关系
Table 4 Relationship between the coloration changes and diapause development of *C. sinica* after winter in nature

| 解剖时间 (月、日) Date (m, d) | 体色 级别 Color type | 雌虫数 (头) Nuner of female | 不同级别卵巢所占的比例(%) Percent of the ovaries in different grade | | | |
|---------------------------------|---------------------------|----------------------------------|--|----|----|----|
| | | | I | Ⅱ | Ⅲ | Ⅳ |
| 03.01 | 3 | 10 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 03.10 | 3 | 20 | 90 | 10 | 0 | 0 |
| 03.20 | 2 | 20 | 85 | 15 | 0 | 0 |
| | 3 | 30 | 80 | 20 | 0 | 0 |
| | 4 | 10 | 90 | 10 | 0 | 0 |
| 04.01 | 2 | 30 | 60 | 40 | 0 | 0 |
| | 3 | 30 | 73 | 27 | 0 | 0 |
| | 4 | 10 | 90 | 10 | 0 | 0 |
| 04.10 | 1 | 20 | 10 | 75 | 15 | 0 |
| | 2 | 30 | 10 | 76 | 13 | 0 |
| | 3 | 30 | 46 | 47 | 7 | 0 |
| | 4 | 10 | 90 | 10 | 0 | 0 |
| 04.20 | 1 | 30 | 0 | 60 | 30 | 10 |
| | 2 | 30 | 0 | 73 | 20 | 7 |
| | 3 | 30 | 13 | 60 | 7 | 0 |
| | 4 | 10 | 40 | 60 | 0 | 0 |
| 05.01 | 1 | 30 | 0 | 20 | 50 | 30 |
| | 2 | 30 | 0 | 40 | 40 | 20 |
| | 3 | 10 | 0 | 50 | 40 | 10 |

响到体内内分泌器官的活动及相应的生理代谢活动。目前国内外研究已基本确认,成虫的滞育与体内促性腺激素(保幼激素 JH)的缺乏(即咽侧体的分泌活动受到抑制)有直接的关系^[9,10],而且昆虫体内 JH 量也影响昆虫色素的发生^[11]。由此可以推测,处于不同发育状态的越冬成虫在感受到外界滞育诱导条件后会产生不同的生理反应,大多数成虫在接受到不利的环境信号后,由脑控制的咽侧体的分泌活动受到抑制,体内 JH 量下降,使卵巢不发育,并促进了体内深色色素的形成;而少数卵巢已有一定程度发育的成虫(在调查中,具 2、3 级体色的成虫都有一定比例的成虫卵巢发育到Ⅱ、Ⅲ级,见表 2)在接受滞育诱导信号后,尽管体内 JH 的分泌活动受到抑制,但其体内 JH 水平可能相对较高,从而影响了深色色素的形成,最终这一部分成虫的体色没有发生显著的变化。有关激素如何对卵巢发育和体色变化进行调控有待进一步研究。

3.3 在滞育过程中成虫体色发生变化的现象在其它种类的昆虫中也有发生,如普通草蛉(*Chrysopa carnea*)^[12]、褐珀蜡(*Plautia stali*)^[13]、小车蝗(*Oedaleus senegalensis*)^[14]和稻绿蜡(*Nezara viridula*)^[13]等,尽管目前对于成虫滞育体色变化机制还不清楚,但其生态意义显而易见。中华通草蛉在秋末冬初,随着光照、温度和食物等条件的恶化,成虫一方面在体内做好生理上的准备,另一方面从外部形态上将体色变为接近环境颜色,形成保护色,对其安全越冬具有重要的意义,因而,中华通草蛉成虫滞育越冬体色的变化应是其生态对策的一个组成部分。

参考文献

[1] Zhao J K(赵敬钊). *Pretection and utiliation of lacewing*(in Chinese). Wuhan:Wuhan University Press,1989. 35~50,171~174.

[2] Xu Y Y(许永玉),Mou J Y(牟吉元),Hu C(胡萃). Researching and utilization of *Chrysoperla sinica*. *Entomological Knowledge* (in Chinese) (昆虫知识),1999,**36**(5):313~315.

[3] Qiu Sh B(邱式邦). Rearing lacewings in winter, *Entomological Knowledge*(in Chinese) (昆虫知识),1977,**5**:143~144.

[4] Ma Zh Sh(马仲实),Li b L(李保兰),Ai S ZH(艾素珍),et al. The rule of *Chrysoperla sinica* occurring in nature in Handan district of China. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*(in Chinese)(农业科技通讯),1978,**8**:32~33.

[5] Mou J Y(牟吉元),Wang N C(王念慈),Fan Y G(范永贵). Life history and their habits of four lacewing species. *Acta Phytophylacica Sinica*(in Chinese)(植物保护学报),1980,**7**(1):1~8.

[6] Zhao J K(赵敬钊). The biological characteristics and population dynamic of *Chrysoperla sinica*. *Natural Enemies of Insects*(in Chinese)(昆虫天敌),1982,**4**(2):31~37.

[7] Mo J G(莫菊皋),Ma H J(么慧娟). The biological characteristics and population dynamic of *Chrysoperla sinica*. *Journal of Hebei Agronomy*(in Chinese) (河北农学报),1984,**9**:24~26,29.

[8] Wang R(王韧),Zh W R(周伟儒),Ch H Y(陈红印),et al. The population dynamic of *Chrysoperla sinica* and its reason in Beijing district of China. *Bulletin of Biological Control*(in Chinese)(生物防治通报),1986,**2**(3):103~107.

[9] Dewner,R G H and Laufer,M. *Endocrinology of Insect*. Alan R. Liss Inc. , New York, 1983,357~367.

[10] Xu Y Y(许永玉),Mou J Y(牟吉元),Hu C(胡萃). The regulative mechanism of adult insects diapause by hormone. *Journal of Shandong Agricultural University*(in Chinese)(山东农业大学学报),1998, **29**(S):17~22.

[11] Turner R B. *Biochemistry of insect*(in Chinese). Translated by Li L Y(李丽英译). Beijing:Science press, 1988. 228~230.

[12] Macleod E G. Experimental induction and elimination of adult diapause andautumnal coloration in *Chrysopa carnea*. *J. Insect Physiol*, 1967,**13**:1343~1349.

[13] KOTAKI T and S YAGI, Relationship between diapause development and coloration change in brown-winged green bug, *Plautia Stali* Scott.,*Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* , 1987, **31**:285~290.

[14] Colvin J and Cooter, R J. Diapause induction and coloration in the Senegalese grasshopper, *Oedaleus senegalensis*. *Physiol. Entomol.* , 1995, **20**:13~17