

大猿叶虫滞育进程中成虫内生生殖系统的形态特征^{*}

周兴苗 丁楠 雷朝亮 王小平^{**}

(湖北省昆虫资源利用与害虫可持续治理重点实验室 华中农业大学植物科技学院 武汉 430070)

Morphology of internal reproductive system associated with diapause process in the cabbage beetle, *Colaphellus bowringi*. ZHOU Xing-Miao, DING Nan, LEI Chao-Liang, WANG Xiao-Ping^{**} (Hubei Insect Resource Utilization and Sustainable Pest Management Key Laboratory, College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract The cabbage beetle *Colaphellus bowringi* Baly, a pest of cruciferous vegetables, aestivates and hibernates as an adult in soil. Adults of this beetle were dissected and their internal reproductive systems described and illustrated. The internal reproductive system of newly diapausing adults is poorly developed and similar to that of newly emerged adults. In diapausing males, accessory glands and the ejaculatory duct are also poorly developed. In non-feeding post-diapause males, the accessory glands are swollen and obviously wider than the vas deferens, and the ejaculatory duct is obviously enlarged, whereas in feeding, post-diapause males the ejaculatory duct is obviously enlarged and light opaque yellowish-orange in color. In diapausing females, the ovarioles are small in size but slightly larger than those of newly diapausing females and some basal oocytes have faint yolk uptake. In non-feeding, post-diapause females, the ovarioles are developed, large and many basal oocytes have visible yolk uptake. In feeding, post-diapause females, the ovarioles are well developed, large and numerous chorionated eggs can be found at the base of each ovariole, lateral oviducts and the common oviduct. These results suggest that although reproductive development can continue in diapausing adults, and that a portion of the metabolites accumulated during the pre-diapause period can be used in post-diapause development, feeding is necessary for post-diapause mating and oviposition.

Key words *Colaphellus bowringi*, diapause, diapause termination, inner reproductive system, dissection

摘 要 大猿叶虫 *Colaphellus bowringi* Baly 是十字花科蔬菜的一种重要害虫,以成虫在土壤中滞育越冬和越夏。本研究通过解剖大猿叶虫非滞育成虫,观察描述了雌雄成虫内生生殖系统的结构特点,并绘制了雌雄成虫内生生殖系统模式图。对滞育初期、滞育期间、滞育解除后未取食和滞育解除后取食成虫解剖显示,滞育初期,雌雄成虫内生生殖系统几乎与羽化初期成虫一致。滞育期间雄成虫的附腺和射精管亦不发达,滞育解除后未取食雄成虫的附腺膨大且粗于输精管,射精管略膨大,取食雄成虫的射精管呈不透明淡桔黄色。滞育期间雌成虫的卵巢小,略大于滞育初期卵巢,少数卵巢小管的基部可见具卵黄原沉淀的卵粒。滞育解除后未供食雌成虫卵巢明显膨大可见大量成形卵粒,部分卵粒可见卵黄原沉淀;取食雌成虫的卵巢膨大,可见大量成熟卵粒,侧输卵管和总输卵管中可见待产的卵。作者认为,大猿叶虫成虫在滞育期间能够缓慢发育,部分滞育前积累的代谢物质被用于滞育后发育,但只有经过取食,成虫才能正常交配和产卵。

关键词 大猿叶虫, 滞育, 滞育解除, 内生生殖系统, 解剖

^{*} 资助项目:国家自然科学基金(30700530)。

^{**} 通讯作者, E-mail: xpwang@mail.hzau.edu.cn

收稿日期:2010-03-22, 修回日期:2010-04-07

大猿叶虫 *Colaphellus bowringi* Baly 是我国部分山区十字花科蔬菜上的一种重要害虫,在长江流域年发生 4 代,春季 1 代,秋季 3 代,以成虫在土壤中滞育越冬和越夏,滞育特性十分复杂,是研究昆虫滞育生理生态学的一种理想材料^[1,2]。

滞育昆虫的形态发生被抑制,呈现发育停滞,但并非完全不发育,而是一种缓慢的发育状态^[3]。大猿叶虫存在延长滞育现象^[1],滞育后生物学特性也极为复杂^[4]。这种昆虫的滞育成虫具有入土滞育行为,取食一段时间后即入土滞育,常被作为其滞育判别的标准^[5];因此,在滞育进程中生殖系统的发育变化一直被忽视。成虫滞育的最重要特征就是生殖受到抑制^[6],明确大猿叶虫滞育进程中成虫生殖系统的发育变化,对于阐明滞育成虫的内部生理变化、分析滞育进程中能量的消耗动态和理解滞育后生物学特性变异,均具有一定的参考价值。

本研究以大猿叶虫为材料,在明确非滞育雌雄成虫内生殖系统结构特点的基础上,根据大猿叶虫的滞育特性,分别在滞育初期、滞育期间、滞育解除后未取食和滞育解除后取食 3 d 取样,解剖比较了大猿叶虫滞育进程中雌雄成虫内生殖系统在形态上的差异。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

大猿叶虫为江西省修水种群(114°4'E, 29°1'N)。经多代繁殖后,在自然条件下的玻璃缸中入土滞育,保存于华中农业大学昆虫资源研究所。

1.2 试验设计

首先解剖了大猿叶虫非滞育成虫内生殖系统,然后在对滞育初期、滞育期间、滞育解除后未取食和滞育解除后取食 3 d 的成虫的内生殖系统进行解剖,比较大猿叶虫滞育发育的不同阶段雌雄成虫内生殖系统在形态上的差异。

1.3 样本准备

非滞育样本——在 25℃ 配合光周期 L:D = 12:12 条件下,在圆形透明塑料盒(直径

15.0 cm,高 7.5 cm)内饲养大猿叶虫,饲料为小白菜(*Brassica chinensis*)离体叶片,每日更换新鲜叶片,获得大猿叶虫 3~7 日龄非滞育成虫^[1],作为非滞育样本;

滞育初期样本——在 25℃ 配合光周期 L:D = 16:8 条件下饲养获得大猿叶虫滞育成虫^[1],收集入土滞育第 3 d 的个体,作为滞育初期样本;

滞育期间样本——2007 年 12 月入土滞育(保存在自然条件下的玻璃缸中),2008 年 9 月底仍未解除滞育,这些成虫最早到次年的春天才能滞育解除^[1],从土中收集已滞育 9 个多月的滞育个体,作为滞育期间样本;

滞育解除后未取食样本——2007 年 12 月入土滞育(保存在自然条件下的玻璃缸中)、2008 年 9 月初滞育解除(滞育持续期约为 9 个月),收集滞育解除后同天出土个体,不供食,作为滞育解除后未取食样本;

滞育解除后取食样本——2007 年 12 月入土滞育(保存在自然条件下的玻璃缸中)、2008 年 9 月初滞育解除后(滞育持续期约为 9 个月),收集滞育解除后同天出土个体,以小白菜离体叶片饲养 3 d,作为滞育解除后取食样本。

1.4 成虫内生殖系统解剖

采用水盘法在解剖镜下解剖雌雄成虫内生殖系统,解剖前先用乙醚麻醉成虫。在解剖过程中对雌雄成虫内生殖系统的整体结构进行详细描述、绘制模式图,并对典型、完整的雌雄成虫内生殖系统进行拍照。雌雄成虫内生殖系统的描述各类型解剖样本数均不少于 30 个;雌雄成虫内生殖系统结构描述和图示中所用术语参考 Suzuki (1988)^[6]。

2 结果与分析

2.1 大猿叶虫成虫内生殖系统的结构特征

大猿叶虫雄成虫内生殖系统包括:睾丸(testis)、输精管(vas deferens)、附腺(accessory glands)、射精管(ejaculatory duct)和阳茎(aedeagus)(图 1:A)。一对睾丸位于腹部 6~8 节的腹面消化道下。睾丸表面覆有一层膜鞘,

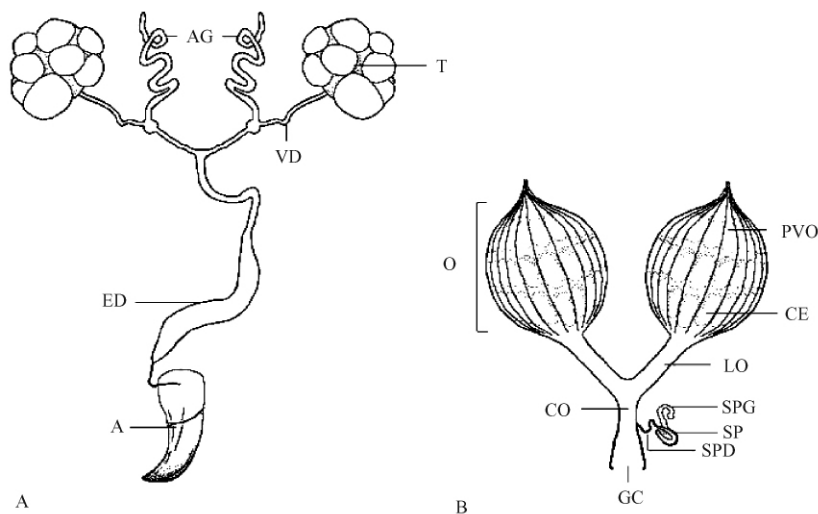


图1 大猿叶虫雄虫(A)和雌虫(B)内生生殖系统模式图

雄虫(A):A—阳茎,AG—附腺,ED—射精管,T—睾丸,VD—输精管;雌虫(B):CE—成熟卵粒,CO—总输卵管,GC—泄殖腔,LO—侧输卵管,O—卵巢,PVO—未成熟卵母细胞,SP—受精囊,SPD—受精囊管,SPG—受精囊腺。

膜鞘颜色随发育状态不同而呈乳白色至淡黄色。无明显的贮精囊。输精管呈薄管状结构,前后宽度基本一致;其从睾丸腹侧开始,通过一个腺体 prostata 与侧射精管相连;腺体 prostata 上具一条缠绕的附腺。一对侧射精管交汇后形成总射精管,与射精囊相连。射精囊壁被肌肉层包裹,通过阳茎伸出体外。

大猿叶虫雌成虫内生生殖系统包括:一对卵巢(ovarie)、侧输卵管(lateral oviduct)、总输卵管(common oviduct)、泄殖腔(genital chamber)和具有腺体的受精囊(spermatheca)(图1:B)。未性成熟成虫的卵巢位于腹部6~7节的消化道两侧。随卵母细胞的发育和成熟,卵巢逐渐变大,甚至几乎占据整个腹部。未成熟的卵巢呈白色,成熟后呈淡桔黄色。每个卵巢由12~16根卵巢管构成。从卵巢延伸出管状的侧输卵管,一对侧输卵管交汇成总输卵管,总输卵管端部开口成泄殖腔。一鞣化受精囊具有自身腺体,通过一条很细的鞣化受精囊管与泄殖腔相连。

2.2 大猿叶虫滞育进程中成虫内生生殖系统的变化特征

在大猿叶虫滞育和滞育后的不同发育阶段,雄成虫内生生殖系统最明显的变化在于附腺

和射精管的发育程度(图2)。刚进入滞育和滞育中的雄成虫,其附腺和射精管均不发达,几乎与羽化初期成虫一致,略呈乳白色,透明,附腺和输精管几乎等粗(图2:a,b)。滞育解除后未取食的雄成虫,其附腺膨大,粗于输精管,略呈乳白色;射精管略膨大,半透明,呈乳白色(图2:c);滞育解除后供食的雄成虫,其附腺膨大,显著粗于输精管,呈乳白色,几乎不透明;射精管明显膨大,呈淡桔黄色,不透明(图2:d)。

在大猿叶虫滞育和滞育后的不同发育阶段,雌成虫内生生殖系统最明显的变化在于卵巢的发育程度(图3)。刚进入滞育的雌成虫,其卵巢小,略呈乳白色,透明,卵巢小管中无明显分化的卵母细胞,侧输卵管和总输卵管透明,几乎与羽化初期雌成虫一致(图3:a)。处于滞育中的雌成虫,其卵巢小,卵巢结合紧,乳白色,略大于刚进入滞育个体的卵巢,但在卵巢小管中可见已分化的卵母细胞,且少数卵巢小管的基部可见具卵黄原沉淀的卵粒,侧输卵管和总输卵管仍透明(图3:b)。滞育解除后未取食的雌成虫,其卵巢明显膨大,卵巢小管分离,可见大量成形卵粒,部分卵粒可见卵黄原沉淀,侧输卵管和总输卵管乳白色,几乎不透明(图3:c)。滞育解除后取食的雌成虫,其卵巢膨大,卵巢小

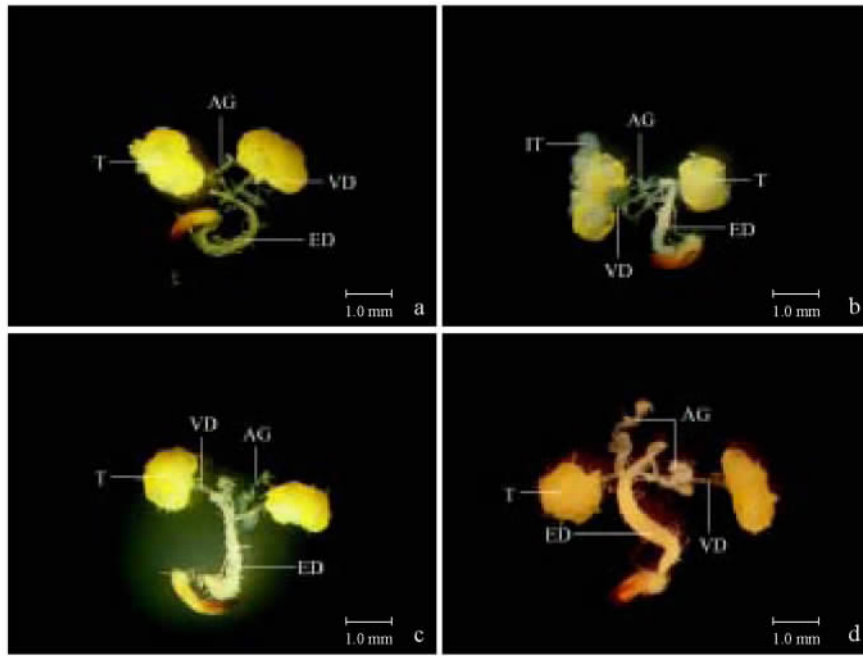


图2 大猿叶虫滞育时程中雄成虫内生生殖系统的发育状态

a. 滞育初期成虫;b. 滞育中(已经历滞育约9个月)的成虫;c. 滞育解除(滞育期约为9个月)后出土未取食成虫;
d. 滞育解除(滞育期约为9个月)后出土取食3 d的成虫。AG—附腺,ED—射精管,IT—睾丸内含物,T—睾丸,VD—输精管。

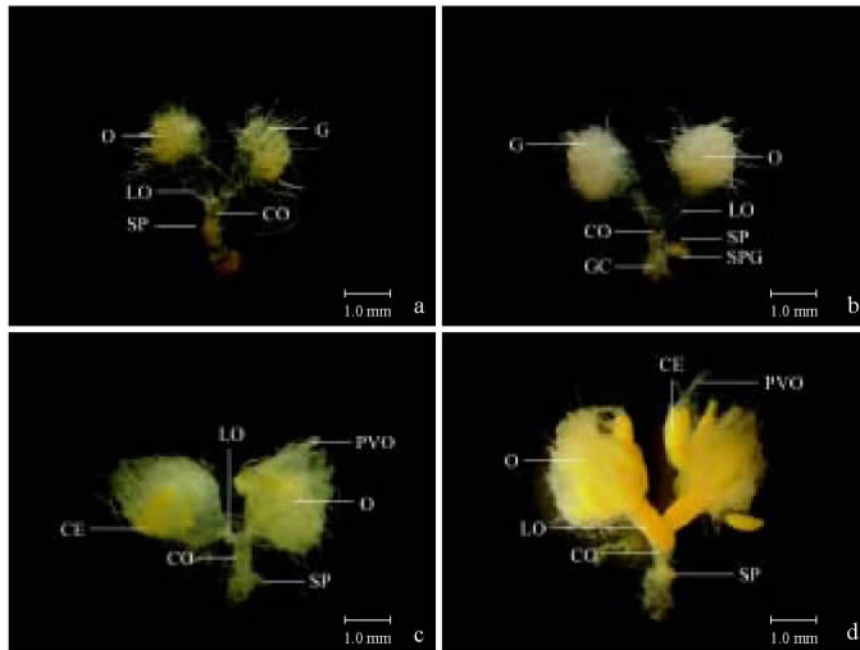


图3 大猿叶虫滞育时程中雌成虫内生生殖系统的发育状态

a. 滞育初期成虫;b. 滞育中(已经历滞育约9个月)的成虫;c. 滞育解除(滞育期约为9个月)后出土未取食成虫;d. 滞育解除
(滞育期约为9个月)后出土取食3 d的成虫。CE—成熟卵粒,CO—总输卵管,G—原卵区,LO—侧输卵管,O—卵巢,
PVO—未成熟卵母细胞,SP—受精囊,SPG—受精囊腺。

管分离,可见大量成熟卵粒,侧输卵管和总输卵管中可见待产的卵(图3:d)。

3 讨论

3.1 大猿叶虫雌雄成虫内生生殖系统结构

大猿叶虫雄成虫的内生殖系统基本结构与已报道的叶甲科昆虫内生生殖系统的结构基本一致^[6]。在不同的叶甲科昆虫中,雄成虫的输精管和贮精囊被认为存在很大变异^[6]。输精管不分化成两部分,但某一部分会被认为是贮精囊,如跳甲 *Longitarsus nigripennis*^[6,7]。在大猿叶虫雄成虫中,不能区分出贮精囊,这与小猿叶甲 *Phaedon brassicae* 中观察到的结果一致^[8],可能输精管的所有部分均起到贮精囊的作用^[9]。大猿叶虫雌成虫的内生殖系统基本结构也与已报道的叶甲科昆虫内生生殖系统的结构接近^[7],无明显变异。

3.2 大猿叶虫滞育进程中成虫内生生殖系统的变化

成虫滞育的最重要特征就是生殖受到抑制^[5],但滞育昆虫并非完全不发育,而是一种缓慢的发育状态^[5]。大猿叶虫成虫滞育可以通过行为特征来判别,滞育成虫取食一段时间后即入土滞育^[1]。本研究发现,大猿叶虫成虫滞育的起始阶段,内生生殖系统发育受到了抑制;这与很多成虫滞育的昆虫是一致的^[5]。在滞育进程中,大猿叶虫内生生殖系统处于缓慢发育状态,滞育雌成虫的卵巢已发育,卵巢小管中能见到已分化的卵母细胞,少数卵巢小管基部的卵粒有卵黄原沉淀。在步甲 *Pterostichus angustatus* 中也存在这种现象,低水平的 JH 允许滞育雌成虫的卵巢发育^[5]。大猿叶虫滞育进程中雄成虫内生生殖系统与滞育初期相比并无明显变化,附腺可能仍处于原始状态,不具有分泌活性^[10]。滞育解除后未取食的大猿叶虫雌雄成虫的内生殖系统均已发育成熟,表明在滞育前积累的代谢物质中,部分代谢物质是滞育后生殖系统发育和滞育后恢复活动、寻找寄主所必需的^[11],而滞育解除后剩余贮存代谢物质的多少可能影响到大猿叶虫的滞育后生物学特

征^[1]。滞育后取食成虫的生殖系统解剖表明,只有通过取食补充代谢物质,滞育后大猿叶虫成虫才能正常交配和产卵,这对完成滞育后发育至关重要^[5]。

综上所述,大猿叶虫成虫内生生殖系统的形态解剖研究表明,滞育成虫在滞育期间能够缓慢发育,部分滞育前积累的代谢物质被用于滞育后发育,但只有经过取食,成虫才能充分发育和繁殖。本研究结果为以大猿叶虫为材料阐明昆虫滞育的能量代谢机制和昆虫滞育后生物学特性变异提供了重要参考。

参 考 文 献

- 薛芳森,李爱青,朱杏芬,等. 大猿叶虫生活史的研究. 昆虫学报, 2002, 45(4): 494~498.
- Xue F. S., Spieth H. R., Li A. Q., et al. The role of photoperiod and temperature in determination of summer and winter diapause in the cabbage beetle, *Colaphellus bowringi* (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Insect Physiol.*, 2002, 48(3): 279~286.
- Hodek I. Controversial aspects of diapause development. *Eur. J. Entomol.*, 2002, 99(2): 163~173.
- Wang X. P., Xue F. S., Hua A., et al. Effects of diapause on future reproduction in the cabbage beetle, *Colaphellus bowringi*: positive or negative? *Physiol. Entomol.*, 2006, 31(2): 190~196.
- Tauber M. J., Tauber C. A., Masaki S. Seasonal Adaptations of Insect. New York and Oxford: Oxford University Press. 1986. 151~158.
- Suzuki K. Comparative morphology of the internal reproductive system of the Chrysomelidae (Coleoptera). In: Jolivet P., Petitpierre E., Hsiao T. H. (eds.). *Biology of Chrysomelidae*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 1988. 317~355.
- Devasahayam S., Vidyasagar P. S. P. V., Koya K. M. A. Reproductive system of pollu beetle, *Longitarsus nigripennis* Motschulsky (Coleoptera: Chrysomelidae), a major pest of black pepper, *Piper nigrum* Linnaeus. *J. Entomol. Res.*, 1998, 22(1): 77~82.
- Wang X. P., Zhou X. M., Wang Y. Y., et al. Internal reproductive system and diapausing morphology of the brassica leaf beetle *Phaedon brassicae* Baly (Coleoptera: Chrysomelidae: Chrysomelinae). *Coleopt. Bull.*, 2007, 61(3): 457~462.
- Gerber G. H., Neill G. B., Westdal P. H. The anatomy and histology of the internal reproductive organs of the sunflower

- beetle, *Zygogramma exclamanonis* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Can. J. Zool.*, 1978, **56**(12): 2 542 ~ 2 553.
- 10 de Wilde J. Endocrine aspects of diapause in the adult stage. In: Downer R. G. H., Laufer H. (eds.). *Endocrinology of Insects*. Alan R Liss, New York. 1983. 357 ~ 367.
- 11 Hahna D. A., Denlinger D. L. Meeting the energetic demands of insect diapause: Nutrient storage and utilization. *J. Insect Physiol.*, 2007, **53**(8): 760 ~ 773.

* * * * *

《昆虫知识》2010 年第 47 卷第 6 期要目预告

综述和进展

蜜蜂群内生殖分工体系的形成及其维持

..... 郑火青 等

西花蓟马的抗药性及其治理策略

龚佑辉 等

吸血蠓及其传播的疾病

王飞鹏 等

研究论文

刺槐叶瘿蚊成虫行为学特征及性诱效果的研究

..... 吉志新 等

沈阳地区国槐尺蠖发生规律研究

苏宝玲 等

苦李山茱萸及板栗与茶间作增进昆虫多样性的效应

..... 吴满霞 等

北京地区红脂大小蠹空间分布型与抽样技术研究

..... 潘 杰 等

玉米螟生物防治措施的复合应用研究

张振铎 等

荒漠景观下柠条豆象的空间分布及其对景观斑块格局的反应

张大治 等

五种不同苜蓿品种对苜蓿斑蚜实验种群存活率和

生殖力的影响及抗性分析

马建华 等

抗除草剂转基因水稻对两种刺吸性害虫和两种

天敌的影响

蒋显斌 等

迁粉蝶雌性生殖系统结构研究

王晓芳 等

麦蚜 Cdc42 基因的准确组织定位和定量分析方法

研究

于文娟 等

肠道共生细菌预发酵鸡粪对黑水虻生长发育的影响

..... 喻国辉 等

沙蒿大粒象触角感器的扫描电镜观察

刘鑫海 等

外来害虫双钩巢粉虱在海南的发生及温度对其

发育的影响

朱文静 等

橘园蓟马的种类、发生规律及防治研究 ...

秦元霞 等

拟小食螨瓢虫捕食六点始叶螨的初步观察

..... 张方平 等