

# 七星瓢虫的卵黄发生:保幼激素类似物 对卵黄原蛋白合成的调节

张建中 翟启慧

(中国科学院动物研究所)

**摘要** 本文用脂肪体体外培养方法,研究了取食天然食物和基础人工饲料的七星瓢虫雌虫中卵黄原蛋白、其他分泌蛋白和RNA合成的发育期变化,以及保幼激素类似物ZR-512的调节作用。结果表明:(1)取食蚜虫的雌虫脂肪体羽化后3天即开始合成卵黄原蛋白。11天时合成急剧上升,13天到达最高峰。脂肪体RNA的合成随发育天数而逐渐上升,第9天出现高峰。(2)取食基础人工饲料的雌虫脂肪体合成卵黄原蛋白的能力很弱,在羽化后20天内一直停留在极低的水平,所合成的卵黄原蛋白仅为取食蚜虫时合成高峰的3%。其他分泌蛋白的合成被抑制的程度小得多。脂肪体的RNA合成也一直比较低。(3)取食基础人工饲料的雌虫点滴或喂食ZR-512后,卵黄原蛋白的合成在高峰期比对照组分别增加44倍和67倍。而其他分泌蛋白的合成仅比对照组提高近3倍,表明保幼激素对卵黄原蛋白合成有特别明显的促进作用。激素处理后脂肪体RNA的合成比对照组提高6—7倍,证明保幼激素作用于转录水平。

**关键词** 七星瓢虫 卵黄发生 脂肪体 卵黄原蛋白合成 RNA合成 保幼激素类似物 人工饲料

## 前 言

卵生动物卵子发生的一个显著特征是沉积卵黄作为胚胎发育的营养来源。在昆虫中,卵黄蛋白(vitellin)的前体卵黄原蛋白(vitellogenin)主要由脂肪体合成并分泌到血淋巴,然后被发育的卵母细胞摄取。多数昆虫卵黄原蛋白的合成是受保幼激素调节(龚和、翟启慧,1979; Hagedorn和Kunkel, 1979; Engelmann, 1979)。在蚌蠊(Engelmann, 1976)和蝗虫(Chen和Wyatt, 1981; Chinzei等, 1982)中,已证明保幼激素对卵黄原蛋白合成的调节作用是在转录水平。但是,在蚊虫(Fallon等, 1974; Kelly等, 1981)、果蝇(Jowett和Postlethwait, 1980)、麻蝇(DeLoof等, 1981)、大马利筋长蝽(Rankin和Jäckle, 1980)等昆虫中,都已证明蜕皮素参与卵黄原蛋白合成的调节。

近年来对七星瓢虫的研究结果表明,保幼激素类似物对七星瓢虫雌虫的生殖有明显的促进作用。用保幼激素类似物处理后,取食蚜虫的雌虫能提前产卵,并明显地增加产卵量(仇序佳等, 1981)。在喂食人工饲料的情况下,添加保幼激素类似物能提高产卵雌虫的百分率,缩短产卵前期,并在一定程度上增加产卵量(陈志辉等, 1984)。我们在七星瓢虫卵黄发生的研究中,更直接地证明了保幼激素类似物促进卵黄原蛋白的合成。用保幼激素类似物处理雌虫后,血淋巴中卵黄原蛋白的含量明显提高(龚和等, 1980); [ $^{14}\text{C}$ ]甘氨酸参入血淋巴中卵黄原蛋白的比放射性增加(龚和等, 1982),脂肪体在体内和体外合成卵黄原蛋白的能力显著提高(Zhai等, 1984; 翟启慧、张建中, 1984)。为了进一步阐明七星瓢虫中保幼激素调节卵黄原蛋白合成的规律,我们在过去工作的基础上,采用体外

培养方法,系统地研究了取食蚜虫与人工饲料的雌虫羽化后不同时期脂肪体中卵黄原蛋白和 RNA 合成的变化,以及保幼激素类似物对取食人工饲料的雌虫脂肪体中卵黄原蛋白和 RNA 合成的调节。本文报道这两方面的结果。

## 材 料 与 方 法

**实验材料** 1983年4月中旬及5月下旬分别在云南昆明地区及北京地区麦田采得七星瓢虫第一代蛹,在室内羽化后,选择同一天羽化的成虫按实验要求喂食不同饲料。取食蚜虫的瓢虫饲养在玻璃瓶中,喂菜蚜。取食人工饲料的瓢虫饲养在9厘米直径的培养皿中,喂鲜猪肝加糖(5:2,重量比)基础人工饲料或添加ZR-512的人工饲料,配方为基础饲料、水、100微克ZR-512/微升橄榄油、玉米油(100:10:0.1:1,重量比)(陈志辉等,1984)。光照24小时,温度25℃,湿度75%。

**激素处理** 保幼激素类似物ZR-512(美国Zoecon公司出品,比重0.8955,纯度82.7%)以丙酮为溶剂,稀释成每微升含100微克。取食基础人工饲料的瓢虫在羽化后第3天用微量注射器在每头雌虫腹部背板上点滴1微升。

**脂肪体的体外培养** 在冷的七星瓢虫生理盐水中解剖取出脂肪体(连同腹部背面表皮),洗净后,放在每毫升含有 $[^3\text{H}]$ 亮氨酸(比活52居里/毫克分子,上海原子核研究所生产)和 $[^3\text{H}]$ 尿嘧啶核苷(比活20居里/毫克分子,上海原子核研究所)各0.5毫居里的培养液中,在27℃保温4小时。一般5个脂肪体用培养液100微升(翟启慧、张建中,1984)。

**卵黄原蛋白的测定** 脂肪体合成并分泌到培养液中的卵黄原蛋白,用免疫沉淀方法分离,然后测定其放射性,具体步骤如下:取40微升培养液加10微克提纯的卵黄蛋白(龚和等,1980)作为载体,加10微升10倍浓度的磷酸缓冲液(1M, pH7.5,含10% Triton X-100和10%脱氧胆酸钠),加40微升卵黄蛋白的抗血清(龚和等,1980),对照加正常兔血清。在37℃水浴中保温1小时,冰箱过夜。抗原抗体沉淀用磷酸缓冲液(0.1M, pH7.5,含0.9% NaCl,1% Triton X-100和1%脱氧胆酸钠)洗五次。洗净的沉淀用0.5N NaOH溶解,加1NHCl中和,然后加5毫升含Triton X-100的甲苯闪烁液,用LKB液闪计数器测定。

**培养液中总蛋白的测定** 取40微升培养液,加10微克牛血清清蛋白,加40微升10%三氯乙酸,冰箱过夜。沉淀用5%三氯乙酸洗五次,洗净的沉淀按上述方法溶解后计数。培养液中其它分泌蛋白的含量,用培养液中总蛋白的计数减去培养液中卵黄原蛋白的计数。

**脂肪体组织中RNA的测定** 我们参照Chen和Wyatt(1979)的方法,将培养后的脂肪体组织,在含10%乙酸钠的95%乙醇中匀浆,离心后,沉淀用乙醇:乙醚(3:1)洗两次,乙醚洗两次,冷0.3N HClO<sub>4</sub>洗一次。洗净的沉淀加0.3N NaOH,在37℃水解3小时,然后加1N HClO<sub>4</sub>酸化。将离心后的水解液进行液闪计数。

## 实 验 结 果

### 一、取食蚜虫的雌虫脂肪体中卵黄原蛋白和其他分泌蛋白的合成

用体外同位素参入方法,测定了取食蚜虫的雌虫在不同发育阶段脂肪体中卵黄原蛋白和其他分泌蛋白的合成(图1)。我们看到,在取食天然饲料的正常情况下,雌虫羽化后脂肪体中卵黄原蛋白的合成开始得比较早。大约在羽化后第3天 $[^3\text{H}]$ 亮氨酸就开始参入新合成的卵黄原蛋白,然后逐渐上升。在第5天时脂肪体合成的分泌蛋白总量还很低,此时卵黄原蛋白的合成虽也不高,但可占总分泌蛋白的26%。第5天以后卵黄原蛋白的合成有所下降。到第7天其他分泌蛋白的合成明显上升,此时,合成的卵黄原蛋白仅占总分泌蛋白的10%。此后,卵黄原蛋白的合成又随发育期缓慢上升。到11天以后合成急剧上升,在13天到达最高峰,此时合成的卵黄原蛋白占总分泌蛋白的34%。不同发育期脂肪体其他分泌蛋白的合成与相应时期卵黄原蛋白的合成有相似的规律性,也是在13天达到最高峰。只是在早期,其他分泌蛋白的合成没有明显起伏。

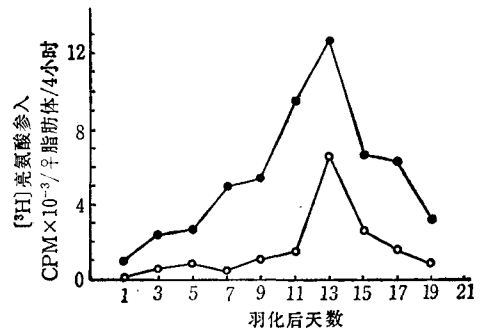


图1 取食蚜虫的雌虫脂肪体在体外的蛋白质合成(每点5头雌虫的平均值)

○——○卵黄原蛋白 ●——●其他分泌蛋白

## 二、取食基础人工饲料的雌虫脂肪体卵黄原蛋白和其他分泌蛋白的合成

过去的工作表明,用肝蜜糖或肝糖人工饲料喂养七星瓢虫,产卵雌虫的百分率很低,而且产卵前期延长,产卵量很少(动物研究所等,1977;陈志辉等,1984)。我们用体外培养方法对取食肝糖基础饲料的雌虫脂肪体在不同发育阶段卵黄原蛋白和其他分泌蛋白的合成进行了测定,其结果与上述取食蚜虫者截然不同(图2)。总的来看,取食基础饲料的雌虫脂肪体卵黄原蛋白的合成能力很弱,而且在羽化后20天内一直停留在极低的水平。在发育初期,卵黄原蛋白合成的变化趋势与取食蚜虫的有相似之处。大约在羽化后第3天 $[^3\text{H}]$ 亮氨酸开始参入新合成的卵黄原蛋白,到第5天合成的卵黄原蛋白占总分泌蛋白的13%。但是,取食人工饲料时卵黄原蛋白合成的强度远比取食蚜虫的要低,在第5天大约只相当于取食蚜虫的1/3,到第7天卵黄原蛋白合成下降,以后也不再上升,合成的卵黄原蛋白一直维持在总分泌蛋白的5%左右。仅相当于取食蚜虫时合成高峰的3%(表1)。其他分泌蛋白的合成在第7天以前有明显增长,7—13天之间基本不变,以后又开始上升。由以上结果可以看出,七星瓢虫取食人工饲料时,脂肪体的蛋白质合成受到明显的影响,卵黄原蛋白合成被抑制的程度比其他分泌蛋白更大。

## 三、取食蚜虫与取食人工饲料的雌虫脂肪体中RNA的合成

我们观察了取食蚜虫和人工饲料的两组雌虫在不同发育阶段 $[^3\text{H}]$ 尿嘧啶核苷在体外参入脂肪体中RNA的数量变化(图3)。取食蚜虫的雌虫羽化后脂肪体RNA中 $[^3\text{H}]$ 尿嘧啶核苷的参入随发育天数而逐渐增高。在第9天时参入出现高峰。这正好可以说明脂肪体卵黄原蛋白和其他分泌蛋白的合成在9天以后急剧上升,在第13天出现高峰(图1)的情况。从图3可看出,与取食蚜虫的相比,取食人工饲料的雌虫脂肪体中 $[^3\text{H}]$ 尿嘧啶核苷参入RNA的量明显较低,在羽化后第13天时稍有增高。这一情况与卵黄原蛋白和其他分泌蛋白的合成所表现的特点(图2)完全相符。以上结果说明七星瓢虫取食人工

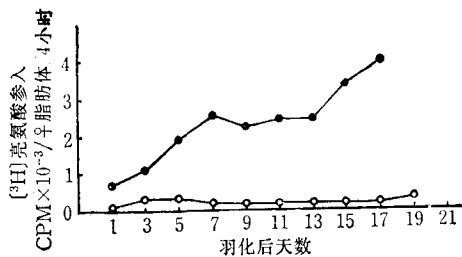


图2 取食基础人工饲料的雌虫离体脂肪体中蛋白质的合成(每点5头雌虫的平均值)

○——○卵黄原蛋白 ●——●其他分泌蛋白

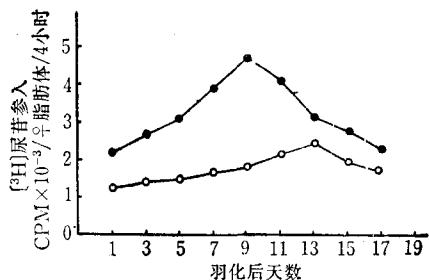


图3 取食不同食物的雌虫脂肪体在体外的RNA合成

○——○基础人工饲料 ●——●蚜虫

饲料也影响脂肪体的核酸代谢。

#### 四、保幼激素对脂肪体卵黄原蛋白与 RNA 合成的调节

将新羽化的雌虫分为三组，一组喂基础饲料，于第3天点滴 ZR-512。另一组以添加 ZR-512 的人工饲料喂养，对照组喂基础饲料。结果(图4、表1)看来，不论是点滴还是喂食 ZR-512，雌虫脂肪体中卵黄原蛋白的合成均比对照组明显提高。羽化后第3天点滴 ZR-512 后，第5天卵黄原蛋白合成比对照组增加1.5倍，第11天增加27倍，第17天增加44倍(图4:A、表1)。此时卵黄原蛋白合成到达高峰，合成的卵黄原蛋白占总分泌蛋白的56%，比对照组提高12倍。羽化后以添加 ZR-512 的人工饲料喂食的雌虫，到第5天脂肪体中卵黄原蛋白的合成比对照组提高4.5倍，第11天提高15倍，第17天提高35倍(图4:A)。该组在第19天到达卵黄原蛋白合成高峰，这时所合成的卵黄原蛋白为对照组的67倍(表1)，卵黄原蛋白占总分泌蛋白的62%，比对照组高14倍。以上结果充分说明保幼激素对七星瓢虫脂肪体的卵黄原蛋白的合成有显著的促进作用。

保幼激素类似物 ZR-512 对脂肪体其他分泌蛋白的合成也有一定的促进作用。激素处理后，各发育阶段脂肪体中其他分泌蛋白的合成均有提高(图4:B)。点滴与喂食 ZR-512 的两组雌虫，在合成高峰期脂肪体所合成的其他分泌蛋白均比对照组提高近3倍(表1)。因此，保幼激素对脂肪体其他分泌蛋白合成的促进作用远不如促进卵黄原蛋白合成那样显著，说明保幼激素的调节作用有明显的选择性。

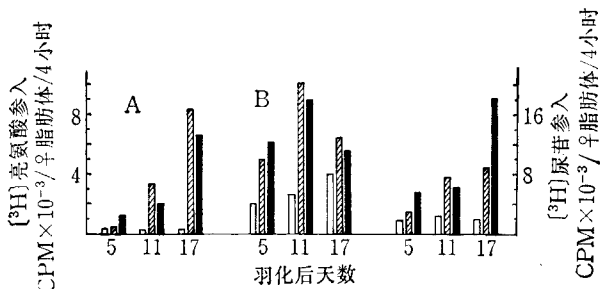


图4 保幼激素类似物 ZR-512 对脂肪体卵黄原蛋白、其他分泌蛋白和 RNA 合成的调节作用

A. 卵黄原蛋白 B. 其他分泌蛋白 C. RNA

□基础人工饲料 ▨点滴 ZR-512 ■喂食 ZR-512

用 ZR-512 点滴或喂食的雌虫, [ $^3\text{H}$ ] 尿嘧啶核苷参入脂肪体 RNA 的量明显提高(图 4:C)。在合成高峰期, 脂肪体 RNA 中 [ $^3\text{H}$ ] 尿嘧啶核苷的参入比对照组提高 6—7 倍(表 1)。表明保幼激素对脂肪体 RNA 的合成有明显的促进作用。脂肪体中 RNA 合成高峰的出现在卵黄原蛋白合成高峰之前。点滴组 RNA 合成高峰在第 15 天, 卵黄原蛋白合成高峰在第 17 天; 喂食组 RNA 和卵黄原蛋白高峰分别比点滴组晚 2 天。

将以上结果与取食蚜虫的雌虫中所得结果相比较(表 1), 可以看到, 取食人工饲料的雌虫用 ZR-512 处理后, 卵黄原蛋白和 RNA 的合成均可超过取食蚜虫的正常水平, 喂食组的效果更为显著。

表 1 保幼激素类似物 ZR-512 对卵黄原蛋白、其他分泌蛋白和 RNA 合成的促进作用

组 别	卵黄原蛋白		其他分泌蛋白		RNA	
	最高计数*	倍数**	最高计数*	倍数**	最高计数*	倍数**
基础饲料	189	1	3,966	1	2,542	1
点滴 ZR-512	8,354	44	10,530	2.7	14,936	5.9
喂食 ZR-512	12,701	67	11,675	2.9	18,320	7.2
蚜 虫	6,614	35	12,791	3.2	4,719	1.9

\* 合成高峰期(各组不在同一天)的 CPM/♀ 脂肪体/4 小时。

\*\* 与取食基础饲料的对照组相比的倍数。

## 讨 论

我们利用体外培养方法, 研究了取食不同饲料的七星瓢虫脂肪体中卵黄原蛋白合成的规律; 观察到在取食蚜虫的正常情况下, 羽化后第 3 天脂肪体就开始合成卵黄原蛋白。这与我们已报道过的取食蚜虫的雌虫在羽化后第 4 天血淋巴中出现卵黄原蛋白(龚和等, 1980)是相符合的。因此, 在七星瓢虫中, 脂肪体的卵黄原蛋白合成开始得很早。在许多昆虫中已经证明, 交配活动是激活并维持咽侧体活动, 从而起动物卵黄发生的一种重要的刺激(龚和、翟启慧, 1979)。七星瓢虫的交配活动最早出现在羽化后第 4 天(王宗舜等, 1977)。所以其卵黄原蛋白的合成开始于交配活动之前。已经报道过, 在七星瓢虫中, 交配活动只对雌虫排卵起重要作用, 而对卵巢发育和卵的成熟无明显促进(王宗舜等, 1977)。我们已证实七星瓢虫卵黄原蛋白的合成是受保幼激素控制的, 因此在这种昆虫中咽侧体的激活和卵黄发生的起并不依赖于交配的刺激。羽化后第 3 天雌虫的咽侧体在体外培养时有一定的合成活性(关雪辰, 待发表资料)直接证实了这一点。

我们将雌虫脂肪体中卵黄原蛋白合成的发育期变化, 与过去已报道的雌虫取食量(陈志辉等, 1980)和体重, 脂肪体、卵巢(龚和等, 1980)的变化进行了对比。七星瓢虫取食蚜虫时, 羽化初期有明显的盛食期, 第 4 天即达取食高峰。此阶段体重迅速增加, 脂肪体大量积累, 脂肪体中卵黄原蛋白的合成也是明显上升的。以后几天中, 脂肪体不再继续增长, 卵黄原蛋白合成也变化不大。但到第 11 天左右, 脂肪体明显减少, 卵黄原蛋白合成却急剧上升, 很快达到高峰。这时卵巢迅速增重, 并开始产卵。反之, 在取食人工饲料的雌虫中, 脂肪体增重很快, 羽化后 20 天时脂肪体的重量超过取食蚜虫的两倍以上(龚和等, 1980),

但其卵黄原蛋白的合成却一直停留在极低的水平。以上情况说明,在七星瓢虫中,卵黄原蛋白合成的能力取决于脂肪体的功能状态(有关基因的启动),而不依赖于量的积累。

在许多昆虫中,取食活动和食物刺激是激活内分泌系统的信号。已经报道,取食人工饲料的七星瓢虫,其取食量仅为取食蚜虫的 1/5 (陈志辉等, 1980)。取食人工饲料的雌虫在羽化后 30 天,体内保幼激素的含量仍然很低,仅及取食蚜虫组高峰期的 1/6 (傅贻玲、陈志辉, 1984)。由此可见,七星瓢虫雌虫取食人工饲料时,脂肪体卵黄原蛋白合成水平很低,主要原因是由于取食量太低,使其内分泌系统处于一种几乎不活动的状态。

我们的实验结果证明保幼激素对七星瓢虫脂肪体卵黄原蛋白的合成有非常明显的促进作用。羽化后以添加 ZR-512 的人工饲料喂食的雌虫和羽化后第 3 天点滴 ZR-512 的雌虫,在高峰期卵黄原蛋白的合成分别比对照组提高 67 倍和 44 倍。但是,这两组雌虫脂肪体中其他分泌蛋白的合成,在高峰期只比对照组提高不到 3 倍,所以 ZR-512 对卵黄原蛋白合成的刺激作用比对其他分泌蛋白要突出得多。在马铃薯甲虫(*Leptinotarsa decemlineata*)和大斑蝶(*Danaus plexippus*)中,保幼激素只刺激卵黄原蛋白合成,其他分泌蛋白(或血淋巴蛋白)的合成不受影响(Dortland, 1979; Pan 和 Wyatt, 1976)。而在蜚蠊(*Leucophaea maderae*)和飞蝗(*Locusta migratoria*)中,保幼激素对其他分泌蛋白(或血淋巴蛋白)的合成也有一定程度的促进作用(Koeppe 和 Ofengand, 1976; Chen 等, 1979)。我们在七星瓢虫中所得到的结果与后两种昆虫中相同。

Engelmann (1976) 在保幼激素诱导蜚蠊卵黄原蛋白合成的研究中,主要根据 RNA 聚合酶 II 的特异性抑制剂  $\alpha$ -鹅膏蕈碱对卵黄原蛋白合成的抑制作用,提出了保幼激素的作用是在转录水平控制卵黄原蛋白 mRNA 的合成。Chinzei 等(1982)在飞蝗中测定了保幼激素类似物处理后,脂肪体中卵黄原蛋白 mRNA 含量的变化,更为直接地证明了保幼激素是选择性地作用于卵黄原蛋白基因的转录。非常可能,这也适用于保幼激素控制卵黄原蛋白合成的其他昆虫种类中。我们在七星瓢虫中观察到在 ZR-512 的作用下,脂肪体中 [ $^3\text{H}$ ] 尿嘧啶核苷的参入明显提高,表明保幼激素作用于转录水平,促进 RNA 的合成。但是,还需要进一步的工作,直接证明在七星瓢虫中保幼激素促进卵黄原蛋白 mRNA 的合成。

取食人工饲料的雌虫用 ZR-512 处理后,脂肪体中卵黄原蛋白的合成可超过取食蚜虫的正常水平(表 1)。但是,其产卵量至多只达到取食蚜虫时的一半左右(陈志辉等, 1984)。我们分析可能是由于:(1)能否形成成熟的卵,不仅取决于激素水平是否足以激发和维持卵黄发生,也取决于卵黄发生的物质基础是否丰富。取食人工饲料的雌虫取食量小,食物利用率和在体内的转化效率都低,在激素作用下,尽管都有所增加,但仍低于正常水平,特别是在中、后期(陈志辉等, 1980; 1984)。虽然脂肪体的合成能力大大提高,但在营养物质不够充足的情况下,发育的卵母细胞就被重吸收。在 ZR-512 处理的雌虫中,我们的确观察到卵母细胞的重吸收。(2)产卵量的多少不仅有赖于成熟卵能否形成,而且与能否顺利排卵有关。我们观察到在点滴 ZR-512 的雌虫体内,有些卵成熟后并不产出。这些长期不能产出的成熟卵,外壳变为浅褐色。所以我们认为,激素处理的雌虫产卵量少的原因之一,可能是排卵受到影响。至于为什么不能顺利排卵尚待进一步探讨。

从点滴与喂食 ZR-512 的两组结果来看,促进 RNA 和卵黄原蛋白合成的效果,喂食

比点滴更为明显。我们认为,一方面是因为在添加 ZR-512 的人工饲料中含有少量的橄榄油和玉米油,前者已被证明对七星瓢虫具有保幼激素类似物的效应(仇序佳等,1981);后者则有提高食物利用率和转化效率的作用(陈志辉等,1984)。另一方面,喂食 ZR-512 可使保幼激素类似物在体内始终维持一定水平,应该比一次性点滴的效果更好。

### 参 考 文 献

- 王宗舜等 1977 七星瓢虫生殖的观察。昆虫学报 20(4): 397—404。
- 仇序佳等 1981 昆虫保幼激素类似物对七星瓢虫成虫生殖的效应。动物学集刊 1: 185—92。
- 动物研究所昆虫生理室等 1977 七星瓢虫成虫代饲料的研究。昆虫学报 20(3): 243—52。
- 陈志辉等 1980 食料对七星瓢虫取食和生殖的影响。昆虫学报 23(2): 141—8。
- 陈志辉等 1984 人工饲料中添加脂类和昆虫保幼激素类似物对七星瓢虫取食和生殖的影响。昆虫学报 27(2): 136—46。
- 龚和、翟启慧 1979 昆虫卵黄原蛋白和卵黄发生。昆虫学报 22(27): 219—36。
- 龚和等 1980 七星瓢虫的卵黄发生: 卵黄原蛋白的发生和取食代饲料的影响。昆虫学报 23(3): 252—9。
- 龚和等 1982 七星瓢虫卵黄原蛋白的合成。动物学集刊 2: 175—81。
- 傅贻玲、陈志辉 1984 七星瓢虫雌成虫卵巢发育不同阶段体内保幼激素的含量。昆虫学报 27(3): 268—74。
- 翟启慧、张建中 1984 七星瓢虫的卵黄发生: 体外培养的脂肪体中卵黄原蛋白的合成。昆虫学报 27(4): 361—7。
- Chen, T. T. et al. 1979 Juvenile hormone-controlled vitellogenin synthesis in *Locusta migratoria* fat body. Hormonal induction *in vivo*. *Dev. Biol.* 69: 59—72.
- Chen, T. T. and Wyatt, G. R. 1981 Juvenile hormone control of vitellogenin synthesis in *Locusta migratoria* In: *Regulation of Insect Development and Behaviour*, Ed. by SehnaI, F. et al. pp. 535—66.
- Chinzei, Y. et al. 1982 Vitellogenin mRNA in locust fat body: Identification, isolation and quantitative changes induced by juvenile hormone. *Can. J. Biochem.* 60(3): 243—51.
- De Loof, A. et al. 1981 Role of ecdysones in vitellogenesis in *Sarcophaga bullata*. In: *Regulation of Insect Development and Behaviour*. Ed. by SehnaI, F. et al. pp. 629—35.
- Dortland, J. F. 1979 The hormonal control of vitellogenin synthesis in the fat body of the female Colorado potato beetle. *Gen. Comp. Endocrinol.* 38: 332—44.
- Engelmann, F. 1976 Induction of the insect vitellogenin *in vivo* and *in vitro*. In: *The Juvenile Hormone*. Ed. by Gilbert, L. I. pp. 470—85.
- Engelmann, F. 1979 Insect vitellogenin: Identification, biosynthesis, and role in vitellogenesis. *Adv. Insect. Physiol.* 14: 49—108.
- Fallon, A. M. et al. 1974 Activation of vitellogenin synthesis in the mosquito *Aedes aegypti* by ecdysone. *J. Insect. Physiol.* 20: 1815—23.
- Hagedorn, H. H. and Kunkel, J. G. 1979 Vitellogenin and vitellin in insects *Ann. Rev. Entomol.* 24: 475—505.
- Jowett, T. and Postlethwait, J. H. 1980 The regulation of yolk polypeptide synthesis in *Drosophila* ovaries and fat body by 20-hydroxyecdysone and a juvenile hormone analog. *Dev. Biol.* 80: 225—34.
- Kelly, T. J. et al. 1981 Induction of ovarian development in autogenous *Aedes atropalpus* by juvenile hormone and 20-hydroxyecdysone. *Int. J. Invert. Reprod.* 3: 101—12.
- Koepppe, J. and Ofengand, J. 1976 Juvenile hormone induced biosynthesis of vitellogenin in *Leucophaea maderae*. *Arch. Biochem. Biophys.* 173: 100—13.
- Pan, M. L. and Wyatt, G. R. 1976 Control of vitellogenin synthesis in the Monarch butterfly by juvenile hormone. *Dev. Biol.* 54: 127—34.
- Rankin, M. A. and Jäckle, H. J. 1980 Hormonal control of vitellogenin synthesis in *Oncopeltus fasciatus*. *J. Insect. Physiol.* 26: 671—84.
- Zhai Q.-H. et al. 1984 Vitellogenin synthesis in the lady beetle *Coccinella septempunctata*. *Insect Biochem.* 14: 299—305.

ON THE VITELLOGENESIS OF *COCCINELLA SEPTEMPUNCTATA*:  
REGULATION OF VITELLOGENIN SYNTHESIS  
BY JUVENILE HORMONE ANALOGUE

ZHANG JIAN-ZHONG    ZHAI QI-HUI  
(*Institute of Zoology, Academia Sinica*)

Syntheses of vitellogenin (Vg), other secretory proteins and RNA were investigated in the fat body from adult female *Coccinella septempunctata* at different stages of development by incubation *in vitro* with [<sup>3</sup>H] leucine and [<sup>3</sup>H] uridine. The capacity for Vg synthesis was assayed by radioactive Vg secreted into the medium after specific antibody precipitation. In females feeding on aphids, Vg synthesis began at day 3 after emergence and reached a small peak at day 5, when Vg constituted 26% of the total secreted proteins. Rate of Vg synthesis increased sharply after day 11, and became maximal at day 13. At the maximum, 34% of the total proteins secreted was Vg. In females reared on a basic artificial diet, synthesis of Vg by the fat body was greatly suppressed. [<sup>3</sup>H] leucine incorporation into Vg was first detected at day 3 as it was in normal development, but with a much lower rate. Vg synthesis remain at a very low steady-state level during adult development; the amount of Vg synthesized was only about 5% of the total secretory proteins. Vg produced in females on artificial diet was less than 3% of that in aphid-feeding females at the peak of Vg synthesis. Synthesis of other secretory proteins in females on artificial diet was reduced to a lesser extent.

The incorporation of [<sup>3</sup>H] uridine into fat body RNA increased with time after emergence in females on aphids, and rose to a maximum at day 9, which preceded the major rise in Vg synthesis. In females on artificial diet, incorporation into RNA kept at a relatively low level throughout the adult development.

Stimulation of Vg and RNA synthesis by a juvenile hormone analog ZR-512 was studied in fat body from females reared on artificial diet. When ZR-512 was applied topically at a dosage of 100 g/insect to females at day 3, a more than 40-fold stimulation in Vg synthesis over the control was observed at the stage of maximal synthesis. At this time, newly synthesized Vg made up 56% of the total secretory proteins, being 12 times higher than in the control. When females were kept on an artificial diet containing ZR-512 after emergence, Vg synthesis was stimulated to a greater extent than after a single treatment. These results confirmed the involvement of JH in the regulation of Vg synthesis and secretion in *Coccinella septempunctata*. Hormone treatment produced only a 3-fold increase in the synthesis of other secretory proteins, showing the specificity of JH effect. The incorporation into RNA increased 6—7 times in hormone-treated females. This is consistent with action of JH at the transcriptional level.

**Key words** *Coccinella septempunctata*—vitellogenesis—fat body vitellogenin synthesis—RNA synthesis—juvenile hormone analogue—artificial diet