

人工饲料对龟纹瓢虫生长和繁殖的影响^{*}

张丽莉^{**} 李 恺^{***} 张天澍 王 斌

(华东师范大学生命科学学院 上海 200062)

The effect of the artificial diets on *Propylea japonica* growth and fecundity. ZHANG Li-Li^{**}, LI Kai^{***}, ZHANG Tian-Shu, WANG Bin (School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract *Propylaea japonica* (Thunberg) is subordinated to Coleoptera, Coccinellidae, *Propylaea*. The ladybird preys on many pests in agriculture. Due to large appetite, high fecundity, adaptability and many generations annually, *P. japonica* is one of important predatory natural enemies in agriculture system. Studying the effects of artificial diets on the beetle is the key of the mass rearing. The results implied that fed with diet containing olive oil, the larval's developmental period became longer significantly, while the survival rate of larvae fed with 0.3% olive oil increased remarkably; The weight of ladybird increased rapidly at the initial days after eclosion, and then the increase rate decreased gradually. The dietary sucrose could increase the weight gain rate of female *P. japonica* significantly, but not for the male; As to the fecundity, the female fed on cotton aphid had a long peak of oviposition, while the peak of oviposition of the beetles fed with artificial diets occurred late or the beetles had two lower peaks. The pre-ovipositional period of beetles, which were fed with diets supplemented with 0.3% olive oil, was shortened significantly, reaching the level of the control nearly. And supplementing sucrose in diets could increase the quantity of the oviposition remarkably and shorten the pre-ovipositional period.

Key words *Propylea japonica*, artificial diets, growth, fecundity

摘 要 龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* (Thunberg) 能捕食多种农业害虫, 并且具有食量大、产卵多、适应性强、年发生代数多等特点, 是我国农业生产中一种重要的捕食性天敌昆虫。对龟纹瓢虫人工饲料的研究则是实现其规模化饲养的关键。作者研究不同饲料对龟纹瓢虫生长和繁殖的影响, 结果表明: 添加橄榄油后幼虫发育历期明显增长, 添加 0.3% 的橄榄油能显著提高幼虫的成活率; 在成虫体重增长上, 雌雄虫均表现为在刚羽化后几天内体重增长显著, 随后增长变缓; 并且添加蔗糖能显著提高雌虫的体重增长率而对雄虫作用不显著; 对雌虫繁殖性能的研究发现, 蚜虫喂养组有明显的持续时间较长的产卵高峰期, 而人工饲料的产卵高峰期持续时间较短, 并且出现时间较晚或分为 2 个高峰期; 添加 0.3% 的橄榄油能显著缩短龟纹瓢虫的产卵前期, 几乎达到蚜虫喂养组的水平; 而添加蔗糖在一定程度也能缩短产卵前期, 同时还能显著提高龟纹瓢虫的产卵量。

关键词 龟纹瓢虫, 人工饲料, 生长, 繁殖

农业害虫的天敌防治是实现绿色农业、确保其可持续发展的有效途径, 而天敌昆虫人工饲料的研究则是实现天敌昆虫规模化饲养的关键。20 世纪 60 年代开始对于捕食性天敌昆虫人工饲料进行了大量的研究^[1~6], 涉及到的天敌昆虫包括鞘翅目、脉翅目、半翅目等多个目的多种捕食性天敌昆虫。如 Atallah 和 Newson 首次成功配制具斑食蚜瓢虫 *Coleomegilla maculata* DeGeer 的人工饲料^[1]; Racioppi 等用半合成的添

加肝脏提取物的人工饲料喂养锚斑长足瓢虫 *Hippodamia convergens*^[2]; Nijima 用雄蜂干粉饲养了多种瓢虫^[3]; 中国科学院动物研究所昆虫生理研究室用鲜猪肝、蜂蜜、蔗糖、蜂王浆、维生素 E 和鲜猪胎盘配制的人工饲料饲养七星瓢

^{*} 上海市青年科技启明星计划(No. 04QMX1418)资助。

^{**} E-mail: zhanglili13@163.com

^{***} 通讯作者, E-mail: kaili@bio.ecnu.edu.cn

收稿日期: 2007-03-06, 修回日期: 2007-04-05

虫 *Coccinella septempunctata*^[7]; Hagen 等用酪蛋白水解物、小麦胚提取物、啤酒酵母提取物、蔗糖、大豆油、卵磷脂、胆固醇、胆碱和抗坏血酸等制成的人工饲料大规模饲养草蛉 *Chrysperla carnea*^[8-10]; 赵敬钊等和马安宁等以啤酒酵母、大豆酶解液、鸡蛋黄、蜂蜜及蔗糖为主要成分的人工饲料饲养中华通草蛉 *Chrysperla sinica* 的幼虫, 以啤酒酵母和蔗糖为主要成分的人工饲料饲养其成虫, 结果表明中华大草蛉的幼虫和成虫均能正常生长发育^[11,12]; Cohen 用酪蛋白、酵母水解物、胆固醇、蔗糖、玉米油、卵磷脂、维生素和无机盐等制成的半纯饲料饲养大眼长蝽 *Geocoris punctipes*, 使之从 1 龄幼虫发育致成虫^[13,14]; 周伟儒等用人工卵(II B 型人工饲料, 主要成分为啤酒酵母自溶液、大豆水解液、鸡蛋黄、蜂蜜、蔗糖和亚油酸) 和啤酒酵母液(在酵母粉中加人食糖和水) 饲养东亚小花蝽 *Orius sauteri*, 结果发现人工卵的成虫获得率为 70.80%, 啤酒酵母液的成虫获得率仅为 18.2%^[15]。而龟纹瓢虫因其食量大、产卵多、适应性强、年发生代数多等特点, 具有很大的发展潜力^[6,16]。宋慧英等对龟纹瓢虫的人工饲料进行了初步研究, 但其观察的时间较短, 如成虫产卵量为 10 d 统计数, 且对其生长方面如体重增长等未做报道。因此, 作者在前人研究基础上从龟纹瓢虫人工饲料对其生长、繁殖等方面进行较为全面的研究。

1 材料与方法

1.1 实验材料

于上海市浦东郊区棉田采得龟纹瓢虫 *Protylaea japonica* (Thunberg), 在实验室用棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 喂养。

1.2 实验方法

1.2.1 饲料配制: 饲料 1: 鲜猪肝、蜂蜜(5:1 重量比, 下同); 饲料 2: 鲜猪肝、蜂蜜、蔗糖(5:1:1); 饲料 3: 饲料 2+0.5% 橄榄油; 饲料 4: 饲料 2+0.3% 橄榄油; 饲料 5: 饲料 2+0.1% 橄榄油。

将鲜猪肝用组织捣碎机捣成匀浆, 然后按重量比与其他成分混合均匀, 配成各组, 储存于

冰箱冷冻备用。

1.2.2 幼虫发育历期: 初孵幼虫, 分别用 5 种饲料和蚜虫在自制的养虫板单独饲养, 饲养条件为 22~24℃、相对湿度 RH 70%~80%、光照 L16:D8。每种饲料设置 3 组平行, 每个平行组 10 只瓢虫。每日观察记录幼虫发育进度、各龄幼虫的龄期长短以及存活率等。

1.2.3 成虫体重及产卵: 将用蚜虫喂养的新羽化成虫在 9 cm 的培养皿中配对饲养, 以用棉蚜喂养的瓢虫作为实验对照组。刚羽化的成虫用电子天平称其体重, 然后每 4 d 称 1 次体重, 连续称量 60 d。每种饲料设 20 组平行(共 20 对)。并记录成虫的交配时间、产卵前期、产卵量以及卵重。

1.2.4 数据处理: 体重增长率以成虫羽化后初始平均重量与实验后平均重量的差值占初始平均重量的比例来计算。体重日增长率为体重增长率与达到最大体重所需天数的比值来表示。

实验数据以平均值±标准偏差(Mean±SD)表示。对实验数据先采用 SPSS for Windows 11.0 进行单因素方差分析, 若存在显著性差异, 则用 Duncans 多重比较法确定组间差异, 显著水平设为 0.05。

2 实验结果

2.1 幼虫发育历期

通过对饲料 1 和饲料 2 两组幼虫发育历期的比较, 可见添加蔗糖的饲料 2 与不含蔗糖的饲料 1 在幼虫的各发育历期上没有显著差异($P>0.05$)。仅在整个发育历期上具有显著差异($P<0.05$), 饲料 2 为 17.5 d, 而饲料 1 为 16 d; 但在存活率上, 从表 1 可见添加蔗糖组(38.46%)要高于不添加蔗糖组(33.33%)。通过对饲料 2, 3, 4 和 5 的比较发现, 除了第 3 组(添加 0.5% 橄榄油)幼虫只能发育到 2 龄幼虫, 不能完成整个历期外, 其他 2 组添加橄榄油的实验组均能完成发育历期, 并且在各发育历期上没有显著差异($P>0.05$); 在成活率上饲料 4(82.35%)要明显高于饲料 5(11.76%), 且这 2 组的整个发育历期要显著长于不添加橄榄油的

饲料 2 ($P < 0.05$)。同时,各人工饲料组除了蛹期外,其他虫龄期的时间均显著长于对照蚜虫组 ($P < 0.05$),且成活率也都低于对照组。

表 1 取食不同饲料的龟纹瓢虫幼虫发育历期的比较

饲料编号	1 龄幼虫 (d)	2 龄幼虫 (d)	3 龄幼虫 (d)	4 龄幼虫 (d)	蛹期 (d)	羽化所需天数(d)	成活率(%)
Diet 1	2.81±0.91bc	3.14±2.03a	4.62±2.50a	3.86±3.85b	4.25±0.50a	16.00±0.82c	33.33
Diet 2	2.35±0.56c	2.83±0.86a	4.10±1.10a	4.40±0.70b	3.80±1.03a	17.50±0.97b	38.46
Diet 3	2.61±0.78c	3.25±1.06a	—	—	—	—	0.00
Diet 4	3.44±0.78a	3.88±0.99a	3.50±1.32a	5.20±1.21ab	4.21±1.93a	20.64±1.50a	82.35
Diet 5	3.29±0.92ab	3.25±1.22a	4.44±1.88a	6.43±2.51a	5.50±0.71a	20.50±0.71a	11.76
对照	1.44±0.53d	1.11±0.33b	1.33±0.50b	1.22±1.09c	4.11±1.05a	9.22±0.44d	100.00

注: 同列数学标有相同字母表明组间差异不显著 ($P > 0.05$); 字母不同表明差异组间显著 ($P < 0.05$)。(下表同)

2.2 成虫体重的变化

2.2.1 雌虫体重的变化: 蚜虫和 5 种人工饲料对雌虫生长的影响如图 1 和表 2。从图 1 可见, 蚜虫和人工饲料喂养的雌虫体重变化趋势基本相似, 在刚羽化不久体重急剧增加, 然后随着日龄的增加, 体重增幅减缓。

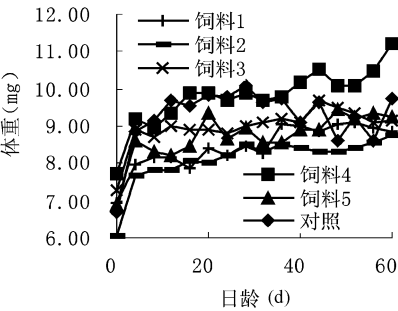


图 1 雌虫体重的变化

在表 2 中, 通过对饲料 1、2 两组的比较可见, 添加蔗糖组(饲料 2)和无蔗糖组(饲料 1), 在体重增长率上有显著性差异 ($P < 0.05$), 分别为 58.82% 和 40.98%, 并且饲料 2 组的体重增长率基本达到蚜虫组(67.07%)的水平, 二者

之间无显著性差异 ($P > 0.05$); 在其他几项如体重日增长率、达到最大体重所需时间上, 饲料 1、2 组以及对照蚜虫组均无显著性差异 ($P > 0.05$)。对添加橄榄油组(3, 4, 5 组)和未添加橄榄油组(2 组)的比较发现, 添加橄榄油组(3, 4, 5 组)的体重增长率(39.12%, 42.18% 和 42.47%)要显著小于未添加橄榄油组(2 组)(58.82%)和蚜虫对照组(67.01%) ($P < 0.05$); 而在体重日增长率和达到最大体重所需时间上, 添加橄榄油组和未添加组以及蚜虫组之间均无显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.2.2 雄虫体重的变化

从图 2 和表 3 中可见蚜虫和 5 种人工饲料对龟纹瓢虫雄虫生长的影响。雄虫的体重变化趋势与雌虫基本相似, 都是在羽化的最初几天, 体重显著增加; 但雄虫在体重增长率上要明显小于雌虫, 而达到最大体重所需时间则短于雌虫。

在表 3 中, 通过对饲料 1(无蔗糖)、饲料 2(有蔗糖)2 组的比较以及对有无橄榄油即 3、4、5 组与 2 组的比较发现, 除了对照蚜虫组的体

表 2 龟纹瓢虫雌虫体重的增长

饲料编号	最小体重(mg)	最大体重 (mg)	所需时间 (d)	体重增长率 (%)	体重日增长率(%)
Diet 1	6.93	9.74	40.33±12.24a	40.98±13.07b	1.20±0.81a
Diet 2	6.05	9.56	50.75±10.30a	58.82±18.28a	1.20±0.41a
Diet 3	7.38	10.23	40.00±16.07a	39.12±7.62b	1.96±2.84a
Diet 4	7.71	10.95	43.06±15.84a	42.18±11.13b	1.20±0.73a
Diet 5	6.91	9.81	41.05±18.42a	42.47±8.45b	1.51±1.40a
对照	6.64	10.81	38.00±15.12a	67.01±25.60a	2.46±2.74a

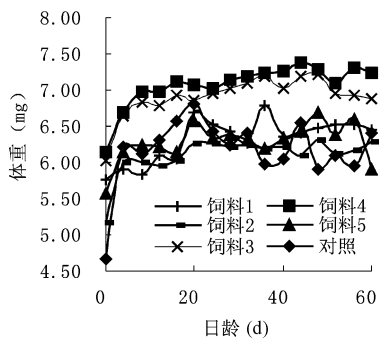


图2 雄虫体重的变化

重增长率(55.73%)显著高于各人工饲料组($P < 0.05$)外,各人工饲料组之间以及人工饲料组与蚜虫对照组之间在体重增长率、日体重增长率以及达到最大体重所需时间上均无显著差异($P > 0.05$)。

2.3 产卵量的比较

图3显示了5种饲料和蚜虫喂养的龟纹瓢虫雌虫产卵量随日龄的变化。从图3中可见,用蚜虫喂养的瓢虫从第10天开始出现产卵高峰期,并持续20多天,平均日产卵量在20粒左

表3 雄虫体重的增长

饲料编号	最小体重(mg)	最大体重 (mg)	所需时间(d)	体重增长率(%)	体重日增长率(%)
Diet 1	5.38	7.01	34.33±13.98a	30.94±10.44b	1.10±0.71a
Diet 2	5.15	6.70	30.67±17.41a	30.36±12.45b	1.61±1.62a
Diet 3	6.01	7.44	41.00±20.78a	23.82±7.17b	0.72±0.33a
Diet 4	6.07	7.59	39.58±16.32a	25.15±9.23b	0.99±1.10a
Diet 5	5.48	6.83	33.50±14.38a	25.08±8.19b	0.93±0.67a
对照	4.66	6.89	36.00±19.60a	55.73±42.76a	1.49±0.39a

右;而人工饲料喂养组的平均日产卵量要显著低于用蚜虫喂养组,其最高的平均日产卵量出现在添加橄榄油组,为6.81粒,远小于蚜虫喂养组最高平均日产卵量28粒。

并且在产卵高峰期上各组之间也有明显差异,蚜虫组的产卵前期较短,高峰期持续时间长,有一个明显较长的高峰期;饲料1组的产卵前期较长,产卵高峰期出现偏后;饲料2组的平均日产卵量比较均衡,无明显的高峰期;而添加橄榄油的饲料组(饲料3、4和5组)的产卵高峰期成双峰型,分别在第10天和第50天左右形成2个产卵高峰期。

表4则列出了人工饲料和蚜虫喂养组与产卵相关的几项指标。从表4可见,在产卵百分

率上,添加蔗糖组(饲料2组)(100%)要高于不添加蔗糖组(饲料1组)(90%),并且饲料2组的平均总产卵量要显著高于饲料1组($P < 0.05$),二者分别为215.53粒/头、114.78粒/头。而在交配时间、产卵前期和卵重上,饲料1组和饲料2组均无显著性差异($P > 0.05$)。除了饲料1组稍低外(90.00%),其他各人工饲料组与蚜虫组无显著差异;对于添加橄榄油组(饲料3、4和5组)和未添加橄榄油组(饲料2组)的比较,从表4中可见,在产卵前期上饲料4组(5.31 d)要显著低于饲料2组(9.00 d)($P < 0.05$),并且饲料3、4组的产卵前期已达到蚜虫组的水平(5.25 d),无显著差异($P > 0.05$),而在其他指标上添加橄榄油组与未添加橄榄油组

表4 雌虫产卵的观察

	产卵百分率 (%)	个体最高总 产卵量(粒)	平均总产卵量 (粒/头)	交配时间 (d)	产卵前期 (d)	卵重(mg)
Diet 1	90.00	261	114.78±86.56c	6.07±1.98a	11.67±2.94a	0.12±0.01a
Diet 2	100.00	431	215.53±106.74b	5.50±1.99a	9.00±3.70ab	0.12±0.02a
Diet 3	93.75	228	108.13±55.51c	4.82±1.17a	6.36±1.34bc	0.11±0.01a
Diet 4	94.12	379	156.81±118.38bc	4.78±1.20a	5.31±0.85c	0.12±0.01a
Diet 5	100.00	254	169.81±59.80bc	5.00±1.41a	11.00±5.83a	0.12±0.01a
对照	100.00	1186	930.00±172.10a	3.29±1.50b	5.25±2.31c	0.11±0.01a

无显著性差异($P>0.05$)。除了在平均总产卵量和交配时间上蚜虫组与人工饲料组存在显著

性差异($P<0.05$), 分别为 930 粒/头和 3.29 d, 在其它几项指标上则无显著性差异。

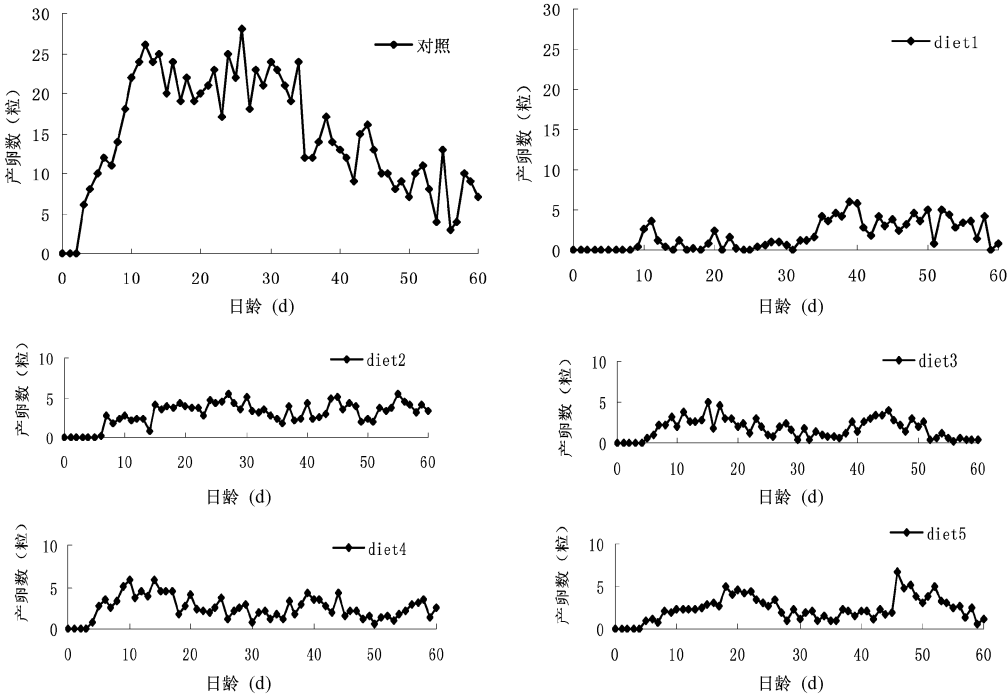


图 3 龟纹瓢虫产卵的观察

3 讨论

1966 年 Atallah 和 Newson 对具斑食蚜瓢虫首次配制人工饲料成功, 说明此类捕食性昆虫可以凭借蚜虫等天然饵料以外的物质完成生长发育^[1]。此后, 一些学者对昆虫的人工饲料进行了许多研究。如 Racioppi 等用半合成的添加肝脏提取物的人工饲料喂养锚斑长足瓢虫^[2]; 除了肝脏作为饲养瓢虫的营养来源外, Nijima 用雄蜂干粉成功饲养了多种瓢虫, 并可持续几代^[3]; Hagen 等成功的用石蜡封装的人工饲料喂养草蛉^[8]; 后来在大规模饲养草蛉时对微囊中的成分进行了改善包括: 酪蛋白水解物、小麦胚提取物、啤酒酵母提取物、蔗糖、大豆油、卵磷脂、胆固醇、胆碱和抗坏血酸^[9,10]; 半翅目的大眼长蝽也成功进行人工饲养^[13,14]。

而国内对于昆虫的人工饲养所用的材料也主要是猪肝和雄蜂蛹 2 种。如中国科学院动物

研究所昆虫生理研究室用鲜猪肝、蜂蜜和蔗糖等为基础的几种代饲料, 均能使七星瓢虫产卵, 其营养成分大体能满足卵巢发育成熟的需求^[7]; 另外, 近年来赤眼蜂大量繁殖获得成功, 人造卵赤眼蜂蛹或柞蚕卵赤眼蜂蛹可大量获得。有人提出以赤眼蜂蛹饲养瓢虫, 孙毅报道人工卵赤眼蜂蛹基本上能满足七星瓢虫幼虫的生长发育, 但发育历期比取食蚜虫的对照有所延长, 成虫产卵前期延长, 产卵率和孵化率低于蚜虫对照^[17]。

由此可见, 虽然对捕食性天敌昆虫的人工饲料研究由来已久, 有些天敌昆虫也已成功人工饲养, 但其人工饲料对天敌昆虫的饲养效果仍不是很理想。即使在某些指标上能达到或接近取食天然猎物的水平, 但在一些关键指标上仍与野生昆虫有一定差距。如陈志辉、钦俊德报道以猪肝- 蔗糖为基础饲料饲养七星瓢虫成虫, 添加 0.1% 橄榄油和保幼激素类似物 ZR512

的人工饲料,产卵率能达到 96.7%,产卵前期为 8 d 左右。如果在此基础上分别添加 1% 的玉米油或豆油,能促进雌虫产卵量的进一步增加^[5]。虽然在体重、产卵前期、产卵率三方面都达到或接近取食蚜虫时的水平,但在产卵量还仅为取食蚜虫时的 1/2。

人工饲料对天敌昆虫幼虫生长的影响,前人研究相对较少。本研究初步探讨 5 种人工饲料对龟纹瓢虫幼虫生长发育历期的影响。结果显示人工饲料喂养幼虫的发育历期要明显长于蚜虫喂养组。添加橄榄油后发育历期明显增长,添加 0.3% 的橄榄油能显著提高幼虫的成活率,而过多或过少的橄榄油对幼虫的成活率都有不利的影响。结果表明在龟纹瓢虫幼虫期橄榄油虽然使幼虫发育历期延长,但却能极大提高其成活率。由此可见,在龟纹瓢虫幼虫期,饲料中添加合适比例的脂类是幼虫发育所必需的,脂类在幼虫蜕皮、化蛹等过程中起着重要的作用,当饲料中缺乏脂类时,幼虫则表现出相应的生理缺陷。这与人对其他昆虫如七星瓢虫的研究结果类似,同时研究还表明蔗糖也有一定提高幼虫成活率的作用。

在龟纹瓢虫雌雄虫生长方面,用人工饲料和用蚜虫喂养组的体重变化趋势相同,体重增长在刚羽化后几天内最显著,然后体重增长变缓,这与其取食量密切相关,由于在羽化初期取食急剧增加,然后逐渐减小(相关结果待发表)。而在各人工饲料中,添加蔗糖能显著提高雌虫的体重增长率而对雄虫作用不显著,这可能与雌雄虫体内的消化酶活性有关。而添加橄榄油则对体重的增长效果不明显。

本研究表明,在雌虫繁殖特性上,蚜虫喂养组有明显的持续时间较长的产卵高峰期,而人工饲料的产卵高峰期持续时间较短,并且出现时间较晚或分为 2 个高峰期,这可能是由于人工饲料的营养组成差于棉蚜,因此一个产卵高峰期过后龟纹瓢虫需要较长时间的养分积累才能出现另一个产卵高峰,而不能像蚜虫喂养组那样能保持较长时间的产卵高峰。同时研究也表明,添加 0.3% 的橄榄油能显著缩短龟纹瓢

虫的产卵前期,几乎达到蚜虫喂养组的水平,这与陈志辉等在七星瓢虫中的研究结果相似。并且添加蔗糖在一定程度上也能缩短产卵前期,同时还能显著增长龟纹瓢虫的产卵量,这主要与蔗糖的促食功能有关。

通过人工饲料对龟纹瓢虫幼虫与成虫生长发育影响的对比研究,可以发现,龟纹瓢虫在幼虫期和成虫期对关键营养素的种类和数量的需求有所不同,如在幼虫期,橄榄油能显著提高其成活率,而在成虫期这种效应则不明显。即使是在成虫期,不同发育时期的成虫对营养素的需求也不同,如成虫在刚羽化后一段时间内,适量脂类物质的摄取对缩短产卵前期具有重要作用,而在产卵高峰期,添加蔗糖则能提高产卵量。通过研究关键营养素对龟纹瓢虫幼虫和成虫生长发育的影响,可以指导以后人工饲养龟纹瓢虫时根据不同的虫态及虫龄调整人工饲料中的营养成分及其含量,以达到更好的饲养效果。

参 考 文 献

- 1 Attallah Y. H., Newsom L. D. *J. Econ. Entomol.*, 1966, **59**: 1 173~ 1 179.
- 2 Racioppi J. V., Burton R. L., Eikenbary R. *Entomol. Exp. Appl.*, 1981, **30**: 68~ 72.
- 3 Nijima K., Matsuka M., Okada I. *See Rf.*, 1986, **131**: 37~ 50.
- 4 Rojas M. G., Morales-Ramos J. A., King E. G. *J. Econ. Entomol.*, 1996, **89**: 1 095~ 1 104.
- 5 陈志辉, 钦俊德, 范学民, 李献玲. 昆虫学报, 1984, **27** (2): 136~ 146.
- 6 宋慧英, 吴力游, 陈国发, 汪泽春, 宋庆明. 昆虫天敌, 1988, **10** (1): 22~ 33.
- 7 中国科学院动物研究所昆虫生理室. 昆虫学报, 1977, **20** (3): 243~ 252.
- 8 Hagen K. S., Tassan R. L. *J. Econ. Entomol.*, 1965, **58**: 999~ 1 000.
- 9 Nepomnyashaya A., Mencher E. M., Yazlovetsky I. G. *Biochem. Physiol. Insects*, Kishinev, Finland: Stiinsa, 1979. 29~ 35.
- 10 Anderson T. E., Leppla N. C. *Advan. Insect Rear. Res. Pest Manag.* Boulder, Co: Westview, 1989. 41~ 62.
- 11 赵敬钊. 中国棉虫天敌(下册). 武汉: 武汉出版社, 1996. 1 605~ 1 634.
- 12 马安宁, 张宣达, 赵敬钊. 生物防治通报, 1986, **2** (4): 145 ~ 147.
- 13 Cohen A. C. *Southwest. Entomol.*, 1981, **6**: 109~ 113.
- 14 Cohen A. C. *J. Econ. Entomol.*, 1983, **76**: 957~ 959.
- 15 周伟儒, 王韧, 邱式邦. 生物防治通报, 1991, **7** (1): 7~ 9.
- 16 魏建华, 冉瑞碧. 昆虫天敌, 1983, **5** (2): 89~ 93.
- 17 孙毅, 万方浩. 中国生物防治, 2000, **16** (1): 8~ 11.