

室(150 cm × 80 cm × 90 cm, 120 cm × 60 cm × 60 cm), 此网室四面及顶部是 30 目的尼龙纱网, 底部是木板, 供成虫交尾用, 网袋(80 cm × 40 cm × 30 cm), 以供成虫产卵用。

(5) 仪器设备: 游标卡尺、直尺、干湿球温度计、冰箱。

1.2 饲养条件

在自然光照条件下, 室内温度 22 ~ 25℃, 相对湿度 50% ~ 80%。

1.3 实验方法

(1) 幼虫孵化后每日更换新鲜、洁净的叶片直至其化蛹为止。

(2) 将蛹以头部朝下粘在羽化板上, 悬挂于羽化笼顶, 置于室外自然变温条件下, 待蛹羽化。

(3) 初羽化成虫饲喂蜂蜜水后, 将其放入交配笼中, 给予适宜的温度、湿度和采用自然光照, 笼内放有马缨丹。

(4) 斐豹蛱蝶交配后, 将其放在明亮通风处的寄主植物上, 用网袋将植物罩上, 且网袋内可同时置入数只此蝶, 以此法采卵应每日予以喂食 1 ~ 2 次。在高温时最好用喷雾器喷水降温。

(5) 待寄主植物上有一定量的卵粒后, 用毛笔将卵粒收集在同一片寄主叶上, 或把叶与卵粒一起摘下, 放入养虫盒内, 保持一定的温湿度, 让卵自然孵化。

1.4 蛹的低温保存试验及发育起点温度及有效积温的初步研究

为了使游客在蝴蝶园内, 不同的天气状况下, 感受到成群蝴蝶飞舞的壮观, 并保证周年均衡地供应蝴蝶, 作者在人为调控的温度范围内, 调控斐豹蛱蝶蛹的存活及羽化时间; 同时又在自然变温条件下, 对其发育起点温度及有效积温进行了研究, 并用直线回归法求出了发育起点温度及有效积温。

根据积温法则: $K = N(T - C)$ 可得:

$$T = C + KV$$

式中: T —发育期的平均温度, C —发育起点温度, K —有效积温, V —发育速度。

1.4.1 斐豹蛱蝶蛹的低温保存期限的试验 将化蛹时间不同的斐豹蛱蝶的蛹 100 头编号放入温度设定在 8 ~ 12℃ 范围内的冰箱内, 30 d 后将其从冰箱中取出, 放入温度在 25℃ 左右, 湿度为 50%

~ 80% 的室内, 记录其羽化情况。

1.4.2 蛹的发育起点温度及有效积温的初步研究 饲养观察: 9—10 月, 挑选发育健全的斐豹蛱蝶老熟幼虫分别放入 210 个养虫盒内。编号单个饲养, 30 个一组, 共计 7 组, 饲养的温湿条件与室外基本一致, 直至成虫羽化为止, 同时详细记录化蛹、羽化的具体时间和数量。

气温测定: 在饲养室内放置一干湿温度计, 每日 8:00、4:00 和 20:00 观察记录气温, 计算出日平均温度。

2 结果与分析

2.1 成虫

喜好在开阔的草地及林缘活动, 喜访花, 飞翔迅速, 由于是人工饲养, 所以羽化的时间不一样, 但一般都是上午羽化, 成虫刚羽化时, 又肥又胖, 身体臃肿, 2 对翅膀又小又皱, 好像个丑八怪, 但是, 经过 1 h 左右, 2 对翅膀像把折扇一样张开, 血管形成翅脉, 美丽鲜艳的花纹出现, 翅内的体液返回体内, 不久, 由肛门排出红色的液体废物, 刚羽化后的成虫攀附在空蛹壳上, 翅膀干透变硬后, 才飞离开。雄虫(图版 I: 2)略早于雌虫 1 ~ 2 d 羽化, 羽化后的雌虫(图版 I: 1)第 2 天即可交配, 而雄虫要 1 ~ 2 d 才可交配, 交配时间 9:30—15:00 时进行, 以在阳光明媚的上午 9:30—12:00 居多。雄蝶找到配偶后, 不断振翅, 然后将腹部弯向雌蝶腹部末端, 如雌蝶将腹部末端稍向上翘起, 就能顺利的进行交尾, 交尾姿势多为一字形。交尾时间大约 90 min。雌蝶交尾后在 1 ~ 2 d 内开始产卵, 将卵单产在寄主植物的叶背、枯叶、草梗上以及附近的其它植物上。成虫的寿命在 10 d 左右。为了能周年均衡地供应蝴蝶, 对其进行了低温(8 ~ 12℃)冷藏试验, 成虫的寿命一般平均能延长一星期左右。

2.2 卵

初产的卵淡黄色, 转而变为黄色, 呈圆锥状, 顶端不平整, 卵表有几何形状的纵横刻孔, 直径约 0.8 mm, 高约 0.7 mm(图版 I: 3)。孵化前变黑色, 并可透过卵壳, 见小幼虫。孵化时, 小幼虫首先用前鄂咬破卵壳, 然后逐渐扩大破口, 使之成不规则破口, 当破口可容幼虫体时, 小幼虫即可从中爬出。卵期一般为 5.4 d(温度在 22 ~ 25℃)。在

不同温度下卵的孵化率不一样(表 1)。

表 1 不同温度下卵的孵化率
Table 1 Hatching ratio of eggs in different temperatures

温度(℃) Temperature	卵粒量(粒) Number of eggs	孵化数(粒) Number of hatched eggs	孵化率(%) Hatching ratio
10	534	289	54. 12
22	186	178	95. 70

2.3 幼虫

初孵化的幼虫取食量极小,叶片被被咬食成缺刻。幼虫共 6 个龄期,蜕皮 5 次,每次蜕皮前一

天不食不动或取食量极少,体缩短,蜕皮后,即开始取食,刚蜕完皮时,头壳无色透明,全身体色浅,棘刺粉红,随着龄期的延伸逐渐变黑(图版 I :4)。进入预蛹期前,老熟幼虫寻找一处利于吐丝的地方将尾部粘着悬挂起来,进入蛹前期。1~4 龄末期间,取食量不大,4 龄末期至 5 龄时,食量大增,在这段时期可以将叶片、叶梗全吃光。个体饲养化蛹率为 95%,群体饲养化蛹率 98. 5%。各龄幼虫的头壳宽度、体长测量值、历期见表 2,头宽对数值与虫龄关系见图 1,头宽对数值依虫龄呈直线增长,其回归方程为: $\lg Y = -0. 4738 + 0. 1655X$, $r = 0. 9964$ 。

表 2 各龄幼虫的头壳宽度、体长和历期
Table 2 Capsule width, body length, period in different instars

龄期 Instar	量度 Measurement	体长(mm) Body length	头宽(mm) Capsula width	各龄历期(d) Period of instar	各龄幼虫特征 Characters of instar
1	长度 Length	1. 5—4. 0	0. 38—0. 50	3—7	初孵幼虫头呈黑色,体白色转而变为褐色而有白、黄斑点 Head is black; body is white, and turning to brown after eating with white, yellow spots.
	平均 Average length	3. 1 ± 0. 9	0. 45 ± 0. 046	4. 4 ± 1. 1	
	长度 Length	4. 0—7. 0	0. 64—0. 84	3—5	头呈黑色,体表上长有棘刺,体为褐色或黑色,背部中央有一白色背线 Head is black; body is spined, and black with a white dorsal line.
2	平均 Average length	5. 3 ± 0. 8	0. 77 ± 0. 044	3. 6 ± 0. 7	
	长度 Length	6. 0—11. 0	1. 04—1. 28	2—5	
3	平均 Average length	8. 3 ± 0. 1	1. 13 ± 0. 058	3. 5 ± 0. 9	头、体为黑色,体表上长有棘刺,背部中央白色背线明显 Head is black; body is spined, and black with a white dorsal line.
	长度 Length	9. 0—21. 0	1. 40—1. 68	2—4	
	平均 Average length	12. 1 ± 2. 8	1. 53 ± 0. 072	3. 6 ± 0. 6	
4	长度 Length	14. 0—32. 0	2. 06—2. 36	3—5	头、体为黑色,体表上的棘刺更长,棘刺基部呈红色,背部中央背线由白色变为橙黄色 Head is black; body black with a orange dorsal line; body spines is red basally.
	平均 Average length	22. 8 ± 3. 2	2. 21 ± 0. 074	4. 0 ± 0. 6	
	长度 Length	30. 0—50. 0	2. 96—3. 46	6—9	
5	平均 Average length	38. 2 ± 5. 1	3. 24 ± 0. 109	7. 3 ± 0. 8	头、体为黑色,体表上的棘刺更长,棘刺基部呈红色,背部中央背线为橙赭色,气门为黑色 Head is black; body black with a red dorsal line; body spines is red basally.
	长度 Length				
	平均 Average length				

2.4 蛹

为悬蛹(图版 I :5)。预蛹期为 1~2 d,初化蛹体很软,外观湿润,为淡褐粉色,前胸至第 2 腹

节上的突瘤状呈白色,随着蛹体干燥逐渐变硬,体色变为褐色或黑褐色,蛹期为 9. 8 d。个体饲养羽化率为 100%,群体饲养羽化率为 85. 3%(温度在

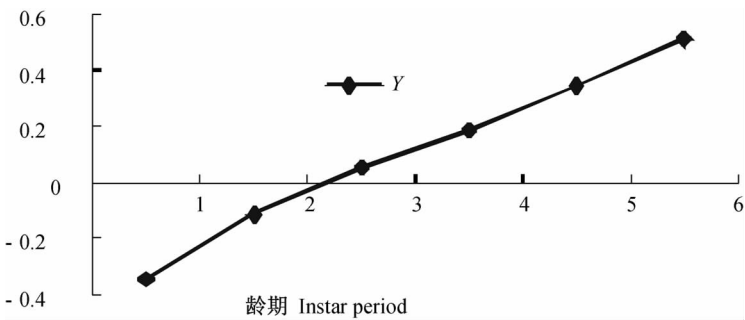


图1 斐豹蛱蝶头宽对数值与虫龄关系

Fig. 1 The relationship between capsula width logarithm of *Argyreus hyperbius* and corresponding instar

22 ~ 25℃)。

2.5 羽化情况

2.5.1 实验结果显示,将蛹冷藏后,蛹期延长 23 d,这对蝴蝶园放飞蝴蝶时的数量及贸易交易有一定的指导作用。但由于冷藏后羽化率比自然羽化要低,畸形率高,因此在对蛹冷藏后,对提高其羽化率要待进一步的研究(表 3)。

表 3 不同的处理方法蛹的羽化情况			
Table 3 Eclosion ratio in different conditions			
处理方法	数量(粒)	蛹期(d)	羽化率(%)
Condition	Number	Pupa	Eclosion ratio
冷藏	100	32.8	60.60
Refrigeration			
自然	152	9.8	82.24
Nature			

2.5.2 发育历期与温度 将观察所获得数据统计处理,计算斐豹蛱蝶蛹的发育历期 $N(d)$,发育速度 $V=1/N$ 及发育期间的平均温度 $T(^{\circ}C)$ (表 4)。

表 4 各样本的发育历期表			
Table 4 Periods of different samples			
样本号	发育历	日平均	发育速度
Sample	期(d)	温度(℃)	($V=1/N$)
number	Period	Daily average temperature	Growth speed
1	16.4	18.41	0.0610
2	18.3	17.58	0.0546
3	21.2	17.41	0.0472
4	20.9	17.25	0.0478
5	23.1	17.33	0.0433
6	24.6	16.82	0.0407
7	27.1	16.56	0.0369

2.5.3 发育起点温度和有效积温 蛹的发育起点温度为 $(14.10 \pm 0.19)^{\circ}C$,有效积温为 68.33 日·度。发生期预测式为 $N=68.33/(T-14.10 \pm 0.19)$ 。

以自由度 $f(1,5)$ 查 F 检验表 $F_{0.05}=6.61, F \gg F_{0.05}, F_{0.01}=16.3$,显然 $F \gg F_{0.01}$,发育速度与温度相关极显著。

3 小结

3.1 饲养中注意的要点

- (1) 为了能使斐豹蛱蝶更多的产卵,应缩小产卵空间。
- (2) 食料须充足,新鲜、洁净,否则会影响幼虫的生长发育,直至死亡。
- (3) 在人工饲养进行累代繁殖时,避免近亲繁殖,否则饲养的蝴蝶会越来越小,畸形率增高。避免的方法就是引进野外种源。
- (4) 越冬蛹易变黑,坏掉,影响其羽化。因此蛹期疾病应在今后的饲养繁殖研究中加以重视。
- (5) 由于 1~3 龄幼虫体型较小,在换叶时,千万不能用手抓取,否则粗手粗脚很容易伤它们,最好用沾湿的毛笔尖小心移动它们。
- (6) 在一个饲养盒内,幼虫密度不能太高,否则幼虫在相互攀爬时,会受伤甚至感染病毒。

3.2 开发价值

(1) 目前,蝴蝶园放飞蝴蝶取悦游客,已成为旅游业的一项新内容。斐豹蛱蝶有较强的环境适应性,易饲养,是本地的优势种,种源丰富,寄主植物(图版 I :6)易找、易栽,是一种有开发价值的观赏昆虫资源。可作为蝴蝶园的观赏蝶类。但目前

对室内人工饲养解决冬季的蝴蝶供应有待于研究。

(2)斐豹蛱蝶是色彩较为鲜艳的种类,翅的正、反两面颜色花纹差异较大,有较高的观赏价值。可作蝶翅画。

陈志兵,裴恩乐,俞渊,孙兴全, 1998. 玉带凤蝶的饲养和繁殖研究. 上海农学院学报, 16(3):204—208.

徐育峰, 1999. 台湾蝶图鉴(第一卷). 南投:台湾省立凤凰谷鸟园. 260—263.

周尧, 1994. 中国蝶类志. 郑州. 河南科学技术出版社. 516—522.

参考文献 (References)

图版 I 斐豹蛱蝶形态和寄主植物

Plate I Morphological of *Arhyreus hyperbius* and host plant

1. 雌成虫 Female adult; 2. 雄成虫 Male adult; 3. 卵 Egg; 4. 幼虫 Larval; 5. 蛹 Pupa; 6. 寄主植物紫花地丁 *Herbaviolae* host plant of *Arhyreus hyperbius*.

蝇蛹金小蜂对家蝇蛹的寄生策略^{*}

陈中正 刘继兵 贺 张 段毕升 胡好远^{**}

(安徽师范大学生命科学学院 安徽省高校生物环境与生态安全省级重点实验室 芜湖 241000)

摘 要 蝇蛹金小蜂 *Pachycrepoideus vindemmiae* Rondani 是家蝇 *Musca domestica* 蛹期常见寄生蜂种类。本文探讨蝇蛹金小蜂对寄主日龄的选择策略以及该寄生蜂的寿命、产卵历期和后代数量等规律。结果表明寄生蜂可利用各日龄的蝇蛹,寄生高龄期蝇蛹时,寄生蜂后代产量显著降低,既未出蜂也未出蝇的死亡蝇蛹比例显著增加;寄生蜂寿命为 (11.89 ± 6.99) d,产卵历期为 (9.58 ± 6.67) d,单个雌蜂后代产量为 (33.74 ± 18.08) 头,雄性后代的发育历期显著短于雌性后代,随着寄生蜂产卵历期的延长,寄生蜂后代产量下降,雄性后代比例增加。

关键词 寄生蜂,害虫,生物防治,繁殖策略,行为

Strategies of *Pachycrepoideus vindemmiae* parasitizing pupae of houseflies

CHEN Zhong-Zheng LIU Ji-Bing HE Zhang DUAN Bi-Sheng HU Hao-Yuan^{**}

(Key Laboratory of Biotic Environment and Ecological Safety in Anhui Province, College of Life Sciences, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China)

Abstract The parasitoid wasp *Pachycrepoideus vindemmiae* Rondani is a common parasitoid of housefly (*Musca domestica*) pupae. Its preferences for different ages of housefly pupae, life-span, oviposition and number of progeny number were studied. The results show that *P. vindemmiae* can parasitize pupae of all ages. Progeny number significantly decreased with increasing host age, and the proportion of dead pupae, from which neither parasitoid wasps nor houseflies emerged, also significantly increased with pupal age. The wasp's life-span was (11.89 ± 6.99) d, its reproduction duration was (9.58 ± 6.67) d and the mean number of progeny per female was 33.74 ± 18.08 . Male progeny had a significantly shorter developmental duration than females. Progeny number decreased at the end of the oviposition period with a higher proportion of males being produced.

Key words parasitoid wasps, pest insects, biological control, reproductive strategies, behavior

寄生蜂是家蝇 *Musca domestica* 的重要天敌组成,在控制家蝇种群密度中起着重要的调控作用;在生产实践中,应用并适当维护这些寄生蜂的密度,可长期将家蝇种群密度控制在一定阈值以内。充分发挥生物防治不污染环境,不杀伤天敌,且具有持续控灾效果的优势,可以达到保护生态环境,保护生物多样性,持续控制虫害的目标。蝇蛹金小蜂 *Pachycrepoideus vindemmiae* Rondani 是家蝇蛹期常见寄生蜂种类,属于小蜂总科 Chalcidoidea,金小蜂科 Pteromalidae,金小蜂亚科 Pteromalinae,在

对家蝇等蝇类害虫的生物防治上起着非常重要的作用,具有很大的利用潜力(郭玉杰等,1997)。家蝇是重要的卫生害虫,在我国广泛分布,严重威胁食品和卫生安全。本文探讨了蝇蛹金小蜂对家蝇蛹的寄生策略,以期应用该寄生蜂开展对家蝇的生物防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 家蝇的试验种群和寄生蜂来源

供试家蝇采自安徽师范大学中校区食堂附

^{*} 资助项目:国家自然科学基金(30970392)、重要生物资源保护和利用研究安徽省重点实验室基金、安徽师范大学博士科研启动基金和安徽师范大学创新基金(2010cxjj13)。

^{**} 通讯作者, E-mail: haoyuanhu@126.com

收稿日期:2010-11-29,接受日期:2011-01-27

近。在室内进行人工饲养。家蝇饲养方法参照何凤琴(2006),室内饲养获得家蝇蝇蛹。定期将 1~2 日龄蝇蛹放入黄色的广口容器中,覆以大孔纱网,置于校园内诱集寄生蜂。3~4 d 后取回,每天定时观察是否有寄生蜂出蜂。寄生蜂种类由中国科学院动物研究所肖晖副研究员鉴定。诱集时间为 2009 年 7 月底。

1.2 寄生蜂的养殖

分别取交配后的蝇蛹金小蜂单头,在室温条件下建立寄生蜂株系。培养器皿为直径为 10 cm 高为 15 cm 的塑料杯,蝇蛹和小蜂比例为 10:1,同时饲以 10% 的蜂蜜水进行饲养。繁殖 3 代以上。

1.3 寄生蜂对家蝇蝇蛹日龄的选择

蝇蛹按化蛹后日期分为 1 日龄蛹(化蛹在 24 h 内)、2 日龄蛹、3 日龄蛹、4 日龄蛹和 5 日龄蛹 5 组,每组共设 10 个重复。取羽化 24 h 内集中交配后的雌蜂准备接蜂。培养器皿为直径 4 cm、高 5 cm 的特制透明玻璃杯,每个杯为 1 重复。准备足够数量的 1 日龄蝇蛹(2 000 头左右),在每杯中引入上述雌蜂 1 头,接入 10 头 1 日龄的蝇蛹,同时以棉絮沾取 10% 蜂蜜水补充营养。第 2 天,从上述蝇蛹中取出 10 头 2 日龄新鲜蝇蛹,更换杯中蝇蛹。实验持续至所准备的蝇蛹全部出蝇(在试验条件下,5 日后出蝇)。每日将各杯中更换后的家蝇蛹分别装入直径 1 cm、高 5 cm 的冻存管中,棉塞封口。待出蜂完毕,观察记录每管内的羽化的雄蜂、雌蜂和家蝇数量,管内蝇蛹在体式显微镜下镜检。实验在人工气候箱内进行,温度为 $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$,光照强度为 60% (约 2 000 lx) (L:D = 14:10),相对湿度均为 $\text{RH} = 50\% \pm 5\%$ 。

1.4 寄生蜂存活期内的产卵规律

选择羽化 24 h 内,集中交配过的蝇蛹金小蜂雌蜂作为研究对象。设置 25 个重复,每杯为 1 个重复。在上述的玻璃杯中引入一只雌蜂,接入 10 头 1~2 日龄家蝇蛹,同时以棉絮沾取 10% 蜂蜜水补充营养。每天定时取出杯中蝇蛹,再放入 10 头 1~2 日龄的蝇蛹。实验持续至雌蜂死亡。每日将各杯中更换后的家蝇蛹分别装入直径 1 cm、高 5 cm 的冻存管中,棉塞封口。每日定时记录各管内羽化的雄蜂和雌蜂数量,管内蝇蛹在体式显微镜下镜检。实验其它条件同 1.3。统计获得寄生蜂的存活时间、产卵历期、每日雌蜂和雄蜂产量及性

比变化趋势、雌蜂和雄蜂的发育历期以及后代子蜂的总性比。数据经过筛选,排除未产卵的个体以及只产雄性后代的个体,有效实验重复组为 19 组。

1.5 数据分析

在 R2.6.1 软件中使用广义线性模型 (generalized linear model, GLM) 分析了各参数(蝇蛹日龄、寄生蜂后代发育历期以及雌蜂产卵历期)对寄生蜂后代数量、后代性比的影响。数量数据使用泊松分布模型,比例数据使用二项分布模型。建立模型后,根据模型的 HF (残差/df) 值判定数据与泊松分布或二项分布的符合程度。较大的 HF 值 ($HF > 1$) 意味着偏离泊松分布或二项分布,会导致显著性检验程度被高估;用近似泊松分布 (quasipoisson) 或近似二项分布 (quasibinomial) 进行模型拟合,对最后获得的模型用 F 检验进行分析 (Crawley, 2007)。

2 结果与分析

2.1 寄生蜂对寄主日龄的选择策略

蝇蛹金小蜂对不同日龄家蝇蛹的寄生状况如图 1 所示,寄生蜂可以利用 1~5 日龄家蝇蝇蛹。寄生蜂后代产量随所提供的家蝇蝇蛹日龄的增加而显著变化 ($F_{1,48} = 6.29$, $P = 0.016$),寄生蜂后代数量随家蝇蝇蛹日龄的增加而减少,寄生蜂后代性比并不随所寄生的蝇蛹日龄变化而显著变化 ($F_{1,44} = 2.04$, $P = 0.153$)。正常出蝇的蝇蛹比例也不受家蝇蝇蛹日龄的影响 ($F_{1,48} = 0.01$, $P = 0.907$),既未出蜂也未出蝇的死亡寄主比例随家蝇蝇蛹日龄增大而显著增加 ($F_{1,48} = 7.58$, $P = 0.008$)。

2.2 不同日龄的寄生蜂对家蝇蝇蛹的选择策略

蝇蛹金小蜂雌蜂的寿命为 (11.89 ± 6.99) d,产卵历期为 (9.58 ± 6.67) d,后代产量为 33.74 ± 18.58 头(雌: (26.84 ± 13.76) 头;雄: (6.89 ± 6.14) 头),后代雄性百分比为 0.20 ± 0.12 。寄生蜂发育历期为 (16.00 ± 1.30) d ($13 \sim 23$ d),其中雌蜂发育历期为 (16.08 ± 1.12) d,雄蜂的发育历期为 (15.67 ± 1.87) d,雄蜂发育历期显著小于雌蜂 ($t_{153.33} = 2.38$, $P = 0.018$)。不同发育天数时,出蜂数量存在显著差异 ($F_{1,352} = 18.18$, $P < 0.001$)。95% 以上的蝇蛹金小蜂的