

柑橘凤蝶生物学特征及人工饲养技术研究



廖树森^{1,2,3,*}, 张越红^{1,2,3}, 谷娜^{1,2,3}, 罗春祥^{1,2,3}, 段妍^{1,2,3}, 陈斌^{1,2,3,*}, 闫振天^{1,2,3,*}

¹重庆师范大学生命科学学院, 重庆 401331

²重庆师范大学昆虫分子生物学研究所, 重庆 401331

³媒介生物控制和利用重庆市重点实验室, 重庆 401331

摘要: [目的]研究柑橘凤蝶 *Papilio xuthus* 的生物学习性及规模化人工饲养技术, 建立起柑橘凤蝶的规模化饲养技术体系, 用于柑橘凤蝶的保护与繁育, 并根据其规模化饲养技术来开发柑橘凤蝶的观赏价值与经济价值, 服务于生态环境的保护工作。[方法]在重庆师范大学昆虫创新基地, 通过野外引种的方式, 保持温度 25~30℃, 湿度 65~80%的条件下记录柑橘凤蝶在各个发育阶段的生物学习性, 同时总结柑橘凤蝶的生活史特征, 并根据其生长发育过程总结和完善规模化饲养技术方法。[结果]初步掌握柑橘凤蝶的生活史和生物学特性, 成功饲养柑橘凤蝶并完成其后代的繁育, 总结了柑橘凤蝶的规模化人工饲养技术, 建立了一套柑橘凤蝶人工饲养技术体系[结论]在该方法的饲养下, 柑橘凤蝶的各阶段生长发育情况良好, 能成功繁育得到后代, 该研究结果有利于蝴蝶资源的保护与开发利用。

关键词: 柑橘凤蝶; 生物学特征; 人工饲养技术

DOI: [10.57237/j.life.2024.03.002](https://doi.org/10.57237/j.life.2024.03.002)

Study on Biological Characteristics and Artificial Rearing Techniques of *Papilio xuthus*

Liao Shu-sen^{1,2,3}, Zhang Yue-hong^{1,2,3}, Gu Na^{1,2,3}, Luo Chun-xiang^{1,2,3}, Duan Yan^{1,2,3}, Chen Bin^{1,2,3}, Yan Zhen-tian^{1,2,3,*}

¹College of Life Science, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China

²Institute of Entomology and Molecular Biology, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China

³Chongqing Key Laboratory of Vector Control and Utilization, Chongqing 401331, China

Abstract: [Objective] By exploring the biological characteristics and artificial scale breeding techniques of *Papilio xuthus*, establish the artificial scale breeding techniques system of *Papilio xuthus*, used for the protection and breeding of *Papilio xuthus*, and according to its scale breeding techniques to develop the ornamental value and economic value of *Papilio xuthus*, serve the protection of the ecological environment. [Methods] In the Insect Innovation base of Chongqing Normal University, the biological learning characteristics of *Papilio xuthus* in various life history stages were recorded and the life history characteristics were summarized, and the large-scale artificial breeding techniques were

基金项目: 重庆市教委科学技术研究项目《重庆市蝴蝶分类研究》(KJQN202300511).

*通信作者: 闫振天, 535201877@qq.com

收稿日期: 2024-06-04; 接受日期: 2024-07-16; 在线出版日期: 2024-07-18

<http://www.lifescitech.org>

summarized and improved according to its growth and development. [Results] We have mastered the life history and biological characteristics of *Papilio xuthus*, successfully bred *Papilio xuthus* and completed the breeding of their offspring, summarized the large-scale artificial rearing technology of *Papilio xuthus*, and established a set of artificial rearing technology system of the butterfly. [Conclusion] Under this method of rearing, the butterfly had good growth and development at all stages and could successfully breed to obtain offspring, and the results of this study are conducive to the conservation and exploitation of butterfly resources.

Keywords: *Papilio xuthus*; Biological Characteristics; Artificial Rearing Technique

1 引言

蝴蝶是昆虫纲（Insecta）鳞翅目（Lepidoptera）锤角亚目（蝶亚目）（Rhopalocera）所有种类的统称。作为一种重要的观赏和资源昆虫，在植物授粉、环境污染监测等方面都发挥着极其重要的作用，在生态系统中扮演着极为重要的角色[1]。在蝴蝶中，一些色彩鲜艳，形态优美的具有较高的艺术性和观赏性的种类被称之为观赏蝴蝶，观赏蝴蝶除了具有重要的生态价值之外，还对于人类具有重要的观赏价值和经济价值，体现在观赏蝴蝶可以用来制作蝴蝶标本以及文创产品等工艺品。同时也有部分种类可以作为医药资源，如金凤蝶可以用作胃脘痛，小肠疝气等病症[2]。在国外，英国、法国等发达国家以及以东南亚地区为代表的发展中国家的蝴蝶产业都已经具有上百年的历史。国外学者对蝴蝶的研究侧重于行为生态，特别是个体发育、繁殖行为和社会关系等方面[3]。Ide 通过观察红小灰蝶 *Lycaena phlaeas daimio* 雌蝶与其他个体的反应，研究了雌蝶为避免雄蝶的性骚扰而采取的闭翅行为[4]。1983 年 Glass 等人成功研发出一种人工饲料，用于实验室饲养黑脉金斑蝶[5]；Tkacheva（2005）利用露天笼子、玻璃器皿和人工气候室对欧洲燕尾蝶进行饲养，并成功繁育了后代，同时总结出昼夜温差、70-80%的相对湿度和较强的光照是蝴蝶成功繁殖的重要因素[6]。廖怀建等（2016）发明了一种新的繁殖网纹室来规模化人工饲养大帛斑蝶，成功提高了蝶卵的孵化率、幼虫成活率以及蛹的羽化率[7]。曹振民等人通过对柑橘凤蝶、玉带凤蝶等蝴蝶的生物学特征研究，提出了相关蝴蝶的人工饲养技术[8]。易传辉等人关于温度、光照对美凤蝶蛹的发育的影响因素做了研究，并且对关于柑橘凤蝶、美凤蝶滞育发育的影响因素做了探究，还测定了柑橘凤蝶滞育期间糖类物质和脂肪含量的变化[9]。但目前中国蝴蝶产业还处于初级发展阶段，缺

乏完善的规模化人工饲养技术规程，对于蝴蝶产业的开发缺乏立体化多样化[13, 17]。因此，采用人工繁育的方式既能为蝴蝶资源的保护提供技术支持，也能推动中国蝴蝶产业的发展。

柑橘凤蝶 *Papilio xuthus* Linnaeus 隶属凤蝶科（Papilionidae）凤蝶亚科（Papilioninae），是一种大型的美丽凤蝶，因其幼虫取食柑橘和花椒而得名，又名花椒凤蝶，中国广大地区均有分布，国外分布于朝鲜半岛、日本、越南到缅甸一带[3, 10]。柑橘凤蝶幼虫具有寡食性，其主要寄主植物为柑橘 *Citrus reticulata*、花椒 *Zanthoxylum bungeanum*、臭辣吴茱萸 *Evodia fargesii*、黄檗 *Phellodendron amurense* 等芸香科植物[11, 16]；成虫蜜源植物主要有马利筋 *Asclepias curassavica*，马缨丹 *Lantana camara* 等[3]。在川渝地区，柑橘凤蝶一年发生 5 代，但在年平均气温较低的地区，一年只发生 2~3 代，且主要发生时间为每年 3 月~10 月，在 9 月中旬开始化蛹越冬，少部分幼虫在 10 月下旬因气温降低变冷后死亡[1, 4]。近 20 年来，中国各地均有学者对其所在地区柑橘凤蝶的形态特征与蛹色、人工饲养技术以及对寄主植物的偏好性等方面进行了研究，但当前对于柑橘凤蝶生物学特性及其人工饲养技术的研究时间普遍停留在 2001~2010 年，虽然具有一定的参考意义，但是随着环境的变化，蝴蝶的生物学特性也在发生着相应的变化，对于这些蝴蝶的研究也应与时俱进[5, 21]。因此，本团队于 2022~2024 年对柑橘凤蝶的生物学特性和人工饲养技术进行了全面系统的研究，并为柑橘凤蝶拍摄了一套完整的生态照，提出了柑橘凤蝶幼虫的阶段饲养繁育模式和养殖技术规范流程，一定程度上解决了蝴蝶人工饲养过程中常见的易受污染，死亡率高的问题。

2 材料与方法

2.1 实验材料

2.1.1 供试虫源

柑橘凤蝶主要引种于其他蝴蝶饲养基地，同时依靠野外引种作为补充。从其它蝴蝶饲养基地引种蝶蛹，待其羽化后放飞于婚飞室中交配繁育后代；野外采集则是从蝴蝶生态园和野外生长的寄主植物上采集柑橘凤蝶的卵、幼虫以及蛹，也可以在柑橘凤蝶喜爱的蜜源植物附近捕捉访花吸蜜的成虫。野外采集蝴蝶之前，需要先调查野生柑橘凤蝶的分布情况，一般在其寄主植物丰富的地区，然后在其分布区域内选择合适的地点采集合适数量的虫源带回饲养即可。

2.1.2 饲养工具及试剂

饲养篮（大号直径为 28cm、中号直径为 25cm、小号直径为 22cm）、饲养笼、饲养架、圆柱形牙签盒（底部直径 5cm，高 8.5cm）、冰箱、空调、遮阳网、镊子、报纸、排笔、硫酸纸、纱布、脱脂棉、橡皮筋、剪刀、标签纸、毛巾、红布、别针、双层沥水浅盘、温湿度计、酒精、蒸馏水、喷水壶。

2.2 寄主及蜜源植物

2.2.1 寄主植物

寄主植物是指供成虫产卵和幼虫取食的植物，因此在对柑橘凤蝶进行人工饲养之前需要先调查该蝴蝶的寄主植物并进行人工栽培，这是蝴蝶饲养中极其重要的一环，因为寄主植物的栽培质量将直接决定产出的蝴蝶的品质，所以在饲养前需要做好寄主植物的选育培养工作。本团队已于重庆师范大学昆虫创新基地事先栽培了多种蝴蝶所需的寄主植物，下表所列出的种类仅为本研究涉及的柑橘凤蝶所需要的优良寄主植物（表 1）。

表 1 寄主植物栽培情况

Table 1 Host plants cultivation

序号	种类	科、属	数量
1	臭辣吴萸 <i>Evodia fargesii</i>	芸香科、茱萸属	180 株
2	花椒 <i>Zanthoxylum bungeanum</i>	芸香科、花椒属	70 株
3	黄檗 <i>Phellodendron amurense</i>	芸香科、黄檗属	30 株
4	柑橘 <i>Citrus reticulate</i>	芸香科、柑橘属	50 株

2.2.2 蜜源植物

蜜源植物是指用于为蝴蝶成虫提供食物来源的开花植物，合适的蜜源植物能够确保成虫的正常生命活动。为了更便于后期的移动和布置，我们同时采用了盆栽的方式对部分蜜源植物进行栽培。为确保蝴蝶成虫能够获取到充足的营养，需选取花粉和花蜜含量都较高且花期较长的蜜源植物品种进行栽培，本研究所用的蜜源植物为马利筋和马缨丹。

表 2 蜜源植物栽培情况

Table 2 Nectariferous plants cultivation

序号	种类	科、属	数量
1	马缨丹 <i>Lantana camara</i>	马鞭草科马缨丹属	30 株
2	马利筋 <i>Asclepias curassavica</i>	萝藦科、马利筋属	300 株



图 1 寄主及蜜源植物图

A: 臭辣吴萸; B: 花椒; C: 黄檗; D: 柑橘; E: 马缨丹; F: 马利筋

Figure 1 Host and nectariferous plants

A: *Evodia fargesii*, B: *Zanthoxylum bungeanum* C: *Phellodendron amurense*, D: *Citrus reticulate*, E: *Lantana camara*, F: *Asclepias curassavica*

2.3 试验方法

2.3.1 饲养方法

室内饲养主要采用饲养篮和饲养笼对蝴蝶幼虫进行饲养，使用空调控制室内温度以及人工喷水的方式调节室内湿度；使温度保持在 25℃~30℃，湿度保持在 70%~80%，光周期为 14:10。室外饲养则是将蝴蝶幼虫放置于栽植有寄主植物和蜜源植物的大棚内进行生态化养殖，采用安装在大棚顶部的喷淋系统控制棚内温度和湿度。

在 2023 年 3 月至 2024 年四月期间，对柑橘凤蝶供试虫源进行饲养，在探索其规模化人工饲养技术的同时，详细记录其生物学习性与完整生活史。

2.3.2 观察与记录

本实验从柑橘凤蝶的蝶蛹开始饲养观察, 期间依次经过成虫、卵、幼虫、蛹四个阶段, 揽括蝴蝶完整的生活史, 并在其每一个生长发育阶段, 均采用基恩士超景深拍照系统(即 VHX-5000)以及佳能 800D 相机对柑橘凤蝶的生长发育过程进行细致的记录与观察工作。对于每个龄期的幼虫, 测量并记录下其头壳宽度和体长数据, 以便更深入地了解其生长发育的规律和特点。这样的记录方式准确可靠, 为后续的研究和分析提供第一手资料。

2.3.3 数据处理与分析

采用 Excel2019 对本实验所记录的数据进行处理和分析。

3 结果

3.1 柑橘凤蝶的生物学特征

卵: 其形状为球形或椭球形, 直径大约在 1~1.5mm 之间。初产时, 它的颜色为黄白色, 随着时间的推移, 会逐渐变为深黄色。某些卵的表面还带有黑色的小斑点, 透过卵壳, 可以看到内部有一个黑斑。在孵化之前, 卵的颜色会转变为灰黄色或灰黑色。柑橘凤蝶雌虫通常选择在芸香科的植物叶片上产卵, 如柑橘树和花椒树。在经历 5 到 7 天的孵化期后, 幼虫就会破壳而出, 成为 1 龄幼虫。

1 龄幼虫: 初孵幼虫的体色为黄褐色, 随后逐渐转变为黑褐色。在幼虫的头部、背部及腹部末端, 可见较为明显的土黄色斑纹。其气门为黑色, 但不太显著。从形态上看, 幼虫的头部略宽于腹部, 整体身体呈圆筒状。幼虫的头部和尾部均生长有左右两簇棘毛, 而身体两侧则分别分布有三列棘毛, 且棘毛均具分枝。

2 龄幼虫: 幼虫的全身呈现出较为明显的棕褐色, 相较于 1 龄幼虫, 其体长有一定的增加。观察其头部, 可以发现土黄的底色上点缀着分布在虫体两侧的白斑, 显得尤为醒目; 而在幼虫的背部, 斑纹呈现出独特的白色“V”形状, 这个“V”状的开口朝向头部, 其边缘清晰却并非完全平滑; 腹部末端为白色, 棘毛相较于初孵时变短, 但依然保持着分枝的特征。此外, 幼虫的胸足呈现出深褐色, 而腹足则呈现出银白色, 形成了鲜明的对比。此外, 幼虫的头部相较于身体其他部位, 显得更宽。

3 龄幼虫: 其整体颜色表现为褐色, 体形显著增大。体表保持湿润并散发一定的光泽, 身体两侧的气门十分明显, 颜色为黑色。在腹部的末端, 两侧的白斑清晰可见, 棘毛则变得较短。此外, 第 1、6 腹节的背面有着明显的疣突, 这些疣突的外侧都带有一块黑斑。而在腹部两侧, 靠近腹足的地方, 出现了明显的白色条带并一直延伸, 贯穿了整个腹部。

4 龄幼虫: 整体展现出墨绿色, 其胸部区域显著膨胀, 形成非常明显的膨大特征。在体侧的气门上缘部位, 可见清晰的白色小圆斑, 这些斑点分布均匀。此外, 棘毛这一特征已消失不见, 头部和腹末疣突呈现出锥状突起的形态, 且尤为突出。而生物体的其他各节疣突则较为扁平, 但仍然有黑色的斑点。

5 龄幼虫: 整体呈现鲜亮的绿色, 体型饱满且肥壮。其体表光滑, 但光泽度略有降低, 原先的疣突特征已完全消失, 整体外观更为平滑。在气门部位, 可见黄色的椭圆形结构, 主要供其呼吸使用。胸部背面两侧各有一枚独特的蛇眼状圆斑, 这些圆斑近头处边缘为红色, 而近尾部边缘则转为黑色, 中部贯穿着一道明亮的白色纵纹。在两眼斑之间, 一条浅黄绿色的横带清晰可见。而在腹部背面, 可以观察到四条清晰的白线, 这些白线近尾侧还附着着蓝黑色的条带。此外, “Y”形警嗅腺呈现出橙黄色, 可以散发出浓烈的气味以起到警示作用。

蛹: 形状近似菱形, 头部呈现分叉状态, 前端有三个凸起, 形若猫头。通体呈现出黄绿色调, 部分个体则显现为橙灰色。此外, 其尾部附有一缕细丝, 巧妙地粘连在壁上, 同时在胸部的后部, 有一根更为纤细的丝线, 这丝线的两端均固定在壁上, 形成了一个闭合环, 巧妙地将蛹体环绕并固定, 这样的结构可以确保其安稳地度过蛹化的阶段。同时, 柑橘凤蝶蛹在腹部第 4-5 节和第 5-6 节之间的节间膜上存在发声器, 有规律地发出嘶嘶声[18], 以达到警示寄生生物的防御作用。9 月下旬, 柑橘凤蝶开始挂蛹越冬, 此时的蝶蛹较一般蛹的体型稍大, 越冬蛹的历期最长, 可达 4~5 个月之久[12, 20]。

成虫: 雌蝶与雄蝶在外形上呈现出相同的特点, 但雌蝶的体型相较于雄蝶更大。在颜色上, 雌蝶相较于雄蝶更为鲜黄, 这种鲜明的色彩对比使得两者在视觉上能够轻易区分。在体背上, 从头顶至腹末延伸着一条宽阔的黑带, 两侧则呈现出乳黄色的色调。腹面的侧膜则为深邃的黑色, 而胸部则被茂密的绒毛所覆

盖，为成蝶提供了一定的保护。在翅膀的底色上，呈现出深黑色，其上布满了乳白色的斑纹，前后翅的外缘都有黄白色的月牙形斑块，前翅边缘共有 8 个这样的月牙形斑，而后翅边缘则有 6 个。臂角处还点缀着橙黄色的圆纹，圆纹内部还镶嵌着小巧的黑点，月牙形斑块的内侧还散布着蓝色的鳞粉。此外，前翅的中室端部还存在着两个相对的月牙形斑，它们共同形成了一个两端不闭合的环状斑，内部还分布着 6 条乳白色的纵线。

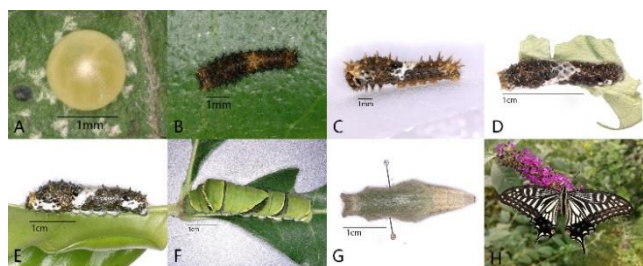


图 2 柑橘凤蝶各虫期形态

A: 卵; B: 一龄幼虫; C: 二龄幼虫; D: 三龄幼虫; E: 四龄幼虫; F: 五龄幼虫; G: 蛹; H: 成虫

Figure 2 Morphology of each stage of *Papilio Xuthus*

A: Egg, B: First instar larvae, C: Second instar larval, D: Third instar larva, E: Fourth instar larvae, F: Fifth instar larva, G: Pupa, H: Adult

表 3 柑橘凤蝶头壳宽度及体长

Table 3 Width of head capsule and body length of each instar of the *papilio xuthus* larva

蝴蝶种类	龄期	头壳宽度 (mm)	体长 (mm)
柑橘凤蝶	1 龄	0.57±0.04	3.23±0.14
	2 龄	1.22±0.06	6.58±0.24
	3 龄	1.86±0.03	12.41±0.18
	4 龄	2.67±0.04	17.68±0.36
	5 龄	4.45±0.02	26.79±0.43

3.2 柑橘凤蝶的人工饲养技术

卵：对于柑橘凤蝶卵的保育，需要将温度控制在 25 对左右，相对湿度 75% 左右。盖好盛放蝶卵的牙签盒的盖子，防止幼虫孵化后爬出容器。在牙签盒内放入 1~2 片新鲜的幼嫩臭辣树叶或花椒叶，每隔 24 小时左右更换一次，记录蝶卵孵化所用天数，作为卵的历时长。

幼虫：1 龄和 2 龄幼虫体积较小，易从饲养篮和饲养笼的孔隙中钻出，因此低龄幼虫需在未钻孔的塑料盒中饲养至 3 龄后再转入饲养篮中，注意塑料盒盖子

应钻一些细小的孔隙以便保持盒内空气与外界流通，避免幼虫缺氧；转入饲养篮后，提前在篮子底部垫上报纸，以便保持饲养篮内部环境清洁，同时也方便后续饲养过程中增添或更换叶片。在塑料盒中将幼虫饲养到 3 龄后，要转移幼虫时，只需在盒中放入新鲜叶片，待幼虫自行爬上新鲜叶片采食时，连同叶片一起转移到饲养篮中，若存在少部分幼虫未爬上新鲜叶片，则需要人工辅助转移，过程中需要注意避免用力拨动幼虫，不能用手捏起幼虫，以免对其造成损伤，一旦受伤，幼虫将极难继续存活。若要转入饲养笼中饲养，则需先用新鲜的臭辣树叶或花椒树叶铺满笼子底部，再将幼虫转入笼内，待幼虫适应笼中环境后，则可以移除先前铺于笼底的叶片并及时清理笼内已干枯的叶片，以便于虫砂从底部孔隙漏出，保持笼内环境的干净。此外，在饲养过程中，给 1、2、3 龄幼虫饲喂幼嫩的臭辣树叶或花椒树叶，4、5 龄幼虫则饲喂成熟的臭辣树叶或花椒树叶。前 3 龄虫期叶片投放量要适宜，添加过多会占用幼虫活动空间，影响其成长，同时也会造成一定的浪费；4、5 龄幼虫食量较大，若叶片添加不足，幼虫营养不良时，将会导致幼虫提前挂蛹，且蛹的体积较小，最终造成羽化时因体力不够导致的羽化失败。因此在幼虫 4、5 龄阶段可酌情增加叶片的饲喂量，以保证幼虫健康地生长发育。幼虫的饲养密度也非常重要，密度过大不利于其成长，密度过低会造成资源浪费。此外，要保持总体的饲养环境的干净并按时消毒，一旦发现幼虫的非正常死亡或被病菌霉菌感染，需及时清除死亡虫体或被感染的幼虫，给剩余的健康幼虫更换清洁的备用器具，对于被污染的器具，及时进行清洗并消毒。

蛹：待幼虫挂蛹后，可以将蛹从篮壁或笼壁上摘下，倒挂在湿润的纱布或毛巾上面，并将两蛹之间的间距控制在 5 厘米左右，以便其羽化后攀爬振翅，同时防止先羽化的蝴蝶攀爬时将还未羽化的蛹碰到掉落。挂满蛹的纱布或毛巾需将有蛹的一面朝下，斜挂在婚飞室内或饲养笼内，纱布或毛巾四角用夹子或别针固定。每天用喷壶进行人工喷水，保持纱布或毛巾表面湿润。若资源充足，也可以直接将挂有蝶蛹的饲养篮倒扣放置于架子上，待蝴蝶羽化振翅后再人工转移至婚飞室放飞。

成虫：蛹羽化为成虫后，在其未振翅之前，切记不要触摸或转移蝴蝶，以免对其造成惊吓，影响振翅以致成虫翅膀畸形甚至振翅失败造成死亡。待成虫振翅完成具备飞行能力之后，将蝴蝶转移至婚飞室放飞，

婚飞室内种植有相应的蜜源植物供其吸食, 另外还需配制浓度为 30%~40% 的葡萄糖溶液, 作为成虫的营养补充剂, 可以在盛有葡萄糖溶液的容器上面盖上一张干净的红布, 以模拟蜜源植物的花朵颜色吸引成虫吸食。此外, 婚飞室内还需配置相应的寄主植物, 以供成虫交配后产卵使用。

越冬蛹的保存: 除越冬蛹外, 一般蛹在 7~14 天内羽化, 让其自然羽化即可。对于越冬蛹, 将其摘下后用 2~3 层可湿水的柔软纸巾包裹好, 放入带盖的塑料盒(长×宽×高=20cm 高的塑料盒)中, 在盒子底部铺上一层报纸, 再在报纸上铺满脱脂棉, 将包好的蝶蛹轻轻放置在脱脂棉层上, 放满后在其上面再盖一层脱脂棉, 每两层之间用一层报纸隔开, 以防止蛹受到挤压导致的损坏。最后将装满越冬蛹的塑料盒盖好盖子后存放在 4 放的冰箱中, 待来年三月中旬将其按照前述方法取出后挂蛹。

4 结论与讨论

4.1 讨论

柑橘凤蝶的人工饲养, 需控制温度在 25~30 ℃, 湿度 75% 左右, 保持总体环境处于相对湿热的状态[11, 19]。柑橘凤蝶的寄主植物主要为臭辣树、花椒等芸香科植物[10, 15], 在饲养前期需要栽植充足的寄主植物以作为后期饲养幼虫的饲料, 同时要栽植一些寄主植物盆栽, 以便放进婚飞室供成虫产卵使用。对寄主植物要定期清除杂草、施加肥料, 保持寄主植物的长势茂盛以确保幼虫营养充足[14]。近 20 年来, 对于柑橘凤蝶的生物学习性的研究已经较为完备, 但对其各个龄期的详细形态学数据和人工饲养技术尚待完善, 为此本实验针对上述两点深入研究, 提出了一套高效实用的人工饲养技术体系, 一定程度上缩短了柑橘凤蝶的饲养周期, 提高了柑橘凤蝶在人工饲养过程中的成活率, 完成了对柑橘凤蝶的生物学特性的观察与记录, 提供了其幼虫各龄期详细准确的形态学数据, 同时对其完整生活史进行了高清拍照记录, 为柑橘凤蝶的分类和形态识别给予了一定的帮助。

4.2 结论

本研究提出的人工饲养技术方法提高了蝴蝶人工饲养的成活率, 同时提高了饲喂蝴蝶的效率, 但是仍

然存在不足, 例如人工饲养过程中蝴蝶的食物残渣、粪便、蜕皮等废物, 虽然使用了可漏虫砂的饲养篮或饲养笼, 但由于部分虫砂直径大于饲养篮或饲养笼孔径而无法漏出, 还需要人工清除, 但这样将不可避免会惊扰到幼虫, 影响其生长发育。在后续的研究过程中, 还需要不断探索、思考, 将饲养方法及饲养设备进行改进, 将研究重点放在蝴蝶人工饲料的探究与创新上, 同时还需探索对成虫交配、产卵等情况的掌控, 开发出更轻松简易且效率更高的饲养方法和技术体系, 进一步提高人工饲养蝴蝶的质量。

参考文献

- [1] 《中国观赏蝴蝶》正式出版 [J]. 林业科学研究, 2009, 22(03): 1-4.
- [2] 姜玉霞. 牡丹江地区两种重要的观赏及药用蝶类——金凤蝶和柑橘凤蝶 [J]. 中国林副特产, 2004,(05): 22-23.
- [3] Janowitz S A, Fisher K. Polyandry in *Bicyclus anynana* Butterflies Results from Sexual Conflict over Mating [J]. Ethology, 2012, 118(3): 1140-847.
- [4] Ide J-Y. Avoiding Male Harassment: Wing-Closing Reactions to Flying Individuals by Female Small Copper Butterflies [J]. Ethology, 2011, 117(13): 630~637.
- [5] Glass H W, Pan M L. Laboratory Rearing of Monarch Butterflies (Lepidoptera: Danaidae), Using an Artificial Diet [J]. Annals of the Entomological Society of America, 1983(3): 475-476.
- [6] Tkacheva E Y, Zagorinsky A A, Beiko V B. Methods of keeping and breeding of European swallowtail (*Papilio machaon*, Lepidoptera, Papilionidae) [J]. Zoologicheskyy Zhurnal, 2005, 3(85): 340-344.
- [7] 廖怀建, 杜婷, 刘微芬, 等. 一种珍稀蝴蝶大帛斑蝶的人工饲养方法 [J]. 应用昆虫学报, 2016, 53(03): 668-675.
- [8] 曹振民. 通过人工饲养技术保护和开发蝴蝶资源的探索 [D]. 河南农业大学, 2021.
- [9] 易传辉, 陈晓鸣, 史军义, 等. 柑橘凤蝶滞育期间糖类物质和脂肪含量变化 [J]. 西南农业学报, 2009, 22(04): 1142-1145.
- [10] 翟卿, 曾迅, 韩卫丽, 等. 柑橘凤蝶形态特征及年生活史研究 [J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2014, 27(4): 515-519.
- [11] 袁波, 莫怡琴. 贵州铜仁地区柑橘凤蝶的人工饲养方法 特征特性及应用 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39 (02): 824-825.

- [12] 董勇, 张岚, 杨萍, 杨世璋, 陈冰勇. 重庆主要观赏蝶类规模养殖技术 [J]. 南方农业(园林花卉版), 2010, 4(6): 33-37.
- [13] 李兴阁, 姚俊. 我国蝴蝶产业现状与发展的思考 [J]. 四川林勘设计, 2012(2): 21-24.
- [14] 周琬淋. 三种观赏蝴蝶饲养技术的改进及比较研究 [D]. 重庆: 重庆师范大学硕士学位论文, 2022.
- [15] 郑宇, 祝晓云, 张开艳, 等. 不同花椒品种对柑橘凤蝶幼虫的生长发育及生理酶活性的影响 [J]. 2023, 42(05): 52-57.
- [16] 熊博, 郭春华, 冯钰, 等. 观赏蝴蝶的幼虫饲料及其制备方法: CN202111428802.9 [P]. 2022-03-25.
- [17] 段匡. 云南凤蝶区系及多样性保护研究 [D]. 昆明: 云南大学硕士学位论文, 2021.
- [18] 杨帅, 刘楸, 赵雨菲, 等. 柑橘凤蝶蛹发声器的显微结构及防御作用 (英文) [J]. 昆虫学报, 2022, 65(09): 1196-1203.
- [19] 重庆师范大学. 柑橘凤蝶的一种人工养殖方法: CN202110669380.8 [P]. 2022-12-20.
- [20] 刘平, 师玉清, 朱绍昱, 等. 柑橘凤蝶化蛹时间对越冬蛹历期及羽化率的影响 [J]. 林业调查规划, 2017, 42(06): 12-15.
- [21] 王琳, 易传辉, 和秋菊. 我国蝶类昆虫生物多样性研究进展 [J]. 山东林业科技, 2009, 39(1): 105~107.