

碧凤蝶生物学特征及人工饲养技术研究



张越红^{1,2,3}, 廖树森^{1,2,3}, 罗春祥^{1,2,3}, 谷娜^{1,2,3}, 谭蕊^{1,2,3}, 方嘉怡^{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]通过对碧凤蝶 *Papilio bianor* Cramer 的生物学特征和人工规模化饲养技术的探究, 在重庆地区建立碧凤蝶的人工规模化繁育技术体系, 为碧凤蝶的资源开发利用和保护提供了有力的保障。[方法]通过野外引种成虫和人工繁育的方式, 在温度 25-30℃、湿度 70% ±5% 饲养条件下, 在重庆师范大学昆虫创新基地饲养碧凤蝶, 观察并记录碧凤蝶在各个发育时期详细的生长发育情况和生物学特征, 并以此总结出碧凤蝶在重庆地区人工规模化饲养的技术方法体系。[结果]观察和记录了碧凤蝶的生长发育历程及其各个发育阶段的生物学特征, 并在室内成功的进行了碧凤蝶的传代, 建立了一套完善的碧凤蝶人工规模化饲养技术体系。[结论]基于本研究建立的碧凤蝶饲养技术体系, 室内饲养的碧凤蝶各阶段生长发育情况良好, 能成功繁育得到后代, 本研究结果为碧凤蝶的规模化饲养提供了技术指导, 对该物种的保护和资源利用具有重要的意义。

关键词: 碧凤蝶; 生物学特征; 人工饲养技术

DOI: [10.57237/j.se.2024.03.004](https://doi.org/10.57237/j.se.2024.03.004)

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

Zhang Yue-hong^{1,2,3}, Liao Shu-sen^{1,2,3}, Luo Chun-xiang^{1,2,3}, Gu Na^{1,2,3}, Tan Rui^{1,2,3},
Fang Jia-yi^{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 technology of *Papilio bianor* Cramer, the artificial scale breeding technology system was established in Chongqing, providing a strong guarantee for the resource development, utilization and protection of *P. bianor*. [Methods] Adult insects were introduced into the field and artificially bred in the insect Innovation base of Chongqing Normal University at a temperature of 25-30℃ and a humidity of 70% ±5%. The detailed growth and biological characteristics of *P. bianor* were observed and recorded at various developmental stages. And then summed up the technical method system of the artificial large-scale breeding of *Papilio bianor* in Chongqing area. [Results] The growth and development process and biological

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: 2024-05-13; 接受日期: 2024-06-17; 在线出版日期: 2024-06-18

<http://www.sciadeng.com>

characteristics of each developmental stage of *P. bianor* were observed and recorded, and the generation of *P. bianor* was successfully carried out in indoor, and a complete set of artificial large-scale breeding technology system was established. [Conclusion] Based on the breeding technology system established in this study, the growth and development of *P. bianor* in all stages of indoor breeding are good, and the offspring can be successfully bred. The results of this study provide technical guidance for the large-scale breeding of *P. bianor*, and have important significance for the protection and resource utilization of this species.

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

1 引言

蝴蝶是隶属于昆虫纲(*Insecta*)鳞翅目(*Lepidoptera*)锤角亚目(*Rhopalocera*)的一类昆虫的总称,全世界共记载有7科18000余种,中国记载有6科2200余种,喜蝶科在中国无分布,是重要传粉昆虫和环境指示昆虫[1]。

蝴蝶由于其绚丽的色彩和在花间翩翩飞舞的姿态,成为了人们喜闻乐见的观赏昆虫。其中色彩鲜艳,吸引眼球,具有较高艺术性和观赏价值的蝴蝶种类被称为观赏蝴蝶,这些类群对于人类来说具有重要的观赏、经济和科普教育等价值[2]。因此,以蝴蝶为原料制作的各种工艺品在中国内外市场十分畅销,且价格昂贵,大量的观赏蝴蝶被捕捉并制作成标本和工艺品进行销售,这些蝴蝶样本大部分来自自然界,致使野外种群迅速减少,有些珍稀蝶类有绝灭的危险。对蝴蝶的种质资源和生态环境造成了一定的破坏。为了减少对自然界观赏蝴蝶的捕捉和对自然环境的破坏,从上世纪八十年代开始,中国内外的蝴蝶研究者们开始研究蝴蝶的人工繁育技术,通过人工繁育来获取观赏蝴蝶样本。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[3];随后 Hughes 等人 1993 报道了一种简单且低投入的实验室连续饲养黑脉金斑蝶的方法[4];2005年, Tkacheva 等人报道了用露天笼子、玻璃器皿和气候室对欧洲燕尾蝶进行饲养繁殖的方法,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[5];2017年,陈晓鸣等人在中国已经建立了成熟的观赏蝴蝶规模化人工养殖及彩蝶飞舞景观构建关键技术,针对蝴蝶产业中多数蝴蝶生物学特征不清,寄主植物不明、规模养殖中病虫害严重,产量低,野外难以形成蝴蝶景观等问题,通过15年研究的突破和创新,首次建立了观赏蝴蝶种质资源库,创建了蝴蝶规模养殖技术,掌握了主要观赏蝴蝶的行为特征、化学生态学特征,同时创建了蝴蝶诱集技术,研发出蝴蝶景观构建技术,突破了野外

难以形成彩蝶飞舞景观的瓶颈[6]。从上世纪 80 年代开始,中国开始陆续出现了一批活体蝴蝶馆、观光蝴蝶园;90 年代后,生态蝴蝶园、蝴蝶谷、蝴蝶博物馆等如雨后春笋般纷纷涌现,供人们参观欣赏及开展科普教育活动,受到广大市民、青少年和儿童的喜爱[7]。

碧凤蝶 *Papilio bianor* Cramer 隶属于鳞翅目于凤蝶科 *Papilionidae* 凤蝶属 *Papilio*, 别名碧翠凤蝶, 是一种大型观赏蝴蝶, 由于其后翅被覆绿蓝相间的金属色鳞片和发达的尾突, 被广大蝶类爱好者所喜欢[8]。碧凤蝶是各地常见种, 中国除新疆外各地区都有分布, 国外分布于俄罗斯东部、朝鲜半岛、日本至印度的广大地区。碧凤蝶不像其它大型蝴蝶那样栖息于高山或隐于山林间, 而是在城乡边缘生活、繁衍, 大方的展现它们的美丽, 其次具有很高的经济、文化和科研价值, 碧凤蝶的鳞片具有的独特光学特性可为自适应变色伪装、传感检测等仿生智能材料领域提供一定的参考[9], 还可以将 5 龄幼虫烤焙干燥研成粉末供小儿化疳积消食之用[10]。

对于碧凤蝶饲养的研究,国内外均已有相关的报道。早在 1978-1981 年期间邓政炎在广东各地采集调查,对碧凤蝶等 8 种凤蝶的卵、幼虫和蛹的主要形态特征,并附图和检索表,为今后的凤蝶生活习性和发生规律的研究奠定了基础[11];接着,卢东升在河南信阳通过人工饲养技术对碧凤蝶生物学性状、生活史及生活习性初步观察,为碧凤蝶大规模人工饲养及其保护提供基础资料[12];随后,杨萍等人在重庆通过对碧凤蝶养殖生物学研究,得到了在一定温度和湿度的范围内,碧凤蝶都能人工养殖成功和最佳饲养温度以及寄主植物的栽培,获取种源最佳时间[13];近年来,侯慧峰等人对辽南地区常见观赏蝴蝶的养殖场所、养殖过程及养殖注意事项等方面进行了初步研究,对碧凤蝶等 4 种辽南常见观赏蝴蝶进行人工养殖,总结养殖技术和养殖过程中的注意事项,为人工养殖观赏蝴蝶

提供一定的参考[14]。

碧凤蝶因其优美的姿态和美丽的花纹成为重要的观赏蝴蝶，但由于其野外分布数量少和利益驱使的大量采集，野外种群逐年减少，因此，探索碧凤蝶的人工饲养是一种最为直接有效的解决方案。本研究通过野外引种，在室内对碧凤蝶的生长周期进行观察和实验，记录并研究了碧凤蝶各个发育时期详细的生活史和生物学特征；同时通过在重庆地区野外引种，基于人工栽培的碧凤蝶的蜜源和寄主植物，首次成功的在重庆地区建立了碧凤蝶的人工规模化繁育技术体系，并总结了其人工饲养技术的技术方法和条件，为该种蝴蝶在全国的人工繁育技术推广提供了技术方法基础。该研究为碧凤蝶的资源利用和保护提供了有力的保障。

2 材料与方法

2.1 实验材料

2.1.1 供试虫源

碧凤蝶的成虫来源于本蝴蝶饲养基地，引进时为



A、臭辣吴萸；B、川黄檗；C、花椒；D、柑橘；E、马利筋；F、马樱丹

图 1 用于碧凤蝶的寄主及蜜源植物

A: *Evodia fargesii*, B: *Phellodendron chinense*, C: *Zanthoxylum bungeanum*, D: *Citrus reticulata*, E: *Asclepias curassavica L.*, F: *Lantana camara L.*

Figure 1 Host and nectar source plants for breeding *P. bianor*

2.3 方法

2.3.1 饲养方法

实验室饲养技术采用室内器具饲养，选用空调控

成虫，引进的成虫置于重庆师范大学蝴蝶生态园中，在野外捕获成虫套卵，或将捕获的成虫放入大型网室内交配繁殖产卵。所得的卵，在室内孵化、养殖，化蛹、羽化。将幼虫带进室内饲养，从生态园中摘取花椒叶、臭辣吴萸叶来喂养碧凤蝶。

2.1.2 材料用具

圆柱形牙签盒（底部直径 5 cm，高 8.5 cm）、饲养盒、饲养篮（大号直径为 28 cm，中号直径为 25 cm、小号直径为 22 cm）、饲养笼、婚飞室、饲养架、空调、遮阳网、镊子、报纸、牙签、排笔、硫酸纸、医用纱布、脱脂棉、橡皮筋、剪刀、美工刀、标签贴、签字笔、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

根据野外调查和文献参考，种植的用于碧凤蝶饲养的寄主和蜜源植物见（图 1）：臭辣吴萸、黄檗、花椒、柑橘树，蜜源植物：马利筋，马樱丹。

制实验室的温度，人工喷水和加湿器的方式补充饲养区域的湿度。实验室温度控制在 25~30 °C，湿度控制在 75% ±5%，夜晚无需补光。户外婚飞室采用放养模式进行饲养，用雾化喷头喷水的方式补给大棚区域的湿度，夜间无需补光，模拟蝴蝶野外自然生存环境。

在 2023 年 4 月-2023 年 10 月期间选择好上述适宜温度与湿度的时间段对供试虫源进行饲养, 探索其规模化人工饲养方法, 记录其生物学特征。

2.3.2 观察与记录

本实验采用实验室饲养技术对碧凤蝶进行饲养研究, 从蝶卵开始, 其每一生长发育时期的形态特征都采用 VHX-5000 超景深拍照系统(日本, 基恩士) 拍摄观察并记录部分生长发育时期的体长。在温度为 25 ℃, 湿度为 75% 时, 选取碧凤蝶初孵化的第二代 1 龄幼虫各 100 头, 均分后分别用实验室饲养技术, 记录在这种饲养技术下碧凤蝶第二代幼虫的成活率数据, 及各龄期的形态学形式。

3 结果

3.1 碧凤蝶各个发育时期的生物学特征及习性

卵(图 2A): 呈圆球形, 表面无明显脊纹, 底面扁平, 直径约 1.10~1.25 mm, 初产为乳白色至浅黄色, 后随胚胎发育逐渐发育成深灰色, 卵大多散产在寄主植物成熟叶片反面上, 有时也产在叶的正面、嫩叶、树干和附件的杂草上。经历 3~5 天后孵化为一龄幼虫。

幼虫: 幼虫分为 5 个龄期, 幼虫刚孵化后会先吃掉卵壳, 每一龄期幼虫生长到一定程度需蜕皮同时脱下头壳, 大多时期停留在光照稀疏的地方, 觅食活动大多在清晨或傍晚。

1 龄幼虫(图 2B): 刚孵化时, 幼虫头黑色, 体灰黄色, 孵化后 8 小时内变为灰黑色, 各体节有两对黄褐色棘毛, 前胸及腹部的 8~9 腹节枝刺最长。头端两条棘, 尾端具两长两短的四条棘, 体背有四列短棘。在发育 2~4 天后进入下一龄期。

2 龄幼虫(图 2C): 通体呈灰褐色, 头黑褐色, 背面灰黄色, 腹面灰色, 头两端两条棘, 尾端四条棘, 幼虫体中部有一白色条纹。在发育 2~4 天后进入下一龄期。

3 龄幼虫(图 2D): 头黑褐色, 体呈灰绿色, 腹足淡绿色。胸部膨大, 腹部 1~2 节的两侧有白斑纹, 各体节枝刺缩短为毛瘤, 头两端两条棘, 尾端四条棘, 虫体中部有一白色条纹。在发育 3~6 天后进入下一龄

期。

4 龄幼虫(图 2E): 通体呈灰绿色到绿色, 头灰褐色, 末龄虫体绿色, 头部两侧区斑纹灰白。食量开始增加, 身体发育较快。体表具疣虫体中部具白色条纹, 体色斑纹同 3 龄, 触角黄色, 胸足淡黄色, 爪黑色。体中有白色 V 形条纹从腹部起始至背, 较 3 龄而言体表光泽减弱。在发育 4~7 天后进入下一龄期。

5 龄幼虫(图 2F): 初为黄绿色后转为暗绿色, 头淡绿色, 胸部青绿色, 腹面白色, 胸足半透明, 体侧具四条黑色斜纹, 前端具黑色曲线状条纹, 体表光滑, 前后端具两短棘。前胸具黑色曲线条纹, 两红色眼斑, 前后端具两对短棘。第 4~5 腹节两侧斜带纹黄褐色, 延伸到第 5 腹节背面不相接, 第 6 节两侧短斜带纹黄褐色, 前胸前缘臭丫腺角橙黄色。在发育 5~10 天后挂蛹。

蛹期(图 2G): 缢蛹, 翠绿色, 体背中央幼浅黄色背脊线, 缠绕丝线处有 2 个黄色斑[15]。头部角状突顶端较尖, 中央凹入较浅, 呈园弧形, 前胸窄, 中胸宽阔, 中胸背突近弧形。背面有黄斑点, 蛹体两侧边缘各有黄褐色纵脊线一条, 赤褐色外形同绿色型, 唯两侧纵脊线黄白色, 蛹挂丝部位背面具有两个明显点状斑纹, 羽化前转变为褐色。挂蛹 8~12 天左右后羽化为成虫。

成虫(图 2H): 成虫为大型蝶类, 身体和翅膀呈黑色, 翅呈三角形, 前后翅正面布满蓝青色鳞片, 尤其是后翅前缘至中域更为明显, 后翅亚外缘有 6 个粉红色和蓝色飞鸟形斑, 臀角有 1 个半圆形粉红色斑, 反面色淡斑纹比正面明显[16]。喜欢栖息在寄主植物不远处潮湿阴凉处和小溪处, 吸食蜜源植物花蜜。喜欢访花, 雄蝶爱吸水, 飞行迅速, 路线不规则, 常活动于林缘开阔地[17]。成虫整体为黑褐色, 翅面密布金绿色鳞片, 它们闪亮的颜色经常用来作为威胁天敌或者占领地盘的工具[18], 雌蝶相较雄蝶后翅的飞鸟形纹发达。

表 1 碧凤蝶幼虫各个龄期的头宽、体长及发育历期

Table 1 Head width and body length of each instar of the *P. bianor* Cramer larva

龄期	头壳宽度(mm)	体长 (mm)	发育历期 (d)
1 龄	0.58±0.03	4.03±0.09	2~4
2 龄	1.47±0.04	6.96±0.12	2~4
3 龄	2.69±0.06	15.45±0.27	3~6
4 龄	4.84±0.08	29.23±0.22	4~7
5 龄	7.12±0.14	42.77±0.24	5~10

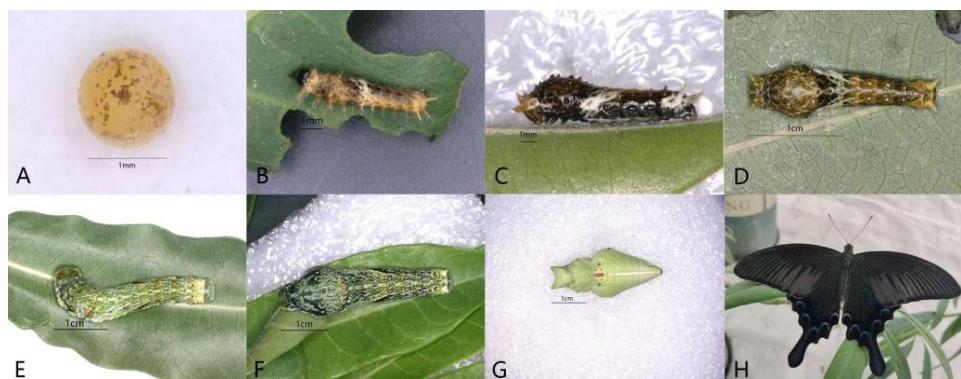


图 2 碧凤蝶的形态特征

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 *P. bianor*

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

3.2 碧凤蝶人工饲养技术

卵期: 卵期孵化时, 需注意温度、湿度, 温度保持在 25-30℃, 相对湿度控制在 60~80%, 用牙签盒装好, 每天替换寄主植物, 防止叶片干枯。同时, 碧凤蝶的寄主植物臭辣树的树叶叶片较薄, 较其他树叶更易干枯, 可一日更换两次, 等待其卵孵化。

幼虫: 碧凤蝶的最佳饲养温度为 25℃, 饲养过程中主要使用臭辣树叶喂养, 早晚一次添加饲料。刚孵化的幼虫体型很小, 1-3 龄幼虫食量较小, 通常无需转移幼虫, 只需每天更换新鲜小片臭辣吴萸叶, 直至幼虫转移至新鲜臭辣吴萸叶上再将旧臭辣吴萸叶取出。在牙签盒内养至 3 龄后转入饲养篮中, 篮中垫报纸以便及时更换保持清洁。将孵化盒中的幼虫用植物枝条或牙签转移至饲养篮中进行饲养, 不能用力捏起幼虫, 若幼虫有损伤则很难存活。待幼虫长至 3 龄时, 在饲养篮中加入适量新鲜臭辣吴萸叶铺在篮底, 将饲养篮放入饲养笼内, 等待篮中幼虫爬出后将篮取出, 直至幼虫完全转移至笼中为止。

其中饲养 1~5 龄的幼虫都选取成熟的臭辣吴萸叶, 4 龄以上的幼虫, 食量逐渐增加, 几只幼虫即可在一天内吃完一株臭拉茱萸、花椒叶等, 无叶片可吃后, 幼虫又会四处乱爬, 未被及时发现的幼虫易死亡, 所以每天需及时观察一笼幼虫一天大概需要多少叶子。也可将其移入饲养篮中, 每天上下午更换叶片, 及时处理枯叶和虫砂。同时关闭培养室的灯和窗帘, 为幼虫挂蛹提供一个阴暗的环境。1~3 龄期不宜添加叶片, 导致幼虫活动空间减少, 使得幼虫体型小活力低; 4~5 龄

期幼虫食量逐渐增加, 每天早晚适时观察幼虫, 适当添加叶片, 清理虫砂与叶梗; 尤其是 5 龄期, 每天早晚对幼虫进行观察, 适当添加叶片并对枯枝叶进行清理, 保证饲养环境的清洁。在整个饲养过程中, 要严格要求周围环境无污染, 一旦发现幼虫的非正常死亡或者被病菌感染, 需要及时隔离、清理, 避免更多的幼虫被感染。

蛹期: 幼虫挂蛹之后, 等待蛹期羽化, 羽化后及时转入婚飞室。同时, 羽化过程中避免挪动惊扰羽化, 若有挂蛹过程中缢丝断裂挂蛹中断, 及时转移出笼子放入单独篮子里观察, 后续若化蛹成功将其放在湿润的纱布上继续等待羽化。如有挂蛹失败, 及时转移出避免干扰其他蛹的羽化。

成虫: 蛹羽化至蝴蝶未振翅时, 注意不要触摸蝴蝶以免对其造成惊扰。在成虫羽化振翅结束逐渐成型后, 放入婚飞室进行饲养, 碧凤蝶需要其蜜源植物, 因此配制 30% 的葡萄糖水补充糖分, 此外, 在盛放葡萄糖溶液的容器上需盖上一块红布以此吸引成虫取食, 婚飞室内也种植着寄主及蜜源植物, 以便成虫产卵, 羽化后经过一段时间飞行进行交尾、产卵。同时注意防止蜘蛛、蚂蚁、蚜虫的入侵使刚孵化的卵被吃掉。

越冬蛹的养育: 除越冬蛹外, 一般蛹在 8~12 天内就会羽化, 无法长期保存, 故让其自然羽化即可。保存越冬蛹时, 需要先准备好塑料盒 (20×12×8cm) 作为放置蝶蛹的容器, 在盒底垫上两层干净报纸, 报纸上铺满脱脂棉, 最后再放入 3~5 层柔软的吸水纸巾, 每个蝶蛹用吸水纸包裹住后放入盒内, 盖上盒盖密封, 再放入 4~8℃ 的冰箱内低温贮藏, 次年春天再取出挂蛹。

4 讨论

碧凤蝶是著名的大型蝴蝶，作为一种重要的观赏蝴蝶，备受人们喜爱，市场需求量大，碧凤蝶色彩美丽，体形较大，是观赏价值较高的一种蝶类，近年来因过度采集、农药化肥的大量使用、生态破坏等，野外资源逐渐减少，成虫也不能完全避免被天敌捕食，幼虫死亡率高以及野外天敌太多，导致野外种群数量低，相比其观赏昆虫的价值，碧凤蝶更多的是探索其生物学习性及人工饲养技术。近10年来，对其进行生物学习性的探索研究已经较为深入，但其各个发育时期详细的形态学特征依然缺乏。

本研究通过引进幼虫和人工驯化培养，对人工饲养条件下的生活史、生活习性及生物学性状进行初步观察，为进行大规模人工饲养、开发这一资源，建立了一整套适用于重庆地区的碧凤蝶人工规模化繁育技术，缩短了碧凤蝶饲养周期，提高了碧凤蝶的存活率，为蝴蝶资源的保育与开发提供了帮助。在前人研究的基础上，对碧凤蝶的生物学习性和生活史进行了深入探究，通过对卵、各龄期幼虫、蛹和成虫的形态学特征和发育周期进行高清拍照和详细描述，并测量了幼虫各个龄期的头宽和体长，为碧凤蝶的分类和形态识别提供了详细和准确的形态学数据。

5 结论

本研究所提供的饲养方法能提高蝴蝶幼虫的成活率，收获更多的成虫，但由于寄主植物有限，成虫的交配、产卵、化蛹等情况难以掌控，因此如何提高单位时间内碧凤蝶的产量和质量将是下一步的研究重点，同时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饲养篮，但由于部分虫砂与饲养篮孔径不同无法漏出，还需要人工挑出，无法避免对蝴蝶幼虫有所惊扰。在今后的饲养过程中，还需要不断探索、思考，将饲养方法及饲养设备进行改进，开发出更加轻松简易的蝴蝶饲养方法，实现效率最大化，并进一步提高人工饲养蝴蝶存活率。

参考文献

- [1] 陈晓鸣, 周成理, 史君义, 石雷, 易传辉等. 《中国观赏蝴蝶》正式出版 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2008: 12-17.
- [2] 马方舟, 徐海根, 丁晖等. 我国蝴蝶多样性的保护现状与对策 [J]. 世界环境, 2016, (S1): 29-31.
- [3] Glass H W, Pan M L. Laboratory Rearing of Monarch Butterflies (Lepidoptera: Danaiidae), Using an Artificial Diet [J]. Annal of the Entomological Society of America, 1983(3): 475-476.
- [4] Hughes P R, Radke C D, Renwick A A. A Simple, Low-Input Method for Continuous Laboratory Rearing of The Monarch Butterfly (Lepidoptera: Danidae) for Research [J]. American Entomologist, 1993(2): 2.
- [5] Tkacheva E Y, Zagorinsky A A, Beiko V B. Methods of keeping and breeding of European swallow tail (*Papilio machaon*, Lepidoptera, Papilionidae) [J]. Zoologichesky Zhurnal, 2005, 3(85): 340-344.
- [6] 陈晓鸣, 观赏蝴蝶规模化人工养殖及彩蝶飞舞景观构建关键技术. 云南省, 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 2017-05-04.
- [7] 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.
- [8] 中国科学院中国动植物志编辑委员会主编. 中国动物志. 昆虫纲, 鳞翅目 凤蝶科 凤蝶亚科 锯凤蝶亚科 绢蝶亚科. 第25卷 [M]. 科学出版社, 2001.
- [9] 邓政炎. 广东柑桔上八种凤蝶幼期特征的鉴别 [J]. 海南大学学报 (自然科学版), 1990, (01): 12-22.
<https://doi.org/10.15886/j.cnki.hdxbzkb.1990.01.003>
- [10] 王龙, 汪刘应, 许可俊, 等. 碧凤蝶鳞片的微纳结构及其光学特性 [J]. 光学学报, 2021, 41(05): 183-191.
- [11] 卢东升. 信阳碧凤蝶人工饲养初步观察 [J]. 信阳师范学院学报 (自然科学版), 1997, (02): 71-73.
- [12] 杨萍, 漆波, 邓合黎, 等. 碧凤蝶的生物学特性及饲养 [J]. 西南农业大学学报 (自然科学版), 2005, 27(1): 44-49.
- [13] 侯慧锋, 王海荣. 辽南地区观赏蝴蝶养殖技术初探 [J]. 辽宁农业职业技术学院学报, 2021, 23(03): 5-7+14.
- [14] 卢志洪, 林鲸, 刘良源. 修河源区碧凤蝶生物学特性观察和保育 [J]. 江西科学, 2016, 34(06): 819-821.
<https://doi.org/10.13990/j.issn1001-3679.2016.06.019>
- [15] 贾凤海, 陈春泉, 何桂强. 江西蝶类生活史研究 I(井冈山卷) [M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 2011.
- [16] 周尧. 中国蝶类志 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1994: 409-880.
- [17] 张军生. 内蒙古大兴安岭林区蝶类种的记述 (一) —— 凤蝶科和绢蝶科 [J]. 内蒙古林业科技, 2009, 35(02): 44-46.
- [18] 秦佑华, 刘锋, 殷海玮, 等. 碧凤蝶翅膀上的一维光子结构 [J]. 科学通报, 2007, (18): 2101-2106.