

枯叶蛱蝶生物学特征及人工饲养技术研究（凤蝶总科：蛱蝶科）



张越红^{1,2,3}, 廖树森^{1,2,3}, 罗春祥^{1,2,3}, 卓鑫兰^{1,2,3}, 田佳颖^{1,2,3}, 张紫彤^{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]通过对枯叶蛱蝶 *Kallima inachus* (Doyère, 1840) 的生物学特征和人工规模化饲养技术的探究, 在重庆地区建立枯叶蛱蝶的人工规模化繁育技术体系, 为枯叶蛱蝶的资源开发利用和保护提供了有力的保障。[方法]通过购买幼虫和人工繁育的方式, 在温度 25-30℃、湿度 80%~90% 饲养条件下, 在重庆师范大学昆虫创新基地饲养枯叶蛱蝶, 观察并记录枯叶蛱蝶在各个发育时期详细的生长发育情况和生物学特征, 并以此总结出枯叶蛱蝶在重庆地区人工规模化饲养的技术方法体系。[结果]初步掌握了枯叶蛱蝶的生长发育历程及其各个发育阶段的生物学特征, 并成功地繁育了下一代枯叶蛱蝶, 建立了一套完善的枯叶蛱蝶人工规模化饲养技术体系。[结论]运用该技术方法, 枯叶蛱蝶的各阶段生长发育情况良好, 能成功繁育得到后代, 本研究结果为枯叶蛱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: 枯叶蛱蝶; 生物学特征; 人工饲养技术

DOI: [10.57237/j.life.2024.01.004](https://doi.org/10.57237/j.life.2024.01.004)

Study on Biological Characteristics and Artificial Breeding Techniques of *Kallima inachus* (Papilionoidea: Nymphalidae)

Zhang Yue-hong^{1,2,3}, Liao Shu-sen^{1,2,3}, Luo Chun-xiang^{1,2,3}, Zhuo Xin-lan^{1,2,3}, Tian Jia-ying^{1,2,3}, Zhang Zi-tong^{1,2,3}, Chen Bin^{1,2,3}, Yan Zhen-tian^{1,2,3,*}

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

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

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

Abstract: [Objective] By exploring the biological characteristics and artificial scale breeding techniques of *Kallima*

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);

重庆市大学生创新创业训练计划项目《五种观赏蝴蝶的生物学习性及人工饲养技术研究》(S202210637014).

*通信作者: 闫振天, 525201877@qq.com

收稿日期: 2024-01-14; 接受日期: 2024-02-26; 在线出版日期: 2024-03-11

<http://www.lifescitech.org>

inachus (Doyère, 1840) Doubleday in Chongqing, the artificial scale breeding technique system of *Kallima inachus* Doubleday was established, which provided a strong guarantee for the resource development, utilization and protection of the butterfly. [Methods] By purchasing larvae and artificial breeding, the insects were raised in the Insect Innovation Base of Chongqing Normal University at a temperature of 25-30 °C and a humidity of 80% to 90%, and the detailed growth and development and biological characteristics of the butterflies were observed and recorded. Based on this, the paper summarizes the technique and method system of artificial large-scale breeding of *Kallima inachus* in Chongqing area. [Results] The growth and development process and the biological characteristics of each developmental stage were initially mastered, and the next generation of *Kallima inachus* was successfully bred, and a complete technical system of artificial large-scale breeding of *Kallima inachus* was established. [Conclusion] Using this technique and method, the growth and development of *Kallima inachus* were good at all stages, and the offspring could be successfully bred. The results of this study provide technical guidance for the large-scale breeding of *Kallima inachus*, and have important significance for the conservation and resource utilization of this species.

Keywords: *Kallima inachus*; 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[凤蝶科（Papilionidae）、喜蝶科（Hedylidae）、弄蝶科（Hesperiidae）、粉蝶科（Pieridae）、蛱蝶科（Riodinidae）、灰蝶科（Lycaenidae）、蛱蝶科（Nymphalidae）] 18000 余种，中国记载有 6 科（喜蝶科在中国无分布）2000 余种，是重要传粉昆虫和环境指示昆虫[1]。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，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，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，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]。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[6]。

其中，枯叶蛱蝶 *Kallima inachus* (Doyère, 1840) 隶属于鳞翅目蛱蝶科 Nymphalidae 枯叶蛱蝶属 *Kallima*。对于枯叶蛱蝶饲养的研究，之前国内外均有成功研究[7]。杨萍等人报道了在室内用使用饲养器具养殖枯叶蛱蝶的方法，提出在室内模拟的温度、湿度、自然环境条件下，枯叶蛱蝶生长发育良好，生长速度加快，并指出枯叶蛱蝶是蝴蝶养殖产业化的先导种之一[8]；随后，周成理等人尝试采用室内饲养和繁殖园放养两种饲养技术相结合的方法养殖枯叶蛱蝶，对枯叶蛱蝶峨眉种群的规模化人工饲养技术做了系统研究[9]。枯叶蛱蝶，在中国分布主要集中于秦岭-淮河以南，主要产于长江流域；而国外则主要分布于日本、越南、缅甸、泰国、印度、尼泊尔、不丹、锡金等国家[10]。

枯叶蛱蝶合上翅膀形似一片枯叶，是昆虫界中广为人知的伪装高手，具有很高的经济、文化和科研价值。在第二次世界大战期间，苏联昆虫学家施万维奇利用蝴蝶色彩在花丛中不易被发现的特性，将这种拟态伪装技术应用于军事行动，从而确保了列宁格勒军事基地的安全[11]。枯叶蛱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，探索枯叶蛱蝶的人工饲养是一种最为直接有效的解决方案。本研究通过对枯叶蛱蝶 3 年的观察和实验，记

录并研究了枯叶蛱蝶各个发育时期详细的生活史和生物学特征；同时通过幼虫引种，基于人工栽培的枯叶蛱蝶的蜜源和寄主植物，首次成功的在重庆地区建立了枯叶蛱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。该研究为枯叶蛱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

枯叶蛱蝶 *K. inachus* 的幼虫来源于其他蝴蝶饲养基地，引进时为 1 龄幼虫，引进的幼虫置于消毒后的脱脂棉泡沫方箱中，由快递运输道重庆师范大学蝴蝶生态园，到从蝴蝶生态园之后，将幼虫带进室内饲养，从生态园中摘取马蓝来喂养枯叶蛱蝶。

2.1.2 饲养工具及试剂

圆柱形牙签盒（底部直径 5cm，高 8.5cm）、饲养盒、饲养篮（大号直径为 28cm，中号直径为 25cm、小号直径为 22cm）、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 寄主及蜜源植物

种植的寄主植物（图 1）：马蓝，蜜源植物：马利筋，马樱丹。



A、马蓝 B、马樱丹 C、马利筋

图 1 用于枯叶蛱蝶饲养的寄主及蜜源植物

A: *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze, B: *Lantana camara* L. C: *Asclepias curassavica* L.

Figure 1 Host and nectar source plants for breeding *Kallima inachus*

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，选用空调控制实验室的温度，人工喷水的方式补充饲养区域的湿度。实验室温度控制在 25~30℃，湿度控制在 80~90%，相对周期 L:D=12:12，夜晚无需补光[12]。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[13]。

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枯叶蛱蝶进行饲养研究，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）及佳能 D70 微距相机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 80% 时，选取枯叶蛱蝶初孵化的第二代 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枯叶蛱蝶第二代幼虫的成活率数据，及各龄期的形态学形式。

2.3.3 数据处理及分析

采用 Excel 2010 对记录的数据进行计算和整理。

3 结果

3.1 枯叶蛱蝶各个发育时期的生物学特征及习性

卵：呈香瓜形，表面均匀分布有 11~13 条纵向沟脊，直径约 1~1.3mm，初产为浅绿色，后逐渐发育成蓝绿色，孵化时发育成黑色，卵单个或多个产在寄主植物茎、叶上或附件的枯枝、落叶上。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，遇到危险时会吐出绿色液体或弯

曲装死。

1 龄幼虫：体呈暗褐色至棕褐色，全身密被绒毛，绒毛细软，微微弯曲。头黑色，头部无触角。在发育 2-4 天后进入下一龄期。

2 龄幼虫：通体呈棕褐色，头部长出 1 对黑色触角，长度约 0.5mm，体表绒毛变为肉质棘刺，棘刺分叉明显且较短，不足 0.5mm，呈黑色或褐色，棘刺基部呈黑色。在发育 2~4 天后进入下一龄期。

3 龄幼虫：头黑色，体呈棕褐色，棘刺黑色。背侧棘基部开始出现黄色的瘤，头部触角长约 2mm。在发育 4~6 后进入下一龄期。

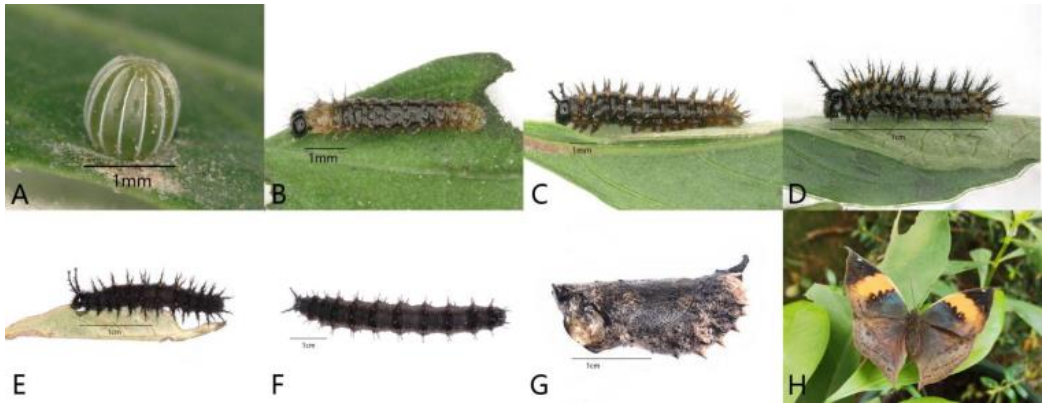
4 龄幼虫：通体呈黑色，临近末期渐至深灰色。背侧棘刺基部完全发育为黄色。食量开始增加，身体发育较快，末龄虫体棕黑色至黑色，背面及侧面有棘 9 列，棕红色，尖而硬。在发育 5~6 天后进入下一龄期。

5 龄幼虫：通体呈黑色，身体肥壮，尾端和头部较身体中部纤细。棘刺整体为红色，基部橙红色，食量明显变大，化蛹前食量减少，喜栖息于寄主植物较隐蔽的枝干靠近地面处上准备吐丝，倒垂身体，尾端悬

挂于寄主植物，头端向下进入预蛹期。发育 5-10 天后进入蛹期。

蛹：悬蛹，悬垂在寄主植物较结实的枝干上，黑褐色，间杂着白褐色斑，头前端二分叉，胸部背面突起成脊状，腹部向内凹陷一弧形，腹部背面每一腹节都具有许多短圆锥状刺突，尾部末端最后几节逐渐靠近，明显变小，45 度弯曲呈弧形。体长 28.0~32.1mm，体宽 8.1~11.3mm。其尾部有丝粘连在壁上，胸后部有一细丝，两端固定于壁上形成闭合环，将蛹体环绕固定。挂蛹 9~13 天左右后羽化为成虫。

成虫：模拟枯叶的形态，成蝶雌雄同型，翅正面整体呈蓝黑色，具有鲜艳、较宽的黄色中横带，翅背具有逼真的枯叶纹理。前翅前缘强度弧形弯曲，顶角尖出，外缘在 Cu2 脉处突出，后翅有短尾突 1 根[14]。雌、雄蝶触角均为棒状触角，由柄节、梗节和鞭节组成，雌蝶的柄节长度显著长于雄蝶。喜欢栖息在寄主植物不远处潮湿阴凉处，吸食腐烂水果发酵汁液或蜜源植物花蜜。



A、卵；B、1 龄幼虫；C、2 龄幼虫；D、3 龄幼虫；E、4 龄幼虫；F、5 龄幼虫；G、蛹；H、成虫
图 2 枯叶蛱蝶各虫期形态

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
Figure 2 Morphology of each stage of *Kallima inachus*

表 1 枯叶蛱蝶幼虫各个龄期的头宽和体长
Table 1 Head width and body length of each instar of the *Kallima inachus* larva

龄期	头壳宽度 (mm)	体长 (cm)
1 龄	0.90±0.05	0.50±0.10
2 龄	1.42±0.04	1.15±0.40
3 龄	2.02±0.03	1.90±0.25
4 龄	2.95±0.09	3.60±1.20
5 龄	4.16±0.08	5.08±0.90

3.2 枯叶蛱蝶的人工饲养技术

卵：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 80~90%，用牙签盒装好，在牙签盒内放入新鲜的小片马蓝叶，每天更换保持新鲜，等待其卵孵化。

幼虫：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马

蓝，直至幼虫转移至新鲜马蓝上再将旧马蓝叶取出。在牙签盒内养至3龄后转入饲养篮中，饲养篮浸泡于消毒水中后晾干，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马蓝叶铺在篮底，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1~3龄的幼虫选取臭辣树叶或幼嫩的柑橘叶、柚子叶，4~5龄幼虫选取臭辣树叶或成熟的柑橘柚子叶。3龄前幼虫饲料添加需适量，过量添加导致幼虫活动空间被占用，使得幼虫体型小活力低。4龄时幼虫体型增大迅速，食量增大，可适当多添叶片。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。其中饲养1~3龄的幼虫选取幼嫩的马蓝叶，4~5龄幼虫选取成熟的马蓝叶。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马蓝，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：悬蛹，灰黑色，头前端二分叉，胸部背面突起成脊状，腹部背面每一腹节都具有许多短圆锥状刺突，尾部末端最后几节逐渐靠近，明显变小，45度弯曲呈弧形。近菱形，头部分叉，呈猫头状；大多呈黄绿色，部分为橙灰色；其尾部有丝粘连在壁上，胸后部有一细丝，两端固定于壁上形成闭合环，将蛹体环绕固定。

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，枯叶蛱蝶是典型的食腐蝶类，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。

越冬成虫的养育：进入滞育的雌雄成虫活动很少，常长时间地停息在荫蔽场所，偶尔飞出取食和晒太阳。越冬期间，成虫群栖在荫暗的角落，头部朝下，排在一起。在此期间也保持着腐烂水果和葡萄糖溶液为枯叶蛱蝶提供糖分营养。同时，寄主植物也应保持存活为来年产卵做准备。

4 结论与讨论

4.1 讨论

枯叶蛱蝶是著名的拟态昆虫，作为一种重要的观赏蝴蝶，备受人们喜爱，市场需求量大，即使拥有高度进化的拟态，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，枯叶蛱蝶更多的是探索其生物学习性及人工饲养技术[15]。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，建立了一整套适用于重庆地区的枯叶蛱蝶人工规模化繁育技术，缩短了枯叶蛱蝶饲养周期，提高了枯叶蛱蝶的存活率，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，对枯叶蛱蝶的生物学习性进行了深入探究，通过对其卵、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，为枯叶蛱蝶的分类和形态识别提供了详细和准确的形态学数据。

4.2 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枯叶蛱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，

不可避免地会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，进一步提高蝴蝶饲养成活率。

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: Danaidae), Using an Artificial Diet [J]. Annals 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: Danaidae) 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 swallowtail (Papilio machaon, Lepidoptera, Papilionidae) [J]. Zoologicheskyy Zhurnal, 2005, 3(85): 340-344.
- [6] 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.
- [7] 董勇, 张岚, 杨萍, 等. 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, 04(006): 33-37.
- [8] 李朝晖, 华春, 虞蔚岩等. 黑脉蛱蝶的生物学特性与生境调查 [J]. 昆虫知识, 2008(5): 754-757+843.
- [9] 周成理, 史军义, 陈晓鸣, 等. 枯叶蛱蝶规模化人工繁育研究 [J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(5).
- [10] 周尧. 中国蝶类志 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1994: 409-880.
- [11] 彭文. 枯叶蝶的模仿天赋从何而来 [J]. 百科知识, 2022, (29): 22.
- [12] 易传辉, 陈晓鸣, 史军义等. 光周期和温度对枯叶蛱蝶幼虫生长发育的影响 [J]. 昆虫知识, 2008(04): 597-599.
- [13] 易传辉, 陈晓鸣, 史军义等. 光周期对枯叶蛱蝶幼虫生长发育的影响 [J]. 西北林学院学报, 2008, (05): 124-126.
- [14] 周成理. 枯叶蛱蝶生物学特征及种内分化的分子遗传研究 [D]. 中国林业科学研究院, 2008.
- [15] 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.