

长尾麝凤蝶生活史、生命表、生境及保护

李秀山^{1,2,3}, 张雅林^{1,*}, 骆有庆², SETTELE Josef⁴

(1. 植保资源与病虫害治理教育部重点实验室 西北农林科技大学昆虫博物馆, 陕西 杨凌 712100; 2. 北京林业大学资源与环境学院 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083; 3. 甘肃省森林病虫害防治检疫站, 兰州 730050; 4. 亥姆霍兹环境研究中心, 群落生态研究室, Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle, 德国)

摘要:评价了长尾麝凤蝶 *Byasa impediens* 在白水江自然保护区碧峰沟的生存状况, 对其实施保护, 维持其种群长期生存。通过野外观察、实验地饲养、野外林间样方调查、线路调查等方法, 研究了长尾麝凤蝶的生物学特性和自然种群生命表, 调查了生境, 分析了致危原因, 提出了保护措施。长尾麝凤蝶 *Byasa impediens* 在白水江自然保护区一年两代, 以蛹在灌木或树枝上越冬, 翌年 4 月中旬羽化。第一代成虫 5 月中下旬为高峰期; 第二代成虫高峰期在 6 月下旬到 7 月中旬。有世代重叠。雄成虫比雌成虫早羽化 7~10d, 飞行能力较强, 其飞行活动主要受到寻找雌成虫交尾和访花补充营养的影响, 主要在沟底活动。雌成虫飞行能力较差, 主要在出生地附近访花交尾产卵, 飞行活动主要受到寻找寄主植物和访花补充营养的影响。雌雄性比 1:4.1。雄成虫寿命平均 6.9d, 最长 26d; 雌成虫寿命平均 7.6d, 最长 21d。孕卵量平均为 31.5 粒。成虫主要的访花蜜源植物有: 合欢 *Albizia julibrissin*、粉叶羊蹄甲 *Bauhinia glauca*、臭牡丹 *Clerodendrum bungei*、接骨草 *Sambucus chinensis*。异叶马兜铃的生境选择, 在本区的分布海拔范围为 900~1680m, 最适范围为 1200~1500m。多分布于山坡丛林内郁闭度小于 0.7 且林下有灌木分布的林间小路、林窗边缘。郁闭度大于 0.8 则分布较少。幼虫分布的范围为 800~1500m。异叶马兜铃的最适生境即长尾麝凤蝶幼虫的最适生境。影响种群下降的主要原因是生境丧失和退化。生境的破坏、丧失减少了寄主植物的数量和分布范围。毁林开荒、人畜践踏、喷洒除草剂对马兜铃和幼虫生存有重要影响。种群受到密度制约, 异常气候条件和天敌是主要限制因子。夏季高温干旱、秋季淫雨降低了卵和幼虫的成活率, 寄生蜂降低了越冬蛹的成活率。幼虫期的天敌主要有: 蜘蛛、螻蛄、胡蜂、猎蝽、姬蜂、鸟类, 蛹期和成虫期的天敌为鸟类。保护措施有: (1) 保护和恢复生境, 如退耕还林, 提供廉价电能、加强保护执法, 发展生态旅游等; (2) 在异质种群斑块中心部位建一个廊道斑块; (3) 在最适生境中, 适度的割灌可促进寄主植物的生长, 有利于蝶类种群的增长。

关键词:长尾麝凤蝶; 生物学; 生命表; 种群威胁; 最适生境; 保护措施

文章编号: 1000-0933(2006)10-3184-14 中图分类号: Q143, Q968.1, Q969.97 文献标识码: A

Studies on life history, life table, habitat and conservation of *Byasa impediens* (Lepidoptera: Papilionidae)

LI Xiur-Shan^{1,2,3}, ZHANG Ya-Lin^{1,*}, LUO You-Qing², SETTELE Josef⁴ (1. Key Laboratory of Plant Protection Resources and Pest Management of Ministry of Education, Entomological Museum of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Key Laboratory of Forests Silviculture and Conservation, Ministry of Education, College of Resources and Environment of Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 3. The Station of Forests Pests and Diseases Control and Quarantine, Gansu Province, Lanzhou 730050, China; 4. Helmholtz Center for Environmental Research UFZ, Dept. Community Ecology, Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle, Germany). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(10): 3184~3197.

Abstract: This paper presents a study on the biology of *Byasa impediens*, and includes life table data and the analysis of the habitat requirements and key factors causing threats to this species. It aims at the detection of specific protection methods, in order

基金项目: 甘肃省科学事业性资助项目 (Qs022-C31-069)

收稿日期: 2005-08-07; 修订日期: 2006-08-12

作者简介: 李秀山 (1965~), 男, 兰州市人, 博士, 高级工程师, 主要从事保护生物学研究。E-mail: xiushanli@vip.163.com

* 通讯作者 Corresponding author.

致谢: 本研究得到甘肃省白水江自然保护区管理局王洪建先生的帮助, 谨表谢意!

Foundation item: The project was financially by scientific enterprise project of Gansu Province ((No. Qs022-C31-069)

Received date: 2005-08-07; Accepted date: 2006-08-12

Biography: LI Xiur-Shan, Ph. D., Senior engineer, mainly engaged in conservation biology. E-mail: xiushanli@vip.163.com

to guarantee the long-term survival of *Byasa impediens* in Baishuijiang Reserve.

Byasa impediens: Bivoltine in Baishuijiang reserve. Overwintering: pupae on shrubs or tree branches. Eclosion of first generation starts in Mid-April. The adults of first generation will emerge with a great quantity in Mid-late May, and the second one will be on the wing from late June to Mid-July. The two generations overlap. The male adults emerge 7-10 days earlier than females. Perching along small rivers and gullies and flower visits determine their flight behavior. They are strong fliers. On the contrary, the flight ability of females is weak, thus they just visit flowers, mate and lay eggs near the natal area. The ratio of female to male is 1:4.1. The male can live for a maximum of 26 days with an average of 6.9 days, while females have a maximum of 21 days with an average of 7.6 days. The fertilized eggs per female are 31.5 on average. The adults prefer the following nectar plants: *Albizia julibrissin*, *Bauhinia glauca*, *Clerodendrum bungei*, and *Sambucus chinensis*.

Habitats: the plant *Aristolochia heterophylla* is distributed from 900m to 1680m of elevation, and the most suitable range is from 1200m to 1500m. Host plants grow mainly along paths and along borders of forests in which the canopy is rather open and which have shrubby undergrowth. The plant can be hardly found when canopy density of forest is over 0.8. The most suitable elevational range of larvae is from 1200m to 1500m. The ideal habitat of host plants also seems to be the ideal habitat of *Byasa impediens*.

Key factors that negatively affect the population of *Byasa impediens* are habitat loss and deterioration. The loss and deterioration of habitats result in lower numbers of host plants and a more restricted distribution of potential habitats. The habitat will be influenced easily by anthropogenic activity, such as herding, cultivating and using pesticides, which will especially influence the growth of host plants *Aristolochia heterophylla* and larvae of butterflies. Abnormal climatic conditions and natural enemies are key factors for the population density. Hot and dry weather in summer and too much rain in autumn reduce the survival rate of eggs and larvae very much. Ichneumon parasitoids reduce the survival rate of overwintering pupae. The natural enemies of larvae include spiders, earwigs, wasps, bugs and ichneumon parasitoids. Further natural enemies of pupae and adults are birds.

The most important conservation measures are preservation and reconstruction of the natural habitat, which includes recreational forestry, the enhancement of management, enforcing existing laws, and developing Eco-tourism. Creating a core-patch at a central area near to all patches is also an important measure. In the most ideal habitat, appropriate shrub cutting can increase the host plants growth and then promote the population of *Byasa impediens*.

Key words: *Byasa impediens*; bionomics; life table; population threats; suitable habitats; conservation measures

蝴蝶由于对微环境的敏感性被看作是较好的环境指示物种。其保护和监测日益受到保护生物学家们的关注。通过对某定点长期的动态监测,研究某地区蝶类多样性组成变化及其与环境变化的关系,可以对生境质量进行评价,对环境保护与生态恢复提出建设性的意见。由于蝴蝶生命周期短、活动范围小、种群波动大、易于捕捉标记,成为保护生物学研究的首选物种。许多保护生物学理论,尤其是集合种群生物学理论都来自对蝴蝶的研究^[1]。目前,世界上对蝴蝶的研究论文呈指数性增长^[1]。研究内容主要集中在对珍稀种类的种群结构^[2]、种群动态、生境需求、灭绝风险^[3]、种群生存力^[4]、遗传变异,气候变化对蝶类种群影响、保护措施等方面。蝴蝶的研究方法有标记重捕法^[2]、线路调查法、空间网格法,各种模型分析及遥感数据与地理信息系统分析等^[5]。生命表研究是研究濒危蝴蝶种群动态的最重要方法。它主要估测生活周期的不同阶段的死亡率,这种估测通常需要几年的观察才能得到。同时,生命表研究提供了影响种群大小的原因^[6]。生境质量是影响蝶类灭绝的主要原因,对其研究包括生境多样性和适合度、寄主及蜜源植物、生境隔离度、生境面积^[7]。

国内对蝴蝶保护研究才刚起步,研究主要偏重于编目、区系分析^[8]、生物学观察^[9]、人为活动对蝴蝶群落的影响评价等^[10]。

长尾麝凤蝶 *Byasa impediens* (Rothschild), 属凤蝶科 Papilionidae, 麝凤蝶属 *Byasa* Moore。由于腹部和后翅背面有很多红斑,飞翔时美丽多姿,被称为会飞的花朵^[11]。分布于中国西部和台湾。该种类由于飞行缓慢,易于识别,喜访花,种群数量相对较多,易于标记重捕,很适合种群生物学研究。

长尾麝凤蝶虽不属于濒危种类,未列入国家保护动物种类名单,但其幼虫多生活于林缘和林间空地,是森林质量的指示物种,其生境易受到人类活动的干扰,致使局部地区种群数量下降严重,因此,它是保护生物学研究的适合种类。

国内外对麝凤蝶属的蝶类在形态、生物学、化学信息素、人工饲养等方面做过一些研究或报道^[12]。研究显示生物学特性各地差异很大,越往南方年发生世代数越多。对自然生境中的生活、自然状态下的生命表及保护研究尚未见报道。为了保护长尾麝凤蝶及相近种类,从2001~2003年在甘肃省白水江保护区对长尾麝凤蝶的生物学特性做了研究,调查了自然种群生命表和生存环境的需求,分析了致危原因,提出了合适的保护措施。

1 材料与方法

1.1 材料

研究种类 长尾麝凤蝶 *Byasa impediens* (Rothschild)的卵、幼虫、蛹和成虫。

寄主植物 异叶马兜铃 *Aristolochia heterophylla* Hemsl.;马兜铃 *A. debilis* S.;木通马兜铃 *A. mandshuriensis* Kom.。

器材设备 照相机配微距放大镜头(1 1、1 2、1 4)、长焦镜头,GPS,游标卡尺,养虫网,养虫盒,长柄(3m)捕虫网,红色记号笔,干湿球温度计,药棉,标本盒,昆虫针,标签等。

1.2 研究地点

研究地点在甘肃白水江自然保护区东南部边缘的碧峰沟,为南北走向,总面积约30km²。海拔范围600~1800m,沟深约8km,沟口碧口镇海拔600m。整条沟由1条主沟10条支沟组成,每条支沟之间由山脊相互隔离。主沟两侧山顶海拔1600~1800m。从沟底海拔900m上升到山王庙,海拔1450m,植被完好,又有几条支沟相连,这一区域是许多蝶类的源斑块。整个沟内是一个相对封闭的生境系统,沟内的蝴蝶只在沟内活动,不易飞到其它沟内。气候为亚热带气候,年均气温15.6,降雨量840~950mm。植被为常绿阔叶林和落叶阔叶林混交林^[14]。主要树种有巴东栎 *Quercus engleriana*、辽东栎 *Q. liaotungensis*、岩栎 *Q. acrodonta*、木包栎 *Q. glandulifera*、铁橡木 *Q. spinosa*、枫杨 *Pterocarya stenoptera*、山楠 *Phoebe chinense*、白楠 *Ph. neurantha*、油樟 *Cinnamomum inunctum*、合欢 *Albizia julibrissin* 等。灌木树种主要有盐肤木 *Rhus chinensis*、香叶树 *Lindera commuis*、青夹叶 *Helwingia japonica*、黄荆条 *Vitex negunda*、胡枝子 *Elaeagnus lanceolata*、飞龙掌血 *Toddalia asiatica*、火棘 *Pyracantha fortuneana*、粉叶羊蹄甲 *Bauhinia glauca*、竹叶花椒 *Zanthoxylum armatum*、蚬壳花椒 *Zanthoxylum dissitum* 等。林下植物有马兜铃、异叶马兜铃、木通马兜铃、大百合等。植被从沟口到沟底破坏程度依次减轻,表现为农田、灌丛、疏林、密林。沟内蝶类多样性丰富,有180余种蝴蝶。沟口为碧口镇,镇上有数家硅铁冶炼厂,产生的烟雾对沟口的蝶类生存和活动有较大影响。沟内生活着1100人口。由于当地经济落后,人类活动频繁,植被破坏、空气污染严重,导致了该地区环境恶化,使蝶类及其它物种的生境受到严重破坏,许多种类已处于濒危状态。保护区内邻近的几条沟内植被破坏和人为干扰情况与碧峰沟相似。因此,在这一地区开展蝶类保护研究,对总体的生物多样性保护具有积极的作用。

1.3 方法

寄主植物和蝴蝶的分布在甘肃省东南部的白水江自然保护区、小陇山林区调查。

生物学特性研究采用实验地饲养和林间调查相结合的方法。在早春将寄主植物异叶马兜铃移栽到居住地附近地里,成虫期雌成虫将产卵于叶片背面,随时观察,发现产卵即挂上标签记载产卵日期,以后每天观察,记录孵化日期,计算卵的历期。幼虫取食、脱皮、被天敌捕食情况在实验地观察;室内养虫盒饲养确定幼虫龄数、历期、游标卡尺测量体长、头壳宽。在最适生境斑块平石板观察成虫产卵、寄主选择、每株产卵数量等习性。成虫飞翔、访花、交尾在林缘、访花植物附近观察。

自然种群生命表研究采用在最适生境斑块平石板样方调查:

(1) 卵和幼虫期死亡率调查 在长尾麝凤蝶幼虫集中分布的斑块(平石板),选择有长尾麝凤蝶卵和幼虫

的马兜铃数 20~30 株,挂上标签,记录虫态、虫口数,初次标记日期,每 3~4d 观察 1 次,并记载卵孵化、死亡及幼虫数量变化情况,并分析死亡原因,直至幼虫老熟化蛹^[6]。每 30~50 头虫口作为 1 个重复,计算平均死亡率及标准差。

(2) 蛹期死亡率调查 将野外采集和室内饲养的即将化蛹的老熟幼虫套在有马兜铃和化蛹灌木枝条的纱网中,几天后老熟幼虫化蛹,将蛹保留到翌年直至羽化结束。记载羽化蛹数、死亡数及原因。

实验种群生命表采用室内饲养方法。将初孵化的 1 龄幼虫连同叶片采回室内养虫盒内饲养,每 1~2d 换 1 次叶片,直到老熟停止取食,将其移到室外套入灌木上化蛹。

生命表分析^[15,16]:
$$k_i = \lg(L_i) - \lg(L_{i+1})$$

生境调查采用线路调查法:在林内行走,调查沿线两侧各 2.5m 内的寄主植物数量及有虫情况,森林郁闭度、海拔等,最后进行分析^[17]。

计算公式:
$$\text{马兜铃密度} = \text{马兜铃株数} \times 100 / \text{线路长度}$$

$$\text{有虫株率} = \text{幼虫数} / \text{马兜铃数} \times \%$$

2 研究结果

2.1 分布与寄主

长尾麝凤蝶在甘肃分布于小陇山林区、徽县、两当县、康县、武都县、文县,小陇山林业局麦积林场是其分布的最北界。

寄主植物有马兜铃 *Aristolochia debilis*、管花马兜铃 *A. tubiflora*^[12]、异叶马兜铃 *Aristolochia heterophylla*、北马兜铃 *Aristolochia contorta* 和木通马兜铃 *A. mandshuriensi*。在白水江保护区分布的马兜铃属植物有马兜铃、异叶马兜铃和木通马兜铃。这 3 种马兜铃长尾麝凤蝶都取食。但马兜铃主要分布于海拔 600~1000m 的范围内,在白水江保护区这一范围内大部分是农田、茶地,因此,数量较少。木通马兜铃主要分布于海拔 1500m 以上的密林中,是藤本植物,攀与其它树上。长尾麝凤蝶雌成虫不易进入林内产卵。异叶马兜铃主要分布于海拔 900~1500m 的范围,这一范围内主要是林缘、稀疏林地和灌木,是长尾麝凤蝶生存和活动的最适区域。因此,长尾麝凤蝶在白水江保护区的主要寄主植物为异叶马兜铃。在小陇山林区除这 3 种外还有北马兜铃^[13],长尾麝凤蝶也取食。

异叶马兜铃在我国广泛分布于陕西、甘肃、山东、安徽、江苏、四川、湖北、浙江、江西、湖南、广西等省(区),在日本也有分布^[13]。

2.2 生活史

长尾麝凤蝶 *Byasa impedins* 在白水江保护区一年两代,以蛹越冬。翌年 4 月中旬越冬蛹开始羽化,5 月中下旬为羽化高峰期,通常 5 月底羽化结束,但若遇到春季多雨天冷,则推迟羽化到 6 月上旬(2003 年)。4 月下旬至 6 月上旬产卵,卵期 12~14d,5 月上旬卵开始孵化,中下旬为孵化高峰期。幼虫 5 龄,幼虫期约 1 个月,老熟幼虫于 5 月底或 6 月初开始化蛹。6 月中旬为第一代成虫末期。第二代成虫 6 月中旬出现,6 月下旬至 7 月中旬为高峰期,7 月下旬数量减少,8 月中旬后很少见到成虫。但不整齐,直到 9 月底仍可见到成虫。第二代老熟幼虫 8 月初开始化蛹,8 月下旬到 9 月初为化蛹盛期,见表 1。

2.3 习性

2.3.1 成虫

(1) 出现时间 第一代成虫 4 月中旬即可偶尔见到,羽化受天气影响大,遇阴雨天气则延迟羽化,5 月上旬到 5 月下旬为羽化盛期。第一代成虫 6 月中旬结束。第二代成虫 6 月中旬出现,6 月下旬到 7 月中旬为盛期,以后数量减少,但直到 9 月下旬仍可见到成虫飞翔,但此时天气已冷,不能完成交尾产卵。

(2) 羽化 羽化一般在 9:00~12:00,气温在 20~22 时。羽化时蛹从背部开裂,成虫出来后爬到蛹壳或枝条上静止不动,翅尚软,慢慢将体液压到翅脉内,待翅变硬后体液回到腹内排除蛹便(图 1)。这一过程一般需要 2h。活动、飞翔一般在气温达到 20 以上时活跃。羽化受天气影响大,高温干旱不利于羽化,大雨过后

的第二天成虫大量羽化。通过标记重捕法和饲养得知,雄虫比雌虫早羽化 7~12d,2001 年早 9d,2002 年早 12d,2003 年早 7d(饲养)。

表 1 长尾麝凤蝶生活史

Table 1 Life History of *Byasa impedens*

虫态 Stage	月 Month 旬																												
	3月 March			4月 April			5月 May			6月 June			7月 July			8月 August			9月 September			10月 October			11月~翌年2月				
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下		
F	S	L	F	S	L	F	S	L	F	S	L	F	S	L	F	S	L	F	S	L	F	S	L	F	S	L	F	S	L
越冬蛹 Pupae																													
一代成虫 Adults				+	+		+	+		+	+																		
卵 Eggs																													
幼虫 Larvae																													
二代蛹 Pupae																													
二代成虫 Adults																													
卵 Eggs																													
幼虫 Larvae																													
蛹 Pupae																													

蛹 Pupae; ⊕ 成虫 Adults; 卵 Eggs; — 幼虫 Larvae; 时间 Time: 2001~2003; 地点 Place: 文县碧口 Wenxian Bikou

(3) 飞翔 飞行缓慢,易于捕捉标记,捕捉标记释放后不会产生记忆而改变行为。雄虫飞翔能力强,经标记重捕,雄虫可以逆山坡而上,最远可从学房里飞到山王庙,7.5km。羽化后从出生地(山坡中上部,海拔 1200~1400m)飞到沟底访花,嬉戏,待性成熟后寻找雌虫交尾。寻找交尾的行为可能影响蝴蝶的活动。这种寻偶行为分为等候(perching)和巡游(patrolling)^[5,9],长尾麝凤蝶为巡游型。雌虫羽化后则就近访花、交尾,寻找寄主植物产卵,较少作远距离飞行,最远飞行 5.3km。

蝴蝶的飞翔、活动范围还受到访花植物分布的影响。4月下旬至5月下旬,访花植物主要为广布野豌豆 *Vicia cracca*、火棘 *Pyracantha fortuneana*、苦绳 *Dregea sinensis*、川楝花 *Melia toosendan*; 5月下旬到6月下旬,访花植物主要为合欢 *Albizia julibrissin*、粉叶羊蹄甲 *Bauhinia glauca*,分布于沟底,成虫多飞到沟底活动;7月份为粉叶羊蹄甲、臭牡丹 *Clerodendrum bungei*; 7月中下旬合欢、粉叶羊蹄甲花已开败,主要访花植物为密蒙花 *Buddleia officinalis*、尖叶绣线菊 *Spiraea japonica*、接骨草 *Sambucus chinensis*。接骨草在平石板、木林里有很多分布,且花期较长,吸引了附近的成虫在此访花、产卵,因此成虫主要在此活动。蝴蝶的生存可能还受到气候的强烈影响^[18]。

2002 年共标记雌雄成虫 741 头,其中重捕到 90 头,重捕率为 12.1%。飞行距离在 4~7.5km 的个体占总数的 5.56%,4km 以下的占 94.4%。

(4) 交尾 蝴蝶的交尾行为分为等候型和巡游型。等候型蝴蝶交尾时雌蝶落在植物上,竖起翅膀,待雄蝶到来后雌蝶平展翅,雄蝶落在雌蝶背上交尾。巡游型蝴蝶交尾时雄蝶追逐雌蝶,待雌蝶接受雄蝶后进行交尾。交尾可以在飞行中进行,也可在吊在树上进行。观察显示,长尾麝凤蝶为巡游型。

(5) 产卵 雌成虫产卵时在开阔地带贴近地面飞翔寻找寄主植物,在林缘和林间空地则在林下缓慢飞翔寻找寄主,找到寄主后即产卵于叶背面(图 2)。多产于异叶马兜铃叶片背面,散产,最多一片叶上产 7 粒卵,最多在一株异叶马兜铃上产卵不超过 13 粒。也有产在异叶马兜铃附近的杂草叶背、灌木树枝上,但幼虫孵化后不易找到马兜铃,容易死亡。雌成虫产卵受到密度制约,可能与幼虫寄生天敌有关^[5]。雌性蝴蝶产卵的方式被认为是降低天敌作用的策略^[19]。

(6) 雌雄性比 由于雌雄成虫羽化时期、活动范围不同,雌雄性比的田间调查受到调查时间、地点的影响。雄虫活动范围主要在沟底,而雌虫则主要在山坡中上部活动。根据 2002 年 6 月至 8 月的标记重捕结果,5 月 25 日至 6 月 10 日标记初期捕捉到雌蝶 9 头,雄蝶 66 头,雌雄性比为 66:9=7.3:1;在标记的最后 10d 7 月 13

日至8月1日共捕捉到雌蝶29头,雄蝶98头,雌雄性比为3.4:1。2002年共标记580头,其中雌114头,雄466头,雌雄性比为:1:4.1。

(7)寿命 雄成虫平均寿命为6.9d,最长26d;雌成虫寿命平均为7.6d,最长为21d。

2.3.2 卵 半圆球形,有条状脊,初产卵橘红色,后变为橘黄色,孵化前颜色变深(图3)。直径1.9mm。第一代卵历期12~14d,第二代卵历期7~9d。卵期易被蜘蛛、胡蜂、猎蝽、蠼螋捕食。4~5月份第一代卵由于气温和湿润,孵化率高,平均孵化率为75.6%,补充了种群数量。在7~8月份夏季遇到高温干旱天气,卵易被晒破、晒死,孵化率低^[5],平均死亡率为47%,孵化率53.0%(见生命表)。

2.3.3 幼虫 初孵幼虫体黄褐色,体长4.2mm,随后体色变为深红色。初孵幼虫从卵孵化出来后取食卵壳(图3),之后爬到异叶马兜铃嫩芽取食(图4)。若一片叶上同时产数粒卵,1龄幼虫脱皮时集中在一起(图5)。幼龄幼虫食量小,随虫龄增大取食量渐增,老熟幼虫咬断异叶马兜铃茎啃食(图6),以食取纤维素利于化蛹时吐丝。初孵幼虫身上棘刺不明显,2龄后长长;老熟幼虫体长39.2mm,背上棘刺长。臭角黄色。幼虫在4~6月份气温适宜时通常为5龄(表2),但在7、8月份遇到异常高温天气时则多脱一次皮,变为6龄(表3)。幼虫历期约1个月,但在8~9月份天气变冷时历期延长。幼虫取食时常躲在叶片背面,以躲避天敌。1~3龄时由于天敌捕食、太阳暴晒,死亡率高达73.2%(2002年6~8月)^[5],4龄后死亡率低,占4~6龄幼虫总数的28.1%(2002年)。¹株异叶马兜铃上最多有幼虫12~13头,幼虫通常只在¹株异叶马兜铃上取食、生活至老熟,但3~4龄时偶有跑失,过一段时间再回来。幼虫的生存受到小环境的强烈影响。若幼虫生活在杂草灌木多的地方,则蜘蛛、蠼螋、猎蝽多,卵和幼虫很容易被天敌捕食(死亡率76.9%),而生活在杂草少的地方,则死亡率较低(死亡率7.7%)。幼虫老熟后跑到附近的草枝、灌木、树枝上化蛹。

表2 5龄幼虫发育情况

Table 2 5 instars larvae growth situation

龄期 Stage	平均头壳(mm) Width of average head rind	相邻头壳比例 Proportion of head rind of neighbour instar	平均体长(mm) Averagebody length	历期(d) Duration
1	0.98		4.9	3~5
2	1.42	1.45	7.9	4~7
3	1.92	1.35	12.1	3~6
4	3.15	1.64	15.1	5~7
5	4.58	1.45	24.01	6~7

时间 Time:2002-05~06;地点 Place:碧口 Bikou

表3 6龄幼虫发育情况

Table 3 6 instars larvae growth situation

龄期 Stage	平均头壳(mm) Width of average head rind	相邻头壳比例 Proportion of head rind of neighbour instar	平均体长(mm) Averagebody length	历期(d) Duration
1	0.98		4.9	3~5
2	1.42	1.45	7.9	4~7
3	1.92	1.35	12.1	3~6
4	2.95	1.54	15.1	5~7
5	3.47	1.12	22.5	6~7
6	4.60	1.33	36.2	7~10

时间 Time:2002-07~09;地点 Place:碧口 Bikou

2.3.4 预蛹 预蛹期2~3d(图7)。

2.3.5 蛹 为缢蛹;蛹长22.0~25.1mm,平均24.0mm,蛹长26.0mm。羽化前腹部颜色变为褐红色(图8,图9)。

2.3.6 天敌 长尾麝凤蝶卵期、幼虫期的天敌主要有:蜘蛛、蠼螋、猎蝽、胡蜂、姬蜂(图10)和鸟类。蛹期和成虫期的天敌有鸟类。

2.4 长尾麝凤蝶的种群生命表

2.4.1 自然种群生命表

(1) 2001-07~09,第二代幼虫生命表(表4)。

(2) 2002-05~06,第一代生命表(表5)。

(3) 2002-07-09,第二代生命表(表6)。

(4) 2003年4~6月份,长尾麝凤蝶第一代卵和幼虫生命表(表7)。

2.4.2 从自然种群生命表研究得出的种群参数 用生命表研究的调查样方计算平均死亡率。结果见表8。



图1 初羽化的长尾麝凤蝶
Fig. 1 New eclosion *Byasa impediens*



图2 长尾麝凤蝶产卵
Fig. 2 *Byasa impediens* lay eggs



图3 长尾麝凤蝶卵和初孵幼虫
Fig. 3 Eggs and new incubated larvae of *Byasa impediens*



图4 长尾麝凤蝶初孵幼虫取食马兜铃嫩芽
Fig. 4 New incubated larvae of *Byasa impediens* eating burgeon of *Aristolochia heterophylla*



图5 长尾麝凤蝶1龄幼虫集中在一起脱皮
Fig. 5 First instar larvae of *Byasa impediens* built small group to exuviation



图6 长尾麝凤蝶老熟幼虫啃食马兜铃茎
Fig. 6 Old larvae of *Byasa impediens* eating caulis of *Aristolochia heterophylla*

表 4 长尾麝凤蝶自然种群生命表

Table 4 Natural population life table of *Byasa impediens*

发育阶段 x	虫数 l_x	死亡原因 $d_x F$	死亡数 d_x	死亡率 $100 q_x$	存活率 $100 S_x$	K 值
1~3 龄幼虫 1~3 Instars larvae	48	天敌捕食 Natural enemy prey	36	75.0	25.0	$K_3 = 0.602$
4~5 龄幼虫 4~5 Instars larvae	12		0	0	100	$K_5 = 0$ $K = k_i = 0.602$

时间 Time :2001-07 ~ 09; 地点 Place :平石板 Pingshiban

表 5 长尾麝凤蝶自然种群生命表

Table 5 Natural population life table of *Byasa impediens*

发育阶段 x	虫数 l_x	死亡原因 $d_x F$	死亡数 d_x	死亡率 $100 q_x$	存活率 $100 S_x$	K 值
1~3 龄幼虫 1~3 Instars larvae	15	天敌捕食 Prey of natural enemies	9	60	40.0	$K_3 = 0.331$
		脱皮失水 Water loss during exuviation	8	53.3	46.7	$K_4 = 0.03$
4~5 龄幼虫 4~5 Instars larvae	6		0	0	0	$K_5 = 0$
蛹 Pupae	6	寄生蜂 Ichneumon parasitism	1	16.7	83.3	$K_7 = 0.0792$
成虫 Adults	5	/ = 1/4				$K = k_i = 0.4401$

时间 Time :2002-05 ~ 06; 地点 Place :碧峰沟 Bifeng valley

表 6 长尾麝凤蝶自然种群生命表

Table 6 Natural population life table of *Byasa impediens*

发育阶段 x	虫数 l_x	死亡原因 $d_x F$	死亡数 d_x	死亡率 $100 q_x$	存活率 $100 S_x$	K 值
卵 Eggs	149		70	47.0	53.0	
		天敌捕食、寄生蜂 Prey of natural enemies and ichneumon parasitism	62	41.6		$K_1 = 0.1955$
		未孵化 No hatching	8	5.4		$K_2 = 0.024$
1~3 龄幼虫 1~3 Instars larvae	142	天敌捕食 Prey of natural enemies	104	73.2	26.8	$K_3 = 0.1932$
		病死、晒死 Death (diseases and solarization)	51	35.9		$K_4 = 0.2029$
4~6 龄幼虫 4~6 Instars larvae	57	病死、化蛹死亡 Death (diseases before pupation)	53	37.3		$K_5 = 0.1326$
蛹 Pupae *	35		15	26.3	73.7	$K_6 = 0.1326$
		变黑、变硬 Body nigrescence and stiffening	22	62.9	37.1	$K_7 = 0.0389$
		寄生蜂 Ichneumon parasitism	17	48.6		$K_8 = 0.0255$
		天敌捕食(在网外) Natural enemy prey	3	8.6		
成虫 Adults	10	/ = 3/7	2	5.7		$K = k_i = 1.1014$

时间 Time :2002-07 ~ 2003-05; 地点 Place :碧峰沟 Bifeng valley; * 由于部分老熟幼虫逃逸化蛹,从其他地方采集即将化蛹的老熟幼虫带回实验地饲养,套入网中化蛹越冬

经解剖 30 头初羽化并开始飞翔活动的雌成虫,得到每雌平均孕卵量为 (31.5 ± 8.96) 粒。

经标记重捕得到雌雄性比为 $1 : 4.1 = 24.4\%$ 。

由此得到种群增长率:

第一代成虫到第二代成虫为 $1 \times 24.4\% \times 31.5 \times 77.8\% \times 49.1\% \times 91.7\% = 2.692$; 第二代成虫到越冬后第一代成虫为 $1 \times 24.4\% \times 31.5 \times 45.6\% \times 33.6\% \times 52.7\% = 0.621$; 年增长率为 $2.692 \times 0.621 = 1.672$ 。

表 7 长尾麝凤蝶自然种群生命表

Table 7 Natural population life table of *Byasa impediens*

发育阶段 x	虫数 l_x	死亡原因 $d_x F$	死亡数 d_x	死亡率 $100 q_x$	存活率 $100 S_x$	K 值
卵 Eggs	45	天敌捕食 Prey of natural enemies	11	24.4	75.6	$K1 = 0.1217$
1~3 龄幼虫 1~3 instars larvae	43	天敌捕食 Prey of natural enemies	24	55.8	44.2	$K3 = 0.291$
		晒、病死 Death (diseases and solarization)	3	7.0	51.2	$K4 = 0.0314$
			0	0	100	$K5 = 0$
4~5 龄幼虫 4~5 instars larvae	6		0	0	100	
蛹 Pupae	6		0	0	100	
成虫 Adults	6	/ = 2/4				

 $K = k_i = 0.4441$

时间 Time :2003-04 ~ 2003-06 ;地点 Place :碧峰沟 Bifeng valley

表 8 长尾麝凤蝶的种群参数(死亡率/生存率)

Table 8 Population parameter of *Byasa impediens* (Mortality/Survival rate (%))

虫态 Stage	世代 Generation				第 1 代平均 Average on 1 st generation	第 2 代平均 Average on 2 nd generation
	2001 年 2 代 7~9 月 2 nd generation in 2002-07 ~ 09	2002 年 1 代 5~6 月 1 st generation in 2002-05 ~ 06	2002 年 2 代 7 月 ~ 翌年 5 月 2 nd generation from 2002-07 ~ 2003-05	2003 年 1 代 4~6 月 1 st generation 2003-04 ~ 06		
卵 Eggs			54.4 ±17.9/45.6	22.2 ±21.2/77.8	22.2/77.8	54.4/45.6
幼虫 Larvae	52.6 ±28.4/47.4	39.3 ±15.2/60.7	80.2 ±15.9/19.8	62.4 ±32.0/37.6	50.9/49.1	66.4/33.6
蛹 Pupae		16.7/83.3	47.3 ±20.8/52.7	0/100	16.7/91.7	47.3/52.7

由于以下几个方面的原因,导致种群增长率比标记重捕得到的增长率偏高: 由于种群数量少,在林间难以找到足够数量的卵和幼虫,得到准确的增长率数据。雌成虫在自然状态下的实际产卵量难以得到,实际产卵量应小于孕卵量。越冬代雌成虫的产卵量应小于第二代雌成虫的产卵量。重复的时代数较少,得到的数据准确性差。蛹期是饲养在网中,排除了天敌捕食的死亡率。

由于没有得到完整的三年六代的生命表数据,不能进行回归和相关性分析,但从表中的数据 and 调查过程中直观的可以看出,主要致死因子为:夏季高温易造成卵孵化率低,幼龄幼虫死亡率高;秋季多雨,幼虫易患病死亡,尤其在化蛹时。胡蜂、螻蛄、猎蝽、蜘蛛等捕食性昆虫的捕食降低了幼虫的成活率,寄生蜂寄生降低了蛹的羽化率。

2.4.3 长尾麝凤蝶实验种群生命表 研究表明,自然种群幼虫期的死亡率为 79.4%,实验种群幼虫期的死亡率为 11.4%,主要原因是人工饲养可以减少天敌的捕食和异常气候的影响。因此,通过人工饲养的方法,将幼虫从野外采回人工饲养,可以增加种群数量。但这也可能造成对濒危寄生性天敌的威胁。长尾麝凤蝶实验种群生命表见表 9。

表 9 长尾麝凤蝶实验种群生命表

Table 9 Experiment population life table of *Byasa impediens*

发育阶段 x	虫数 l_x	死亡原因 $d_x F$	死亡数 d_x	死亡率 $100 q_x$	存活率 $100 S_x$	K 值
1~3 龄幼虫 1~3 instars larvae	35	病死 Death due to diseases	7	20.0	80.0	$K4 = 0.0969$
4~5 龄幼虫 4~5 instars larvae	12	脱皮失水 Death due to water loss during exuviation	1	2.8	97.8	$K5 = 0.0378$
蛹 Pupae	11					

2002-06 ~ 08, 第 2 代 June-July 2002, second generation

2.5 长尾麝凤蝶的生境

调查发现,异叶马兜铃在碧峰沟的分布范围为海拔 900~1680m,最适范围为 1200~1500m。多分布于山坡丛林内郁闭度小于 0.7 且林下有灌木分布的林间小路、林窗边缘,边缘效应明显^[20]。郁闭度大于 0.8 则分布很少,完全郁闭、林下无灌丛的密林中无分布。调查在东坡、西坡进行,异叶马兜铃和长尾麝凤蝶幼虫分布

数量在不同坡向之间无明显差别。调查数据见表 10。

表 10 长尾麝凤蝶生境调查表

Table 10 Habitat investigation of *Byasa impediens*

地点 Place	时间 Time	海拔 (m) Elevation	行程 (m) Transect length	生境郁闭度 Habitat canopy density	马兜铃株数 Number of host plant	有虫株数及 附近郁闭度 Number of host plant having lar- vae and Canopy density nearby	被吃过的株数 及附近郁闭度 Number of host plant eaten by larvae and canopy density nearby	马兜铃密度 (株/100m) Density of host plant	有虫株率 (%) Rate of host plant having larvae
木林里 Mulinli	2002-08-27	1300 ~ 1400	150	0.7	13	0	2/0.7	8.7	15.4
		1300 ~ 1400	150	0.9	6	0	0	4.0	0
		1400 ~ 1300	300	0.7 ~ 0.8	15	0	0	5.0	0
山王庙 Shanwa ngmiao	2002-08-28	950 ~ 1450	3000	0.6 ~ 0.8	15	0	0	0.5	0
		1450 ~ 1500	1000	0.6 ~ 0.7	11	3/0.7	0	1.1	27.3
		1400 ~ 1300	300	0.7 ~ 0.8	15	0	0	5.0	0
元宝嘴 Yuanbaozui	2002-08-22	1000 ~ 1200	500	0.7 灌丛 Bush	3	0	0	0.6	0
		1201 ~ 1400	400	0.5 ~ 0.8	43	1/0.5	2/0.7	10.8	7.0
		1401 ~ 1680	700	0.8 ~ 0.9	5	0	0	0.7	0
		1680 ~ 1400	800	0.9	23	0	0	2.9	0
金洞坡 Jindongpo	2002-08-30	820 ~ 1280	2200	农田 Farmland 70 % , 灌木 Bush 30 % 植被覆盖率	0	0	0	0	0
		1280 ~ 800	3000	10 % Coverrate of vegetation	1	0	0	3.3	0
风斗湾 Fengdouwan	2002-09-03	800 ~ 1000	2000	0.6 ~ 0.8	13	2/0.6		0.65	15.4
周家湾 Zhoujiawan	2002-05-30	1280 ~ 1400	300	0.7 灌丛 Bush	25	0	0	8.3	0
		1400 ~ 1665	800	0.8	0	0	0	0	0
店房山 Dianfangshan		1680 ~ 1587	300	0.8	11/0.7	0	0	3.7	0
		1587 ~ 1231	2000	0.5 茶地边 Edge of farmland	3	0	0	0.15	0

结果表明:1200m 以下马兜铃密度为 $(0.6 + 0 + 3.3 + .065) / 4 = 1.14$ 株/100m; 有虫株率为 $(0 + 0 + 0 + 15.4) / 4 = 3.85\%$; 1200 ~ 1400m 马兜铃密度为 $(8.7 + 4.0 + 5.0 + 0.5 + 10.8 + 8.3) / 6 = 6.22$ 株/100m; 有虫株率为 $(15.4 + 0 + 0 + 0 + 7.0 + 0) / 6 = 3.73\%$; 1400m 以上异叶马兜铃密度为 $(1.1 + 0.7 + 2.9 + 0 + 3.7 + 0.15) / 6 = 1.43$ 株/100m; 有虫株率为 $(27.3 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0) / 6 = 4.55\%$ 。

长尾麝凤蝶的最适生境为海拔 1200 ~ 1500m 之间,位于林缘,有少量乔木分布,并有大量灌丛和草本植物生存,有较多异叶马兜铃分布,附近有水源的斑块。

异叶马兜铃的最适生境斑块为平石板、周家湾斑块,海拔 1200 ~ 1400m。该斑块原来为密林,数年前被砍伐,开垦为造林地,现在栽植了板栗、核桃。斑块内有稀疏的乔木和密闭的灌丛、草丛,并有很多马兜铃分布。经线路调查 300m × 2m 内有 25 株异叶马兜铃,密度为 4.17 株/100m²。此处视野开阔,雌蝶容易寻找寄主产卵。斑块内有多种花卉,便于访花,附近有溪水,是蝶类理想的生活场所。但由于频繁割草,马兜铃被割掉,或者周围的草被割掉,只剩下裸露的马兜铃,在太阳暴晒下生长不良。为了除草,业主每年都喷除草剂,使马兜铃干枯。这些都影响了异叶马兜铃和蝶类幼虫的生存。

长尾麝凤蝶幼虫的最适生境与异叶马兜铃的最适生境相同。但幼虫分布的最高海拔为 1500m。马兜铃的分布区也是人畜活动最频繁的区域。海拔 800 ~ 1200m 之间有很多村庄,并养殖很多牛,植被被大量破坏,牛群在林内放养,异叶马兜铃被牛践踏或吃掉,严重影响了雌蝶的产卵和幼虫取食。

2.6 长尾麝凤蝶的保护措施

根据生命表的研究结果,长尾麝凤蝶是受密度制约昆虫种类,其种群增长受到天敌、异常天气和小气候的

制约。秋季多雨使幼虫化蛹率降低(2001年),夏季高温使卵和幼龄幼虫死亡率增高(2002年),春季低温多雨使越冬蛹羽化率降低。各种捕食性天敌如蜘蛛、蠼螋、猎蝽、胡蜂、捕食卵和小幼虫,寄生蜂寄生于大幼虫,使蛹的羽化率降低。雌性蝴蝶产单个的卵以降低天敌的作用^[19]。根据生境调查结果,长尾麝凤蝶种群面临的最大威胁是生境丧失和退化^[9]。持续的毁林开荒、放牧、砍柴使生境不断丧失,片段化程度提高(图11)。长尾麝凤蝶在碧峰沟的种群结构为源-汇种群,但汇种群斑块距源种群斑块较远,个体补充少。因此,在中心部位建立一个廊道斑块,有利于斑块之间的个体交流。因此,主要的保护措施是保护并恢复生境;对最适生境适当加以管理;在斑块种群的中心部位建立一个廊道斑块,促进斑块间的个体交流与补充。

2.6.1 生境的保护与恢复

(1) 退耕还林 在碧峰沟内 30km² 的山地面积内居住着 1100 人口。由于人口增长,经济落后,农民生活严重依赖于生物资源,多是不可持续的。他们不断毁林开荒,种植产量不高、质量差的粮食作物。从沟口到沟内 6km 的山坡上坡度 30° 以下的坡面几乎 80% 以上都被垦为农田。陡坡上的植被也严重片段化(图12)。如果长此以往,不仅蝴蝶,其它许多物种都将丧失生境而趋于灭绝。

因此,生境的保护和恢复成为紧迫的任务。结合国家已实施的天然林保护工程、退耕还林工程和西部开发、农村电网改造扶贫工程,保护区的生境保护与恢复已显现了曙光。退耕还林工程已将本保护区列为重点恢复区。将所有坡耕地退耕还林,重点发展茶叶。但片面发展茶叶又会造成生境单一,不利于众多物种生存,而且茶地经常喷洒农药,会对鸟类等造成危害。因此,应在陡坡上留出一定面积让其自然更新,恢复为适合各类生物生存的生境。

(2) 建立生物多样性补偿机制 区域内最大的木材消耗是炒茶、煮饭、取暖烧木炭烧柴,每户每年消耗薪炭材 10000kg。由于农电线路陈旧,输电损耗大,沟内电价高达每度 1.0~1.5 元,农民由于用不起电而烧柴。2003 年国家实施的国债资金农村电网改造扶贫工程正在改造农村电网,改造后的电价为 0.47 元/度。情况好转了许多,许多农民开始用电饭锅煮米饭,但炒茶叶因用电量,费用仍比烧柴贵因而难以改变。

保护区内的农民为保护生态环境做出了贡献,因此应建立生物多样性的补偿机制。保护区内涵养的水源可用于发电,境内已有大型电站碧口电站,在建的还有旱坪嘴电站,电站并网电价只有 0.1 元/度。如果给保护区内的农民提供低价电,如 0.2 元/度,则农民炒茶、煮饭更愿意用电,这样对森林的破坏就会大大减轻并得到恢复。

(3) 加强保护执法,严禁砍树烧炭 到目前为止,农民取暖、煮饭、炒茶叶用的薪炭全部用木材,碧峰沟每户每年消耗薪炭材 10000kg。更为严重的是,烧炭多选择生长缓慢而材质坚硬的栎类,这些树种多生长于土壤瘠薄的石质陡坡或悬崖上,一旦砍伐,土壤被雨水冲走造成石漠化后则很难恢复。

此外,保护区内盗砍树木,偷猎野生动物事件时有发生。应加强保护执法力度,打击盗猎动物、破坏森林的活动。

(4) 发展生态旅游 碧峰沟风景优美,交通便利。随着当地经济不断发展,居民生活水平不断提高,到碧峰沟旅游休闲的人数不断增多,沟内已建起了两家农家乐,收入颇丰。在政府的扶持下,发展生态旅游,鼓励农民弃农经商,进城打工,则会大大减少对森林植被的破坏,迅速恢复植被。但发展旅游要在有效的管理之下,防止过度开发。

2.6.2 建立廊道斑块

(1) 位置选择 根据对长尾麝凤蝶种群结构、种群移动性的研究结果,3 个主要的斑块平石板-春芽树、大坪山、金洞坡相距较远,超过了 5 km,这样从源种群到汇种群斑块的补偿作用是不够的。因此,在 3 个斑块的交汇地郑家坪梁建立一个廊道斑块,对 3 个主要斑块之间的个体交流和对其它小班块的个体补偿是非常重要的。郑家坪位于林缘,海拔 900~950m,面积约 1hm²,土质较厚且肥沃,是马兜铃适合的生存地,现在为麦田。廊道斑块面积可以为 0.2~0.5 hm²。

(2) 马兜铃的栽培 根据 2a 栽植异叶马兜铃的经验,可从林内移栽异叶马兜铃,密度为 2m × 2m;或者秋



图7 长尾麝凤蝶预蛹
Fig. 7 Prepupae of *Byasa impediens*



图8 长尾麝凤蝶蛹
Fig. 8 Pupae of *Byasa impediens*

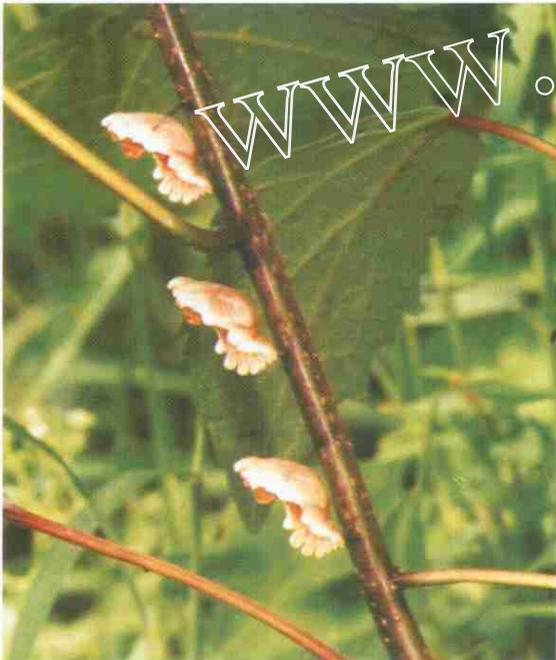


图9 长尾麝凤蝶蛹
Fig. 9 Pupae of *Byasa impediens*



图10 从长尾麝凤蝶蛹羽化出的寄生蜂
Fig.10 Parasitical ichneumon from Pupae of *Byasa impediens*



图11 片段化的生境—店房山
Fig.11 Fragment habitat—Dianfangshan



图12 片段化的生境—大坪山
Fig.12 Fragment habitat—Dapingshan

季采摘异叶马兜铃种子在苗圃地播种,第2年就会长出小苗,移栽到大田。待异叶马兜铃长起来后,长尾麝凤蝶雌成虫会很容易找到产卵。若在异叶马兜铃之间栽植一些访花植物如臭牡丹、接骨草则更容易吸引成虫来产卵。

2.6.3 最适生境斑块及廊道斑块的管理 在最适生境中,适度的割灌可促进寄主植物的生长,进而促进蝶类种群的增长。

长尾麝凤蝶的最适生境是位于林缘,海拔1200~1400m,坡度较平缓,半阳坡的平石板。但此地杂草茂密,灌木生长快,若不加管理,过不了几年就会成为密林而不适于长尾麝凤蝶生存。这符合“中度干扰假说”^[9]。因此每年早春割灌一次,可长期保持最适生境,同时,异叶马兜铃的老藤被割掉后可发出粗壮的嫩藤,有利于幼虫取食。

同样,建立的廊道斑块也需要适度管理,每年早春割1次灌木,以免灌木太密,影响马兜铃的生长和雌蝶产卵。

3 结论与讨论

长尾麝凤蝶在白水江自然保护区一年两代,以蛹在灌木或树枝上越冬,翌年4月中旬羽化。幼虫主要取食异叶马兜铃。第一代成虫5月中下旬为高峰期;第二代成虫高峰期在6月下旬到7月中旬。雄成虫比雌成虫早羽化7~10d,飞行能力较强,可以逆山坡而上,最远飞行7.5km。羽化后从出生地飞到沟底访花,嬉戏,待性成熟后寻找雌虫交尾。其飞行活动主要受到寻找雌成虫交尾和访花补充营养的影响,寻找交尾的行为巡游型。雌虫羽化后则就近访花、交尾,寻找寄主植物产卵,较少作远距离飞行,最远飞行5.3km。飞行活动主要受到寻找寄主植物和访花补充营养的影响。孕卵量平均为31.5粒。雌雄性比1:4.1。成虫最主要的访花蜜源植物是合欢、粉叶羊蹄甲、臭牡丹、接骨草。

长尾麝凤蝶是种群受到密度制约的种类,其种群增长受到天敌、小气候的制约。雌成虫尽量分散产卵,以减少被天敌捕食或寄生的风险。

卵期和幼龄幼虫期是死亡率最高的阶段,死亡原因主要是天敌和不利的氣候条件。第一代成虫产卵后,由于春季气候温和,卵和小幼虫死亡率相对较低,第二代由于夏季高温干旱,死亡率高。秋季多雨使幼虫化蛹率降低,夏季高温使卵和幼龄幼虫死亡率增高。各种捕食性天敌如蜘蛛、蠋蛾、猎蝽、胡蜂、鸟类捕食卵、幼虫、蛹和成虫,寄生蜂寄生于卵和幼虫,使卵和蛹的羽化率降低。

导致长尾麝凤蝶种群下降的主要原因是生境丧失和退化。持续的毁林开荒、放牧、砍柴使生境不断丧失,片段化程度提高,减少了寄主植物的数量和分布范围。人畜践踏、毁林开荒、喷洒除草剂对马兜铃和幼虫生存有重要影响。限制种群增长的原因是天敌和异常的氣候条件。

濒危蝴蝶的自然种群生命表是一项昂贵的研究^[6]。由于种群数量少,在林间难以找到足够数量卵和幼虫,要得到准确的种群参数,需要投入大量人力物力,进行3~5a细致的研究。若进行种群生存力研究,更需要10a以上的数据积累^[5]。因此,对于珍稀蝴蝶种群动态的研究,不宜用生命表研究,用成虫期标记重捕法则更适合。

异叶马兜铃的生境选择,在本区的分布海拔范围为900~1680m,最适范围为1200~1500m。多分布于山坡丛林内郁闭度小于0.7且林下有灌木分布的林间小路、林窗边缘,边缘效应明显。郁闭度大于0.8则分布较少。幼虫分布的海拔范围为800~1500m,最适范围为1200~1400m,郁闭度小于0.7的生境中。这一方面可能是因为马兜铃需要适当的阳光生长,另一方面,森林太密,雌成虫不一进入,容易损坏翅膀。

海拔1200~1500m,位于林缘,有少量乔木分布,并有大量灌丛和访花植物生存,附近有水源的斑块,是异叶马兜铃最适生境,异叶马兜铃的最适生境即长尾麝凤蝶的最适生境。

建议的保护措施有:(1)保护和恢复生境,如退耕还林,提供廉价电能,加强保护执法,发展生态旅游等;(2)在异质种群斑块中心部位建一个廊道斑块;(3)在最适生境中,适度的割灌可促进寄主植物的生长,利于蝶类种群的增长。

References :

- [1] Hanski I, Gilpin M. Metapopulation Biology, Academic Press, 1997. 1 ~ 454.
- [2] Fisher K, Population Structure. Mobility and Habitat Selection of the Butterfly *Lycaena hippothoe* (Lycaenidae: Lycaenini) in Western Germany, *Nota Lepidopterologica*, 1998, 21(1): 14 ~ 30.
- [3] Thomas C. Extinction, Colonization, and Metapopulations: Environmental Tracking by Rare Species, *Conservation Biology*, 1994, 8(2): 373 ~ 378.
- [4] Hanski I, Pakkala T, Kuussaari M, *et al.* Metapopulation persistence of an endangered butterfly in a fragmented landscape, *Oikos*, 1995, 72:21 ~ 28. Copenhagen.
- [5] Schtickzelle N, Baguette M. Metapopulation viability analysis of the bog fritillary butterfly using RAMAS/GIS, *Oikos*, 2004, 104:277 ~ 290.
- [6] Settele J, Reinhardt R. Ökologie der Tagfalter Deutschlands: Grundlagen und Schutzaspekte. In: Settele J, Feldman R, Reinhardt R eds. *Die Tagfalter Deutschland*, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 2000. 60 ~ 123.
- [7] Vaelimaeki P, Itaemies J. Migration of the clouded Apollo butterfly *Parnassius mnemosyne* in a network of suitable habitats effects of patch characteristics, *Ecography*, 2003, 26:679 ~ 691.
- [8] Zhou X, Sun L, Pan W S, *et al.* The Faunal Study on the Butterflies of the South Slope of Qinling Mountains. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2001, 37(4): 454 ~ 469.
- [9] Yuan D C, Mai G Q, Xue D Y, *et al.* The habitat, biology and conservation status of *Luehdorfia chinensis* (Lepidoptera: Papilionidae). *Chinese Biodiversity*, 1998, 6(2):105 ~ 115.
- [10] Yang D R. Studies on the structure of the butterfly community and diversity in the fragmentary tropical rainforest of Xishuangbanna, China. *Acta Entomologia Sinica*, 1998, 41(1): 48 ~ 55.
- [11] Chou I. *Monographia Phopalocerorum Sinensium*. Luoyang: Henan Scientific and Technological Publishing House, 1994.
- [12] Chen Z B, Pei A L, Duan H R, *et al.* Morphology observation and bionomics of *Byasa alcinous*. *Entomological Knowledge*, 2002, 39(2): 141 ~ 143.
- [13] An D G. *Xiaolongshan High Plants Flora of Gansu Province*, 2002. Gansu Race Publisher, 2002.
- [14] Wu G H, Zhang K R. *Comprehensive Investigation Report of Gansu Baishuijiang National Natural Reserve*. Lanzhou: Gansu Scientific and Technological Publishing House, 1997.
- [15] Liu G H, Gu D X, Pu Z L. The studies of mason pine caterpillar *Dendrolimus punctatus* Walkers: life table of natural population, *Journal of Sun Yatsen University*, 1995, 1:125 ~ 128.
- [16] Mu W B, Tang Z Q, He Q H, *et al.* The studies on life table of natural population of *Chinolyda flagellicomis*. *Entomological Knowledge*, 1998, 45(4): 231 ~ 232.
- [17] Settele J, Feldmann R, Reinhardt R, eds. *Die Tagfalter Deutschlands*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 2000.
- [18] Wahlberg N, Klemetti T, Selonen V, *et al.* Metapopulation structure and movements in five species of checkerspot butterflies. *Oecologia*, 2002, 130: 33 ~ 43.
- [19] Baguette M, Schtickzelle N. Local population dynamics are important to the conservation of metapopulations in highly fragmented landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 2003, 40: 404 ~ 412.

参考文献:

- [8] 周欣,孙路,潘文石,等. 秦岭南坡蝶类区系研究. *北京大学学报(自然科学版)*, 2001, 37(4): 454 ~ 469.
- [9] 袁德成,买国庆,薛大勇,等. 中华虎凤蝶栖息地、生物学和保护现状. *生物多样性*, 1998, 6(2): 105 ~ 115.
- [10] 杨大荣. 西双版纳片段热带雨林蝶类群落结构与多样性研究. *昆虫学报*, 1998, 41(1): 48 ~ 55.
- [11] 周尧. *中国蝶类志*. 洛阳: 河南科学技术出版社, 1994.
- [12] 陈志兵,裴恩乐,段华荣,等. 麝凤蝶形态观察及生物学特性. *昆虫知识*, 2002, 39(2): 141 ~ 143.
- [13] 安定国. *甘肃省小陇山高等植物志*. 兰州: 甘肃民族出版社, 2002.
- [14] 伍光和,张可荣. *甘肃白水江国家级自然保护区综合考察报告*. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1997.
- [15] 刘光华,古德祥,蒲蛰龙. 马尾松毛虫自然种群生命表研究. *中山大学学报论丛*, 1995, 1:125 ~ 128.
- [16] 牟文彬,唐志强,何清华,等. 鞭角桦扁叶蜂自然种群生命表. *昆虫知识*, 1998, 45(4): 231 ~ 232.