

朱鹮的保护与研究

丁长青^① 李峰^{①②}

(^①中国科学院动物研究所 北京 100080; ^②中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要:朱鹮(*Nipponia nippon*)是世界濒危鸟类,国家一级重点保护动物,现仅分布于中国陕西洋县及其邻近地区。我国自1981年重新发现野生朱鹮以来,保护工作取得显著成就。本文综述了近年朱鹮保护和研究工作中取得的成绩及进展,提出了当前我国朱鹮保护面临的问题及下一步亟待开展的工作,为该物种的保护和管理提供了科学的建议。

关键词:朱鹮;就地保护;易地保护;再引入;研究

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2005)06-54-09

Conservation and Research of Crested Ibis

DING Chang-Qing^① LI Feng^{①②}

(^① Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080;

^② Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The Crested Ibis (*Nipponia nippon*) is a world threatened species and ranked in the first class of national key protected species. This paper summarized the achievements and progresses of the conservation and research of the Crested Ibis, pointed out the current problems and provided scientific suggestions for the conservation and management of the Crested Ibis.

Key words: Crested Ibis (*Nipponia nippon*); *In situ* conservation; *Ex situ* conservation; Reintroduction; Research

朱鹮(*Nipponia nippon*)属鹮形目(Ciconiiformes)鹮科(Threskiornithidae),历史上曾广泛分布于亚洲东部,北起西伯利亚的布拉戈维申斯克,南到中国的台湾,东至日本的岩手县,西抵中国的甘肃省。20世纪50年代以后,由于环境污染导致的繁殖成功率下降、食物资源短缺、捕猎和掏鸟蛋、营巢树被砍伐以及湿地面积减小等原因,朱鹮种群逐渐走向衰退,相继从俄罗斯、朝鲜半岛和日本消失^[1]。1981年5月,中国科学院动物研究所刘荫增先生经过历时近3年、行程5万多公里的考察,终于在陕西省洋县重新发现了7只朱鹮^[2]。为了拯救这世界上仅存的野生朱鹮,中国各级政府和研究管理部门先后采取了一系列保护拯救措施。经过近25年的努力,朱鹮这一极危物种已经得以保存和壮大。中国朱鹮拯救工作取得的显著成就,已经成为世界

濒危物种保护的成功范例^[3],受到全世界的关注。

由于野生朱鹮数量的增加, BirdLife International (2001)根据IUCN《红色名录》的濒危等级评估标准(IUCN/SSC, 2001),将朱鹮的濒危等级从极危(CR)降为濒危(EN)^[4]。但是,目前世界上仍然仅有一个朱鹮野生种群,在《中国物种红色名录》中,丁长青等根据朱鹮目前和今后面临的潜在威胁和IUCN《红色名录》标准A3c、d、e,仍将朱鹮评估为极危(CR)等级^[5]。

基金项目 国家自然科学基金资助项目(No. 30270265, 30570257);

第一作者介绍 丁长青,男,博士,研究方向:鸟类学及动物生态学 E-mail: zqding@mx.cei.gov.cn

收稿日期 2005-09-30,修回日期 2005-10-06

1 朱鹮的保护

野生动物的保护方式主要有三种,即就地保护(*In-situ conservation*)、易地保护(*Ex-situ conservation*)和再引入(*Re-introduction*)。为了拯救朱鹮这一濒临灭绝的物种,中国各级政府和研究机构给予了高度重视,先后采取了一系列保护措施,同时加大科研工作的投入力度,做到研究与保护紧密结合,使朱鹮种群数量得以恢复和壮大。根据作者最新调查结果,朱鹮野生种群数量已经由 1981 年的 7 只发展到 2005 年底的约 450 只(图 1),分布范围也从洋县扩展到周边的城固、西乡、汉中、南郑和勉县等多个县市,分布面积达到 3 000 km²。另外,我国还建立了 3 个朱鹮人工种群,总数达到 424 只。

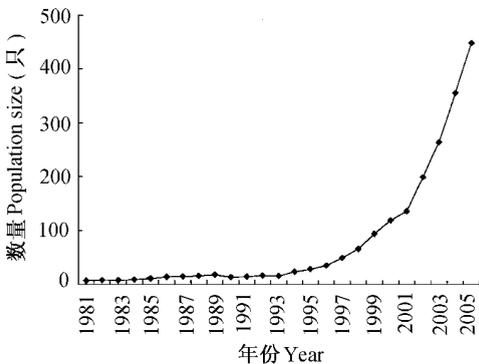


图 1 1981~2005 年朱鹮野生种群数量变化

Fig. 1 The captive population of the Crested Ibis, from 1981 to 2005

1.1 就地保护 就地保护是在该物种的自然栖息地内开展保护工作,拯救和恢复其野生种群,这是保护濒危物种的最重要、最有效的方式。在朱鹮的保护进程中,保护野生种群及其栖息地尤为重要。自 1981 年重新发现朱鹮野生种群后,我国主要采取了以下就地保护措施,并取得显著成效。

1.1.1 成立保护管理机构 为及时有效地做好朱鹮保护工作,1981 年陕西洋县林业局成立 4 人保护小组,配合刘荫增先生进行朱鹮保护研究;1983 年成立洋县朱鹮保护观察站;1986 年升级为陕西朱鹮保护观察站;2001 年,观察站更名为陕西朱鹮自然保护区;2005 年,经国

务院批准成立陕西汉中朱鹮国家级自然保护区。

1.1.2 野生种群的保护与监测

(1)繁殖期监护 朱鹮多选择靠近水田和农户的林地营巢,其营巢、孵卵和育雏期容易受到人类活动的影响和天敌的危害。1981~2003 年间,朱鹮育雏期死亡的雏鸟占野生朱鹮死亡总数的 60.7%^[1]。因此,繁殖期对朱鹮巢、卵和雏鸟的监护工作至关重要。具体保护形式是对每个巢进行昼夜看护,禁止当地农民和家畜靠近巢区,在巢树下架设救护网防止雏鸟坠落伤亡,驱赶蛇类、鼬科动物和猛禽等天敌,在巢树树干中下部包裹塑料布、铁皮和刀片防止蛇类上树危害卵雏。2000 年后,随着朱鹮繁殖巢数的增加,朱鹮站(保护区)有限的人员已难以对每个巢实施昼夜看护,将朱鹮繁殖期的监护工作承包给当地农户,形成了“保护站+巡护员+农户”的朱鹮保护管理模式,工作效率大大提高。

(2)人工投食 繁殖期食物缺乏是影响朱鹮繁殖成功率的主要因素^[1]。朱鹮站的工作人员每年繁殖期向朱鹮巢区的水田里投放泥鳅,为朱鹮补充食物,保证了配对朱鹮的正常产卵并使繁殖成功率有所提高^[6]。

(3)环志、巡护和种群监测:为了掌握朱鹮的活动规律和种群动态,及时发现抢救伤病朱鹮,朱鹮站工作人员常年对野生朱鹮进行跟踪观察和保护,监测朱鹮的活动范围、觅食地和夜宿地。为了准确识别野生朱鹮个体,及时了解其年龄和种群结构,朱鹮站 1987~1999 年间使用红、黄、蓝、绿、白、黑 6 种颜色的组合对所有野生幼鸟进行环志。由于朱鹮数量不断增加,彩环组合接近饱和,从 2000 年开始设计并使用彩色数字环,通过望远镜观察辨认不同野生朱鹮个体^[1]。为了及时掌握野生种群数量,每年春季和秋冬季在朱鹮分布区进行两次数量调查,详细了解朱鹮的分布、数量、种群结构和栖息地状况。

(4)野生个体的救护:席咏梅等^[7]统计了 1990 年以来 57 例病体朱鹮(或弃雏、弃卵)的病例及有关情况,发现野外朱鹮营养不良 13 例、

寄生虫 5 例、肠炎 6 例、眼疾 5 例、肺炎 4 例和亲鸟弃卵(雏)9 例。晏培松等^[8]和周宏超^[9]等对 9 例死亡朱鹮的尸体进行了解剖,发现寄生虫感染性疾病、中毒和结核病为主要死因。范光丽等^[10,11]对朱鹮感染的大肠杆菌病和新城疫进行了病理学观察。为了保证野生朱鹮伤病个体的及时诊断和救治,陕西朱鹮保护站联合当地医院和兽医院组建了朱鹮医疗救护小组。23 年中,该小组共抢救治疗伤病朱鹮 57 只。朱鹮救护饲养中心自 1990 年成立以来,共救护野外伤病个体 25 只。

1.1.3 栖息地保护与改善

(1) 冬水田改造:冬水田是朱鹮冬季主要觅食地^[1]。近年来,由于天气干旱和农民耕作方式的改变,大量冬季闲置的冬水田被排干种植小麦和蔬菜,使当地目前的冬水田面积已由 20 世纪 80 年代初的约 200 hm² 减少到不足 60 hm²。冬水田的减少及冬季食物不足是导致朱鹮数量下降直至濒危的主要原因之一^[1,12]。因此,冬季保护朱鹮的重要措施是保留足够面积的冬水田。为保证朱鹮冬季获得足够的食物,朱鹮站(保护区)与朱鹮活动区的农户签订协议,以发放补偿金的方式鼓励他们保留冬水田,一年只能耕种一季水稻,在水稻收割后整修田埂,翻耕蓄水,保证每年 11 月至次年 5 月农田水深达到 10~15 cm,为朱鹮提供理想的冬季觅食地。现在每年通过签订协议保留和改造的冬水田达到约 25 hm²。

(2) 林木保护:为保护好朱鹮营巢地和夜宿地,朱鹮站(保护区)对当地林木采取了严格的保护措施,征购重要营巢树并挂牌编号,严禁砍伐,将巢树及其附近 1 hm² 林木承包给当地农民管护,每年给予一定数额的林木保护补偿费,聘请当地农民对朱鹮主要夜宿地的树木严加保护,禁止砍柴、放牧等人类活动干扰朱鹮夜宿。此外,还通过修筑道路、扶持教育、资助搬迁等方式换取当地村组对巢区和夜宿地的保留及保护。近年朱鹮出现明显的扩散现象,但所有新繁殖地和夜宿地的林木均已得到有效保护。

(3) 环境监测:朱鹮栖息地的环境质量与野

生朱鹮种群的命运息息相关,研究人员分别于 1982、1990 和 2002 年对朱鹮栖息地的环境污染状况进行了监测。1981 年重新发现野生朱鹮后,洋县政府曾颁布“禁止在朱鹮活动区使用农药、化肥的规定”。1982 年和 1990 年的监测结果表明,朱鹮分布区环境状况总体良好^[12]。20 世纪 90 年代以来,洋县工农业生产发展迅速,化肥厂、水泥厂等相继兴建,耕作过程中农药化肥大量使用,使当地环境状况产生较大变化。2002 年监测结果表明,朱鹮巢区、游荡区和觅食地均有部分地点土壤或地表水中的农药、砷和氨氮含量超标,在野外采集的朱鹮食物中有较高的农药残留,有毒物质的富集已经存在^[1]。

1.1.4 社区共管:朱鹮与人类的关系密切,多栖息于村庄附近的大树或林缘,觅食于稻田、河滩和水库岸边,这里人类活动频繁,生态环境易遭到破坏。早期的朱鹮保护工作,在很大程度上限制了当地的经济的发展,如洋县政府曾提出不准使用农药化肥、不准开矿、不准建设污染性企业和不准砍伐树木的“四不准”原则。然而,随着朱鹮分布范围的扩大,朱鹮保护与当地经济发展的矛盾日益突出,保护工作的难度加大。以前在小范围内行之有效的措施(如提供经济补偿等),保护部门如今已难负其重。近年来,保护区逐步摸索出一套以社区共管为基础的朱鹮保护可持续发展模式。

(1) 调动当地群众保护朱鹮的积极性:开展社区教育,宣传保护朱鹮的重要性,培训并雇用当地农民为常年巡护员参与朱鹮保护,建立信息报告制度,对发现朱鹮新巢区、新夜宿地和野生伤病个体的人员予以奖励,签订合同,将朱鹮巢区、夜宿地和重要觅食地的监护工作承包给当地农户,通过检查评比兑现劳务费等措施,使朱鹮保护工作更加细致、及时,增强了朱鹮保护的力度和效果。

(2) 扶持发展社区经济:为了妥善解决保护朱鹮和当地经济发展之间的矛盾,国家和地方政府投入资金,扶持开展种植食用菌、经济树木和中草药等多种经营项目,增加群众经济收入。此外,当地政府对朱鹮巢区的群众给予优惠政

策,减免公购粮任务,在扶贫资金的发放上给予优先和倾斜。保护区出资帮助修建小型水电站、修建道路和桥梁、购买农用机械,解决生产生活中的实际问题,以此赢得当地群众对保护区的信任和支持。

(3)开展“绿色大米”项目:从2002年开始,保护区与当地群众开展无公害、无污染的“朱鹮牌绿色大米”的生产、认证、加工和销售一体化试验。通过提高农产品附加值来增加单位面积水稻的收入,既解决了朱鹮活动区的污染问题,又弥补了当地群众因不使用农药化肥造成减产带来的损失。

1.2 易地保护 易地保护是将濒危物种的部分个体转移到人工条件比较优越的地方,通过人工饲养繁殖的方式保存并建立一定规模的、健康的人工种群。对于濒危物种或不稳定的野生种群来说,就地保护难度极大,而且很难保证一定能够成功。及时开展易地保护,可以延缓该物种灭绝的进程,或者保存住这一物种的人工种群。

1.2.1 中国朱鹮的饲养繁殖 1981年重新发

现朱鹮野生种群后,我国科学家就确定了同时开展就地保护和易地保护的拯救方案。1981年5月,将一只朱鹮雏鸟送到北京动物园进行人工饲养,开始建立第一个朱鹮人工种群。1989年,世界上首次人工繁殖朱鹮在北京动物园获得成功^[3]。1990年,陕西洋县成立“朱鹮救护饲养中心”,建立起第二个朱鹮人工种群。2002年3月,为了缓解洋县“朱鹮救护饲养中心”的饲养压力,防止疾病和自然灾害对朱鹮人工种群的影响,经国家林业局统一部署,从洋县调出30对朱鹮,在陕西周至的楼观台建立起第三个朱鹮饲养繁殖基地^[1]。此外,为了给即将开展的朱鹮再引入工作提供理想种源,各饲养繁殖基地均进行了朱鹮自然繁殖实验^[4]。结果表明,亲鸟具备育雏能力,但其育雏行为为受到周围环境条件的影响^[5]。Xi等推测朱鹮能够敏感地判断一些细微的环境因素,来决定是否启动和维持孵卵后的育雏行为,繁殖笼舍周围的安静环境对朱鹮完成繁殖极其重要^[5]。根据作者最新统计,截止到2005年6月底,中国人工饲养的朱鹮数量已达到424只(图2)。

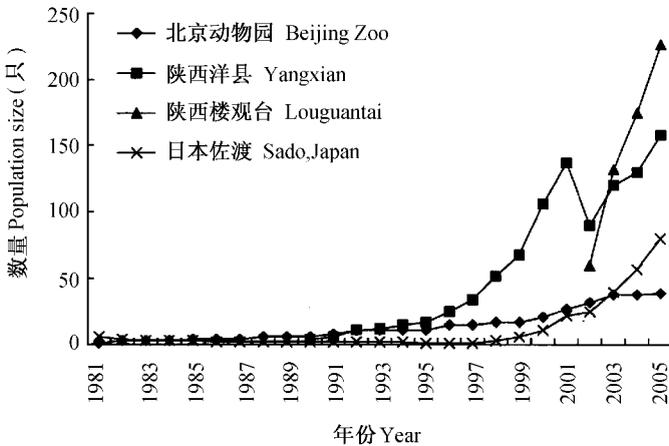


图2 1981~2005年朱鹮人工种群数量变化

Fig. 1 The wild population of the Crested Ibis since 1981

1.2.2 帮助日本建立朱鹮人工种群 我国在摸索、完善朱鹮饲养繁殖技术,扩大人工种群数量的同时,帮助日本重建了朱鹮的人工种群。1998年和2000年,先后将3只朱鹮赠送给日

本。与此同时,中国专门派出技术人员,传授朱鹮的人工繁殖技术,在日本佐渡朱鹮中心建立起新的朱鹮人工种群^[1]。截止到2005年6月

底,日本朱鹮人工种群数量为 80 只*。濒危的朱鹮在中日两国建立起稳定的人工种群,已成为世界濒危物种保护和国际合作的一个成功典范。

1.3 再引入 再引入是指在一个物种现已绝迹的历史分布区(historical range)内重新引入该物种,并建立稳定的、可自我维持的种群的一种尝试,目前正在被广泛使用。在美国 314 项濒危物种复壮计划中,64% 的项目被推荐实施再引入^[16]。

如今,随着朱鹮生态和保护生物学研究的不断深入,以及朱鹮人工种群的日益充足,我国开展朱鹮再引入的时机已经成熟。2004 年国家林业局开展了朱鹮再引入地点选择的工作,组织专家对河南信阳、安徽黟县、浙江安吉和湖南常德等地考察。为了详细了解饲养个体对野生环境的适应能力,为即将开展的朱鹮再引入提供经验,2004 年 10 月,在陕西洋县华阳镇开展了饲养个体的野化放飞实验。共有 12 只人工饲养的朱鹮被释放到野外,对其中 5 只进行了无线电遥测跟踪。至 2005 年 6 月,除 3 只失踪外,其余 9 只都已适应野外环境并与野生朱鹮种群合群生活。观察发现:释放个体活动区重叠极大,表现出极强的集群活动现象,觅食行为比例显著低于野生个体,休息行为比例显著高于野生个体。虽然实施野化放飞的实验区原有野生朱鹮活动繁殖,该实验应属于种群复壮(re-enforcement,指向现存的野生种群中添加同种个体)的范畴,但对饲养个体释放前的野化训练和释放后的跟踪监测,对朱鹮再引入的实施具有一定参考价值。

2 朱鹮研究

朱鹮研究最早从 1835 年 Temminck 对朱鹮标本的描述和命名开始。中国的朱鹮研究主要集中在 1981 年重新发现野生朱鹮种群之后。25 年来,我国科研人员对朱鹮进行了长期、系统、多学科的研究,获得大量研究成果,内容包括:朱鹮的分布、数量、栖息地选择、食性、繁殖生态、育雏和幼鸟发育、羽色和换羽、卵壳超微

结构、染色体及核型分析、环志、种群生态、种群生存力分析、栖息地评估、无线电遥测、活动区与活动性、遗传、饲养繁殖、疾病防治与救护、组织解剖、病理、寄生虫和保护对策等。史东仇和曹永汉主编的《中国朱鹮》总结了 1981 ~ 1995 年间的朱鹮研究工作^[12];丁长青主编的《朱鹮研究》对 1995 年以后的最新研究进展进行了总结^[1]。大量的研究作为朱鹮的科学保护奠定了基础,在理论上和实践上均具有重要的意义。

2.1 栖息地研究 为了有针对性地做好朱鹮的就地保护,必须充分了解野生朱鹮栖息地特征以及影响其栖息地选择的关键因子。根据朱鹮的活动规律和栖息地的特点,可将其栖息地分为繁殖区、游荡区和越冬区^[11]。

2.1.1 繁殖栖息地研究 繁殖区位于秦岭南坡海拔 700 ~ 1 200 m 的中低山区,人烟稀少,植被覆盖充分,气候温暖湿润。

(1)繁殖期栖息地利用:朱鹮在树上营巢,繁殖前期在巢址附近的树林中集群夜宿,因此对繁殖区的林木具有很强的依赖性。刘冬平等^[17]应用 GPS 定位和 GIS 技术,对各种栖息地成分的可利用率(繁殖区内各栖息地成分的百分比)和朱鹮的实际利用率(朱鹮活动区内各栖息地成分的百分比)进行 *F* 差异显著性分析。结果表明,朱鹮对针阔混交林的利用率显著低于研究区内的可利用率($P < 0.05$),对旱荒地和农田的利用率则显著较高($P < 0.05$)。丁长青等^[18]应用无线电遥测对朱鹮幼鸟离巢后栖息地的利用进行的研究发现,根据时间顺序,朱鹮幼鸟离巢后利用栖息地的类型依次为:旱耕地→秧田→秧田与河滩。进入 6 月下旬(幼鸟离巢 25 ~ 30 日),繁殖地水稻田内秧苗丰长,朱鹮无法下田觅食,迫使朱鹮离开繁殖区,向低海拔的游荡区迁移。

(2)巢址选择:王中裕等^[19]、李欣海等^[20]和刘冬平**分别应用主成分分析(PCA)、资源选择

* 日本山阶鸟类研究所,尾崎清明先生提供数据。

** 刘冬平.朱鹮的栖息地需求与再引入的初步研究.中国林业科学研究院硕士论文.2002.1 ~ 142.

函数(RSFs)和 Mann-Whitney U 检验对朱鹮的巢址选择进行了研究。三种方法的结果大部分相同,其中差异多与研究方法本身的局限性有关。影响朱鹮巢址选择的主要因子可分为四类:地形因素(海拔相对较低、山坡中部或下部、阴坡、距石矿距离较远、距主沟距离较近)、植被因素(乔木均高较高)、巢树因素(高大、粗壮)和巢位因素(位于树冠中部或下部的水平横枝、巢向背阴)^[1]。近年来朱鹮巢址明显由中山地带(海拔约1 200 m)向低山地带(海拔约700 m)转移,而窝卵数、孵化率及幼鸟出飞率没有显著变化。马志军等^[20]认为这种变化与中山地区营巢条件恶化及低山地区营巢条件改善有关。丁长青^[1]根据多年实际观察,推测朱鹮营巢海拔下降与中山地区的环境容纳量有关。刘冬平^{*}则认为朱鹮巢址选择对地域和海拔并无偏好,而是选择适宜繁殖区的山坡下位。

2.1.2 冬季觅食地选择 每年12月至翌年2月,朱鹮转到山区越冬。越冬区位于繁殖区和游荡区之间,以低山和丘陵地带为主。朱鹮冬季的主要觅食地包括冬水田、河滩和水库岸边湿地,分别占49.4%、39.9%和5.8%^[1]。主成分分析结果表明,朱鹮喜欢在海拔相对较低、冬水田面积较大、视野开阔、土壤松软、植被稀少,但附近人类活动也较频繁的地区觅食^[1,20]。

2.1.3 栖息地评估 应用地理信息系统进行栖息地质量评估,具有较高的空间精确性,对保护区的规划和管理具有参考价值。李欣海等^[21]应用GIS分析了朱鹮的栖息地质量,利用数字化的植被信息、地形信息和道路、乡镇和河流信息进行了生境适宜度评价,发现朱鹮集中分布在适宜度较高(>0.6)的区域内,说明地形、植被、河流和人为干扰等景观因子对朱鹮的限制作用非常明显。但此研究对食物丰富度及气象因素对朱鹮栖息地质量的影响考虑不足^[1]。

2.2 繁殖行为与活动性研究 史东仇等^[12]对朱鹮的繁殖习性、营巢、孵化和育雏、雏鸟的生长发育、年活动规律和季节性迁移等研究结果进行了总结。近年的研究成果主要包括:

2.2.1 领域性 早期研究表明,朱鹮在繁殖期有较强的领域性,通常一对朱鹮占据一条山沟并驱逐其他朱鹮进入其领域^[12]。近年来,由于种群密度增加,朱鹮的领域性明显降低,营巢密度显著增高,往往有数对朱鹮在同一山沟繁殖,甚至表现出集群营巢的倾向。在921.0 hm²的花园繁殖区内,1991年仅有1对朱鹮营巢繁殖,到2001年已经发展到23巢,平均营巢密度达到1巢/40 hm²,其中最近两巢距离不到10 m^[17]。朱鹮的领域行为只局限于保卫巢树周围的很小区域。丁长青^[1]认为近年朱鹮表现出的领域行为变化属正常现象,是朱鹮种群发展后繁殖习性的正常恢复。

2.2.2 繁殖期活动性 刘冬平等^[17]应用环志识别、GPS定位和GIS空间分析技术,对朱鹮成鸟繁殖期的活动性、觅食距离和活动区面积进行了研究。结果表明,朱鹮在越冬期、繁殖期和繁殖后期的觅食距离存在差异,但同一时期不同个体间的觅食距离无显著差异;不同年份中,朱鹮在越冬期和繁殖期的觅食距离无显著差异,而繁殖后期的觅食距离差异显著,可能与气候因素有关。用MCP法和90% Kernel法计算出朱鹮在繁殖期的平均活动区面积分别为(100.8 ± 49.8) hm²和(175.6 ± 91.3) hm²。核心区面积(43.8 ± 21.5) hm²(50% Kernel法)。朱鹮个体间的繁殖活动区存在很大重叠,配对亲鸟间的活动区重叠强度和其他个体的重叠强度无显著差别,表明朱鹮营巢比较密集。

2.2.3 幼鸟活动性 丁长青等^[18]应用无线电遥测技术对野生朱鹮幼鸟离巢后至迁移前的活动性进行了研究。结果显示,最初的5~10 d里,幼鸟主要在巢附近的地面活动,活动区面积3.096 hm²,随着离巢天数的增加,朱鹮幼鸟的活动区面积增大,最远活动点离巢达2 km,活动区面积增加到75 hm²;朱鹮幼鸟离巢25~30 d后,在亲鸟带领下,从繁殖地向低海拔的游荡区迁移,两地间的直线距离为16~20 km。朱鹮幼鸟离巢后至迁飞前,每晚均在巢树附近夜宿。

* 同第58页。

2.3 种群结构与动态研究

2.3.1 种群结构 1981~1997年朱鹮野生种群数量由7只增加到50只,自然增长率 $r = 0.124/只 \cdot 年$,周限增长率 $\lambda = 1.1328/年$;1998~2003年,由于繁殖种群基数加大,以及成熟有效的保护管理对策,种群出生率明显大于死亡率,呈稳定增长态势, $r = 0.2794/只 \cdot 年$, $\lambda = 1.3571/年$ ^[1]。目前野外种群0~2龄的幼体和亚成体占种群总数的53%,2~13龄具繁殖能力的个体占43.8%,13龄以上及不再繁殖的个体占3.2%,按年龄锥体划分属于增长型种群^[1]。种群性比合理,雌雄个体数量无显著差异($P > 0.05$)基本符合1:1^[1]。

2.3.2 生命表分析 王中裕等^[22]和路宝忠等^[23]分别根据野外观察朱鹮雏鸟环志记录,以及朱鹮的存活和死亡状况,编制其年龄生命表^[1]。在洋县野生朱鹮种群中,0~1龄幼鸟死亡率比较高,达到51.06%;随着年龄的增长,朱鹮死亡率不断下降,2~9龄个体的存活率均在65%以上。研究结果提示,加强朱鹮育雏期和幼鸟离巢后的保护管理工作对增加朱鹮种群数量至关重要。

2.3.3 繁殖成功率 1981~2003年野生朱鹮共孵化出雏鸟495只,孵化率为80.1%;出飞幼鸟404只,雏鸟成活率为84.3%,繁殖成功率67.6%。雏鸟10日龄以前死亡率较高,占死亡雏鸟总数的65%。分析认为影响朱鹮繁殖成功率的因素主要有两方面(1)朱鹮为晚成鸟,雏鸟体质弱,如果食物不够充足,容易患病或发育不良而导致死亡,尤其是10日龄前的雏鸟死亡率较高(2)气候条件、天敌危害和意外干扰导致亲鸟弃巢、幼鸟摔死等^[1]。近年来朱鹮的窝卵数逐渐下降,由1981~1990年间的3.23枚下降到1981~2000年间的3.04枚。这主要体现在产4枚卵的巢数从38.46%下降至17.35%。近年朱鹮数量增加,繁殖密度加大,适宜生境和食物资源不足,窝卵数大(4枚)的巢难以育雏成活,导致朱鹮采取降低窝卵数的繁殖对策,多数朱鹮每巢产卵1~3枚^[1]。

2.3.4 种群生存力分析 李欣海等^[24,25]借助

旋涡模型(VORTEX)对朱鹮进行了种群生存力分析(PVA),根据1981~1994年和1981~1996年朱鹮种群的数据,总结和预测其种群动态,并预测朱鹮在50年内灭绝的可能性是98.5%,平均绝灭时间为15.72年^[24];推断100年内朱鹮绝灭的可能性是19.7%,种群数量将在100~120只间波动^[25]。灵敏度分析表明,朱鹮种群对意外死亡和生存环境的波动较为敏感,种群的存活依赖于栖息地的环境容纳量和对近亲繁殖的抵抗能力。李欣海等^[25]增加了1995~1996年的数据并将模拟次数从100次增加到1000次,但两次PVA分析结果差异较大,与目前野生种群(数量约450只并多年保持稳定增长)的真实状况差异明显。我们认为参数的设定对旋涡模型的分析结果有较大影响。在对朱鹮种群研究尚不充分的情况下,人为设定某些参数值导致了结果的主观性和可变性^[1]。

2.4 遗传学研究 朱鹮遗传方面的研究主要包括染色体及核型分析、随机扩增多态DNA(RAPD)、线粒体DNA多态性及系统发育、微卫星DNA多态性和分子性别鉴定等几个方面。张德兴等^[1]指出,朱鹮的特殊历史情况决定了其现今的遗传多样性水平,从理论上推断其任何遗传位点在种群中的等位基因数不可能大于8。采用多态性水平低的遗传标记或分辨率低的研究方法很难准确评估朱鹮种群的遗传多样性,RAPD、RFLP和ISSR等对朱鹮都不是理想的标记系统。任何旨在揭示现有朱鹮种群遗传多样性的研究都必须进行足够大的样本分析才有意义。

2.4.1 遗传多样性研究 Han^[26]和李军林等^[27]分别报道了RAPD研究结果,张德兴等^[1]认为该方法稳定性差、分辨率低,不适于朱鹮遗传多样性研究。Zhang等^[28]通过分析10只野生朱鹮和26只饲养个体mtDNA控制区II和III片段的序列,发现仅仅存在2个单倍型,显示朱鹮种群的遗传多样性很低。微卫星DNA由于共显性遗传、多态性高、实验操作简单、结果可靠等优点而成为濒危物种研究中的首选标记。吉亚杰等^[29]通过对朱鹮基因组文库的筛选,获得13个用于遗传分析的微卫星DNA位点。刘

玉娣* 对 130 只野生和饲养个体进行了基因型检测,在筛选出的 8 个特异性微卫星 DNA 位点上,朱鹮的等位基因多样性很低,每个位点平均等位基因数目仅为 2.13,平均期望杂合度和观察杂合度分别为 0.118 和 0.186,表明朱鹮现存种群遗传多样性极度匮乏,是朱鹮种群经历严重瓶颈效应和近亲繁殖的遗传反映。朱鹮种群内存在严重的近交,近交系数 $F_{IS} = 0.665$ 显著大于零,但朱鹮种群已经渡过近交衰退期,近交衰退效应对其种群稳定发展的影响已很小。

2.4.2 分子性别鉴定 朱鹮雌雄同色,从形态特征上难以区分性别。刘凌云等^[30]利用骨髓细胞短期培养、空气干燥制片和 Giemsa 染色,进行了染色体水平的朱鹮性别鉴定;Li 等^[31]利用 PCR 方法对雌性个体 W 性染色体上与性别相关的基因进行扩增,成功鉴定出 3 只朱鹮的性别;Kikuchi 和 Ishii 对 CHD 方法加以改进,使用限制性内切酶 *Mbo* II 代替 *Hae* III,准确对朱鹮成体、幼雏和卵壳内壁的胚胎组织进行了正确的性别鉴定^[1]。

2.5 饲养繁殖研究

2.5.1 自然繁殖 人工饲养下的朱鹮对环境变化十分敏感,在繁殖期常因受到干扰而将卵踩碎甚至把出壳的雏鸟啄死、扔出巢外。1989 年和 1992 年,北京动物园进行的朱鹮自然孵化、育雏实验均因雏鸟发生伤亡而失败。2000 年和 2001 年,通过修建模拟自然环境的笼舍,朱鹮自然繁殖实验分别在陕西洋县和北京动物园获得成功^[4],实验期朱鹮的营巢、交尾、产卵、孵化及育雏等繁殖行为正常,繁殖成功率较高。席咏梅等指出:不适宜的笼舍环境将会导致朱鹮通过“杀雏”和“遗幼”的方式终止抚育后代^[1]。

2.5.2 黑头白鹮 (*Threskiornis melanocephalus*) 代育朱鹮雏鸟实验 2002 年和 2003 年,北京动物园开展了黑头白鹮代育朱鹮雏鸟实验,旨在探讨通过“义亲”代育的方式恢复已经绝迹的朱鹮迁徙型种群。实验对比发现:朱鹮育雏期约 40 d,而黑头白鹮育雏期约 30~35 d,在 40 d 的自然育雏期间,黑头白鹮喂雏的总次数比朱鹮少;

朱鹮喂雏的高峰期与黑头白鹮不同步,雏鸟 30~35 日龄时黑头白鹮和朱鹮喂雏次数大体相同,35 日龄后朱鹮喂雏次数明显减少,而黑头白鹮已基本不喂雏,试图减轻雏鸟体重,“促使”雏鸟尽快离巢;黑头白鹮“代育”的朱鹮雏鸟最后 5 d 需要人工辅助喂食^[1]。黑头白鹮的育雏期比朱鹮的育雏期短 5 d,给其代育朱鹮以恢复朱鹮迁徙型种群构想的实施增加了难度。

3 存在的问题和建议

3.1 开展扩散生态学研究 近年来野生种群数量的增加,其繁殖地的食物和适宜巢址相对缺乏,导致朱鹮繁殖期发生扩散,保护工作难度增加。1999 年至今我们的监测结果表明,朱鹮巢的分布范围已经从 1999 年的 19 281 hm^2 增加到 2004 年的 206 514 hm^2 。如果不提前对其觅食地和繁殖地加以保护,朱鹮很可能受到农药污染、人为干扰等影响,导致繁殖成功率降低甚至繁殖失败。由于对朱鹮扩散的规律不够了解,难以预测其扩散的趋势和区域,造成保护工作相对被动。加之时间、人员和管理布局等方面的限制,难以(或来不及)实施有效保护。目前,急需开展朱鹮扩散生态学研究,调查朱鹮野生种群的扩散状况,了解导致扩散的原因,搞清朱鹮扩散的类型、模式与能力及其对朱鹮种群结构、繁殖行为、繁殖成就和朱鹮保护工作的影响。通过调查和评估栖息地质量及分布格局,预测朱鹮野生种群扩散的趋势和区域,制定针对性的保护对策,提前在朱鹮可能扩散到的区域进行栖息地保护和恢复。

3.2 开展再引入 目前,朱鹮的濒危状况已得到初步缓解,但其仍只有一个孤立的野生种群,一旦遇到突发疾病和自然灾害等恶性事件,很可能给现存朱鹮野生种群带来毁灭性后果。近年来,朱鹮中毒死亡事件在洋县时有发生,繁殖期(尤其是育雏期)干旱、河流湿地干涸的现象也越来越频繁,导致朱鹮食物不足甚至无处觅

* 刘玉娣. 朱鹮种群遗传多样性和历史演变的微卫星 DNA 分析. 中国科学院研究生院博士学位论文, 2005. 1~132.

食;当地养禽业新城疫、禽流感等疾病的发生对朱鹮人工种群和野生种群造成极大危害。因此,有必要尽早开展朱鹮再引入工作,寻找适宜的栖息地,建立第二、第三个异地野生种群,使朱鹮能够继续稳定增长、彻底摆脱濒危状况。

3.3 减少基因交流、建立遗传谱系档案 刘玉娣*研究表明,近交衰退效应对朱鹮种群影响已经很小。鉴于朱鹮种群的整体遗传纯合度很高,在目前和将来比较长的一段时间内,不宜在各种种群之间进行基因交流。各饲养种群之间交换个体不仅不能给遗传多样性的增加提供帮助,还可能将新的病原物带到新的饲养群体中造成危害。但是,目前必须严格地建立各种群的遗传谱系档案,以便经过许多世代后,当遗传多样性恢复到一定水平时,开展各种种群之间的基因交流。(封面图片为奚志农 2004 年 6 月摄于陕西洋县华阳)

参 考 文 献

- [1] 丁长青主编. 朱鹮研究. 上海: 上海科技教育出版社, 2004. 1 ~ 388.
- [2] 刘荫增. 朱鹮在秦岭的重新发现(陕西省). 动物学报, 1981, 27(3): 273.
- [3] Coulter M C. Conservation status of Ibis. 见: 中国野生动物保护协会, 中国鸟类学会, 陕西省野生动物保护协会主编. 稀世珍禽——朱鹮. 北京: 中国林业出版社, 2000, 219 ~ 222.
- [4] BirdLife International. Threatened Birds of Asia: the BirdLife International Red Data Book. Cambridge, UK: BirdLife International 2001. 315 ~ 329.
- [5] 丁长青, 何芬奇. 鸟纲——非雀形目. 汪松, 解焱主编. 中国物种红色名录. 北京: 高等教育出版社, 2004. 244.
- [6] 路宝忠. 朱鹮的人工投食. 野生动物, 1989, 10(5): 23 ~ 24. 33.
- [7] 席咏梅, 路宝忠, 翟天庆等. 朱鹮疾病的临床观察与救护. 见: 中国野生动物保护协会, 中国鸟类学会, 陕西省野生动物保护协会主编. 稀世珍禽——朱鹮. 北京: 中国林业出版社, 2000. 179 ~ 182.
- [8] 晏培松, 傅文凯, 赵一岭等. 6 例朱鹮的病理学观察及死亡原因分析. 见: 中国野生动物保护协会, 中国鸟类学会, 陕西省野生动物保护协会主编. 稀世珍禽——朱鹮. 北京: 中国林业出版社, 2000. 172 ~ 174.
- [9] 周宏超, 杨鸣琦, 范光丽. 2 只朱鹮死亡的病理学诊断. 西北农林科技大学学报, 2001, 29(3): 69 ~ 72.
- [10] 范光丽, 杨增歧, 高更更等. 朱鹮幼雏大肠杆菌病的病理组织学观察. 动物学杂志, 2004, 39(3): 44 ~ 46.
- [11] 范光丽, 周宏超, 杨鸣琦等. 幼龄朱鹮新城疫病的病理学观察. 西北农林科技大学学报, 2001, 29(6): 79 ~ 82.
- [12] 史东仇, 曹永汉主编. 中国朱鹮. 北京: 中国林业出版

- 社, 2001.
- [13] 李福来. 人工饲养下世界第一只朱鹮出生. 动物学杂志, 1989, 24(6): 49.
- [14] 李福来, 刘斌, 王淑玲等. 朱鹮自然育雏观察. 动物学杂志, 2002, 37(3): 27 ~ 30.
- [15] Xi Y M, Lu B Z, Ozaki A, et al. Environmental factors effect on the parental behavior in Crested Ibis. *The Journal of Yamashima Ornithology*, 2003, 35(1): 362 ~ 369.
- [16] Tear T H, Scott J M, Hayward P H, et al. Status and prospects for success of the endangered species act: a look at recovery plans. *Science*, 1993, 262: 976 ~ 977.
- [17] 刘冬平, 丁长青, 楚国忠. 朱鹮繁殖期的活动区和栖息地利用. 动物学报, 2003, 49(6): 755 ~ 763.
- [18] 丁长青, 马志军, 翟天庆等. 朱鹮幼鸟活动性的初步研究. 见: 中国鸟类学会主编. 中国鸟类学研究. 北京: 中国林业出版社, 2000. 102 ~ 106.
- [19] 王中裕, 赵利敏, 王琦. 朱鹮营巢生境的分析. 动物学杂志, 2000, 35(1): 28 ~ 31.
- [20] 马志军, 丁长青, 李欣海等. 朱鹮冬季觅食地选择. 动物学研究, 2001, 22(1): 46 ~ 50.
- [21] 李欣海, 李典谟, 丁长青等. 朱鹮栖息地质量的初步评估. 生物多样性, 1999, 7(3): 161 ~ 169.
- [22] 王中裕, 王刚, 路宝忠等. 环志朱鹮生命表及繁殖情况的分析研究. 汉中师范学院学报(自然科学版), 2000, 18(1): 65 ~ 68.
- [23] 路宝忠, 傅文凯, 翟天庆等. 朱鹮种群结构及种群动态研究. 见: 中国野生动物保护协会, 中国鸟类学会, 陕西省野生动物保护协会主编. 稀世珍禽——朱鹮. 北京: 中国林业出版社, 2000. 97 ~ 103.
- [24] 李欣海, 李典谟, 路宝忠等. 朱鹮种群生存力分析. 生物多样性, 1996, 4(2): 69 ~ 77.
- [25] Li X H, Li D M. Current state and the future of the Crested Ibis: a case study by population viability analysis. *Ecological Research*, 1998, 13: 323 ~ 333.
- [26] Han Z M, Li F L, Liu Y, et al. Detection of intraspecific genetic relationship in Crested Ibises *Nipponia nippon* through randomly amplified polymorphic DNA analysis. *J Yamashima Inst Ornithol*, 1999, 31: 39 ~ 44.
- [27] 李军林, 舒青, 蒙世杰等. 非损伤性取样在朱鹮种群遗传研究中的应用. 遗传, 2001, 23(3): 217 ~ 219.
- [28] Zhang B, Fang S G, Xi Y M. Low genetic diversity in the endangered Crested Ibis *Nipponia nippon* and implications for conservation. *Bird Conservation International*, 2004, 14: 183 ~ 190.
- [29] Ji Y J, Liu Y D, Ding C Q, et al. Eight polymorphic microsatellite loci for the critically endangered Crested Ibis, *Nipponia nippon*. *Molecular Ecology Notes*, 2004, 4: 615 ~ 617.
- [30] 刘凌云, 王宝贵, 郭学聪等. 朱鹮的染色体性别鉴定及核型分析. 北京师范大学学报(自然科学版), 1992, 28(4): 554 ~ 557.
- [31] Li M, Ding C Q, Wei F W, et al. Sex-related gene and sex identification of Crested Ibis *Nipponia nippon* (Ciconiiformes: Threskiornithidae). *Chinese Science Bulletin*, 2001, 46(8): 669 ~ 671.