

环境因子对笼养朱鹮自然繁殖的影响

刘冬平^① 庆保平^② 路宝忠^② 王超^② 楚国忠^{①*}

(^① 中国林业科学院森林生态环境与保护研究所,国家林业局森林保护学重点实验室 北京 100091;

^② 陕西省朱鹮国家级自然保护区 陕西洋县 723300)

摘要: 2004年3~7月,在陕西省洋县对人工饲养条件下朱鹮(*Nipponia nippon*)的自然繁殖进行了研究。18对繁殖鸟的窝卵数平均为(3.10±0.54)枚,孵化率26.2%,育雏成功率64.7%。当笼舍面积低于某一阈值时,窝卵数与笼舍面积呈明显正相关(Pearson $r = 0.591, P < 0.01$)。出壳数、出飞数均与巢距遮荫树的距离呈负相关(Pearson $r_1 = -0.674, P_1 < 0.05$; $r_2 = -0.677, P_2 < 0.05$)。亲鸟的繁殖经验对繁殖成功率没有显著影响,营巢环境是影响自然繁殖成功率的重要因素。

关键词: 朱鹮;人工饲养;自然繁殖;繁殖成功率

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2007)01-74-05

Environment Factors Influencing the Natural Breeding of Captive Crested Ibis

LIU Dong-Ping^① QING Bao-Ping^② LU Bao-Zhong^② WANG Chao^② CHU Guo-Zhong^{①*}

(^① Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry; Key Open Laboratory of Forest Protection of State Forestry Administration, Beijing 100091; ^② The Crested Ibis National Nature Reserve, Yangxian Shaanxi 723300, China)

Abstract: Data on clutch size, hatching success and nestling success of the natural breeding for 18 pairs of captive Crested Ibis (*Nipponia nippon*) were collected from March to July 2004 in Yangxian County of Shaanxi Province. The environment factors of nest cage were measured and analyzed to see whether they produce influence on the breeding success. Total of 65 eggs were laid and average clutch size was 3.10 ± 0.54. Among them 26.2% of eggs were successfully hatched and 64.7% of nestlings survived. The clutch size was significantly correlated with the size of cage and the nestling and fledgling success were correlated with the distance between nest and the shelter tree. The nesting environment play a important role in the reproductive success.

Key words: Crested Ibis (*Nipponia nippon*); Captive breeding; Natural breeding; Reproductive success

朱鹮(*Nipponia nippon*)是国际濒危(endangered)物种^[1,2],截至2005年底全球种群数量约900只^[3]。历史上朱鹮曾广泛分布于亚洲东部,包括日本、朝鲜半岛、中国和俄罗斯远东地区^[4]。20世纪中叶以来,由于人类活动的影响,朱鹮的数量急剧减少。日本于1981年将全部野生个体捕捉饲养后,野生朱鹮一度被认为已经绝灭^[4]。为了寻找这一物种,中国科学院组织了大规模的调查工作,并于1981年5月在陕西省洋县重新发现了7只野生朱鹮^[5]。

朱鹮的人工饲养已有100余年历史。早在1872年,英国人Swinhoe从中国浙江捕获一只朱鹮,并带到伦敦动物园进行饲养。此后,韩国和日本都有过饲养朱鹮的历史^[6]。朱鹮在中国

基金项目 中日朱鹮保护合作项目资助;

* 通讯作者, E-mail zhughz@caf.ac.cn;

第一作者介绍 刘冬平,男,硕士,研究方向:鸟类生态学, E-mail: dpliu@caf.ac.cn.

收稿日期 2006-05-30,修回日期 2006-10-25

被重新发现以来,为了对野生伤病个体进行救护饲养并发展人工饲养种群,先后在北京动物园、陕西洋县和陕西周至建立了饲养中心。1989年,北京动物园首先突破了饲养条件下朱鹮繁殖的难关^[7],此后,朱鹮的饲养种群逐渐壮大。

但是,人工饲养条件下的朱鹮经常出现踩碎卵、啄死雏鸟等现象^[8~10],因而必须辅以人工孵化和育雏。朱鹮在饲养条件下能否实现自然繁殖,即在没有人帮助独立完成繁殖,是一个急需关注的技术问题,关系到将来朱鹮再引入(re-introduction)释放的饲养个体能否在野外繁殖壮大,并建立自我维持种群^[9]。自1995年以来,在这个领域先后进行过一些实验^[8~10],证明在幽静的笼舍环境、适宜的饲养管理等条件下,人工饲养朱鹮完全能够完成自然繁殖。但是,进行自然繁殖的饲养个体非常敏感,踩碎卵、啄死雏鸟等现象经常发生,导致繁殖成功率很低^[8~10]。本研究的目的是,通过对人工饲养条件下朱鹮自然繁殖的观察研究,对可能的影响因子进行测量和量化分析,从而找出影响自然繁殖成功率的要素。

1 研究地区

研究地区在陕西省洋县华阳镇,位于 $107.50 \sim 107.55^{\circ}\text{E}$, $33.56 \sim 33.61^{\circ}\text{N}$ 。为了预防2004年年初爆发的高致病性禽流感疫情,陕西省朱鹮自然保护区于当年2月将洋县朱鹮救护饲养中心的93只朱鹮转移到秦岭南麓的华阳镇山区进行隔离饲养。该地距离洋县县城43 km,平均海拔1 080 m,处于北亚热带与暖温带分界线上,属暖温带气候,年平均气温 $9.5 \sim 11.7^{\circ}\text{C}$,年平均降水量1 004 mm。华阳镇境内溪流密布,水资源丰富,其良好的地理位置和自然条件为朱鹮、大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)、金丝猴(*Rhinopithecus roxellanae*)和羚牛(*Budarcas taxicolor*)等珍稀野生动物提供了优越的栖息环境。

2 研究方法

2.1 研究对象和繁殖场所 本研究的对象为

在华阳2个隔离饲养区的全部繁殖朱鹮。这些个体的平均年龄为4.2岁。参加自然繁殖的个体全部进行人工配对。

朱鹮隔离饲养区选择在远离居民区、环境幽静、干扰很小的山坡林中,主要树种为马尾松和板栗,平均高度约6 m,密度约16棵/hm²。每对繁殖朱鹮使用一个繁殖笼舍。由于地势的限制,笼舍面积从18~50 m²不等,高约4 m。不参加繁殖的亚成体则以6~8只为单位在一定距离外或其他地点隔离饲养。笼舍利用天然马尾松或板栗树木在林荫之下搭建而成,周边用尼龙软网封闭。在笼舍内搭建一根栖杠,用于朱鹮的停歇和放置巢筐。巢筐用竹篾编织而成,碗状,上口直径约35 cm,高约15 cm。人工添加半干枯的松针和栎树枝条作为巢材。与此同时,在笼舍内放置适量的枯枝,由亲鸟自行选择巢材。

2.2 饲养繁殖管理 在笼舍附近搭建饲养房,房屋靠近笼舍的一侧采用遮荫网或树枝遮挡,既便于观察又不影响亲鸟的活动及繁殖。饲养管理措施与黄治学等^[10]相似。饲养个体每天饲喂2次,8:00时喂给由牛肉、奶粉、矿物质、维生素等配制的人工饲料,14:00时喂给泥鳅。育雏期增喂面包虫、微量元素等饲料及药物,既保证亲鸟健康又促进雏鸟发育。日常管理是饲养人员工作的重点,除了全天观察鸟的行为外,还要清扫笼舍污物、粪便、脱落羽毛及食物残渣,并定时进行环境消毒。

2.3 数据记录和分析 对朱鹮的整个繁殖期进行观察,统计每巢的产卵数、出壳数和出飞数。对朱鹮的异常繁殖行为,如弃巢、啄击卵壳、碎卵、啄死雏鸟等进行记录。对繁殖鸟的状况进行了统计,以便分析其对繁殖成功率的影响,包括(1)亲鸟以前自然繁殖的年数(NB):取双亲的平均值,并将数据分为等于 α (无自然繁殖经验)和大于 α (有自然繁殖经验)两类;(2)亲鸟以前人工繁殖的年数(CB):取双亲的平均值;(3)亲鸟以前自然繁殖成功与否(SN):如果双亲均成功,赋值1,均未成功赋值0,单亲成功赋值0.5。

繁殖结束后,对可能影响朱鹮自然繁殖的营巢环境因子进行测量,包括(1)网笼大小(CS)测量网笼的面积,划分为18~28、29~38、38~48 m²三类(2)栖杠高度(HP):测量朱鹮用于搭巢和栖息的栖杠距地面的高度,划分为1.7~2.1、2.1~2.5 m两类(3)遮荫树木的种类(OT):记录离巢最近的遮荫树种类,仅有马尾松和板栗两类(4)巢距遮荫树的距离(DN):测量巢到遮荫树的距离,划分为0~1、>1 m两类(5)巢相对遮荫树的方向(DO):测量巢相对遮荫树的方向角度,其中正北为0°,划分为0°~180°(阳面)和180°~360°(阴面)两类(6)巢上盖度(CO):测量太阳直射时遮荫树对巢的遮荫百分比,划分为0%~10%、>10%两类(7)巢与监护房的距离(DW):测量巢和监护房的距离,划分为<50、50~200、>200 m三类。

数据获取后,依据上述标准划分为2或3类,以便进行统计分析。数据处理在SPSS 10.0中进行。因子对繁殖成功率影响的显著程度采用Mann-Whitney U(划分为2类的因子)或Kruskal-Wallis(划分为3类的因子)进行检验^[11],窝卵数和笼舍大小的相关分析采用Pearson相关分析^[12]。

3 结果

3.1 繁殖成功率 2004年进行自然繁殖的人工饲养朱鹮共18对,产卵65枚(其中3对因第

一窝卵繁殖失败,产下第二窝卵),窝卵数平均为(3.10±0.54)枚(n=21)。未受精卵9枚,占13.8%;亲鸟孵化时踩碎卵36枚,占55.4%;成功出壳雏鸟17只,孵化率26.2%;成功育成雏鸟11只,育雏成功率为64.7%。孵化率和育雏成功率均低于当年野生朱鹮的繁殖结果(分别为76.0%和91.2%)(图1)。



图1 饲养朱鹮和野生朱鹮繁殖成功率的差异

Fig.1 The difference of reproductive success between captive and wild Crested Ibis

3.2 繁殖成功率的影响因素 将10种影响因子的测量结果划分为2或3类,分析它们与窝卵数、出壳数和出飞数的关系(表1)。结果表明,网笼大小对窝卵数有显著影响($\chi^2 = 7.02, P < 0.05$),巢距遮荫树的距离对出壳数($Z = -2.29, P < 0.05$)和出飞数($Z = -2.31, P < 0.05$)有显著影响。

表1 测量因子与3种繁殖成功率的衡量因素之间关系的统计检验

Table 1 Relationship between factors and three measures of reproductive success

测量因子 Variables	窝卵数 Clutch size	出壳数 Nestlings	出飞数 Fledglings	数据分类 Categories
NB	-0.95	-0.52	-0.85	0, >0
CB	0.44	1.81	1.65	0, 1~2, 3~4
SN	2.46	2.06	2.87	0, 0.5, 1
CS	7.02*	1.06	0.35	18~28 m ² , 29~38 m ² , 38~48 m ²
HP	-1.18	-0.76	-0.30	1.7~2.1 m, 2.1~2.5 m
OT	-1.30	-0.13	-0.13	马尾松 板栗
DN	-1.44	-2.29*	-2.31*	0~1 m, >1 m
DO	-0.13	-0.64	-0.65	0~180°, 180°~360°
CO	-1.21	-1.37	-1.46	0~0.1, >0.1
DW	0.05	0.80	0.81	<50 m, 50~200 m, >200 m

代码及单位参考“研究方法”一节 Code of variables and unit see “Method”; * $P < 0.05$ 。

窝卵数为 3、4 和 5 的繁殖网笼平均面积分别为 $(26.6 \pm 5.8) \text{m}^2$ ($n = 12$)、 $(33.0 \pm 5.9) \text{m}^2$ ($n = 5$) 和 48.6m^2 ($n = 1$) (图 2), 窝卵数和网笼面积呈极显著正相关 (Pearson, $r = 0.591$, $P < 0.01$)。出壳数和出飞数与巢距遮荫树距离呈显著负相关 (Pearson, $r_1 = -0.674$, $P_1 < 0.05$; $r_2 = -0.677$, $P_2 < 0.05$)。



图 2 窝卵数和网笼面积的关系

Fig. 2 The relationship between clutch size and cage area

4 讨 论

自 1995 年以来, 李福来等^[8]和黄治学等^[10]在人工饲养朱鹮的自然繁殖方面先后进行了一些实验并获得成功。黄治学等^[10]在 2000 ~ 2002 年期间共对 7 对朱鹮的自然繁殖进行研究, 共产卵 22 枚, 出壳 15 只, 育成雏鸟 12 只, 其孵化率 (68.2%) 和育雏成功率 (80.0%) 均高于本实验的结果 (分别为 26.2% 和 64.7%)。究其原因, 是因为两次实验的地点、繁殖笼舍和繁殖鸟的状况等方面均存在差异。在繁殖地点方面, 本实验在野生朱鹮的分布区进行, 具有优越的繁殖环境。但是, 应该注意到, 本实验所有亲鸟均是在当年 2 月为了预防禽流感而从洋县朱鹮救护饲养中心紧急转移到 43 km (为直线距离, 实际运输距离约 70 km) 以外的秦岭南麓进行隔离饲养的。众所周知, 2 月已进入朱鹮的繁殖期^[6], 这个时候较大范围地更换亲鸟的繁殖地点, 必然影响其求偶、配对、激素分泌等一系列正常的繁殖进程。因此认为这是影响本

次实验繁殖成功率的重要原因。在繁殖笼舍方面, 实验的大部分笼舍紧密相连, 繁殖个体彼此之间可能会造成影响, 而黄治学等的研究, 在笼舍之间设置有植被隔离带^[10], 这种差异也会影响繁殖结果。

黄治学等^[10]认为, 以往没有参加人工繁殖的亲鸟, 其自然繁殖的成功率较高。早期参加人工繁殖的朱鹮, 对以往的繁殖习性、笼舍环境等存在印记 (imprinting)^[13], 这种印记可能对以后的自然繁殖有负面影响。本实验选择了 3 种类型的亲鸟, 即当年刚参加繁殖的亲鸟、以前参加过自然繁殖及参加过人工繁殖的亲鸟, 这样便于进行比较。结果表明, 繁殖鸟以往的繁殖经验 (以前参加自然繁殖和人工繁殖的年数以及以前自然繁殖是否成功) 对繁殖成功率没有明显影响。我们认为, 由于“印记”主要是建立在动物的早期发育过程中的, 而朱鹮繁殖是在成年之后, 因而人工繁殖带给朱鹮的“印记”较小, 不是影响自然繁殖的主要原因。

两次实验的繁殖成功率低于野生朱鹮的繁殖成功率, 表明人工饲养条件下朱鹮的自然繁殖技术尚未完善。

结果表明, 孵化成功率低 (26.2%) 是导致繁殖成功率低的主要原因。在总计 65 枚卵中, 48 枚没有成功孵化。其中未受精卵 9 枚, 亲鸟孵化时踩碎卵 36 枚, 雏鸟出壳时死亡 3 只。可见, 亲鸟孵化时踩碎卵对繁殖成功率的影响最大。以往的研究表明, 笼舍环境、饲养管理等对朱鹮繁殖个体造成的压力是导致碎卵的主要原因^[8-10]。在本实验中, 繁殖前期繁殖地点的转移给亲鸟造成的压力可能是导致高碎卵率的重要原因。

本实验的笼舍是依据山坡地形和林木分布搭建的, 其面积差异较大 ($18 \sim 48.6 \text{m}^2$), 平均面积为 $(29.4 \pm 7.8) \text{m}^2$ 。本研究结果表明, 繁殖笼舍的面积与窝卵数呈明显正相关。可能原因是, 较大的网笼能为朱鹮提供较大的活动空间, 有利于缓解周围环境对繁殖期朱鹮的压力。根据黄治学等的实验, 其平均网笼面积为 $(59.31 \pm 3.7) \text{m}^2$ ($50 \sim 80 \text{m}^2$), 窝卵数与网笼面积呈不

显著的正相关 (Pearson, $r = 0.543$, $P = 0.208$)。为什么 2 次研究的结果不同? 主要是因为 2 次实验中网笼面积差异较大。由此推测, 笼养朱鹮在繁殖时对饲养笼舍的要求有一个“阈值”。当网笼面积低于这个“阈值”时, 会明显影响窝卵数, 随着笼舍面积的减小, 窝卵数也相应减少。但当笼舍面积高于这个“阈值”时, 窝卵数与网笼面积的相关性则不明显。根据以往的经验, 朱鹮的饲养笼舍面积一般为 $30 \sim 40 \text{ m}^2$, 既能保证朱鹮有一定的活动空间, 又利于饲养管理^[6,9]。这个面积是否最佳, 以及“阈值”的大小, 都需要进一步研究。

环境因子可能通过应激反应使动物的内分泌水平发生变化, 从而影响动物的行为和繁殖成功率^[9]。在饲养朱鹮的自然繁殖过程中, 参考野生朱鹮的繁殖生境是很重要的。野生朱鹮一般在松树或栎树的侧枝上营巢。王中裕等^[14]的研究结果表明, 朱鹮选择高大、径粗、冠层厚的巢树营巢, 这样可以降低繁殖期高温多雨带来的不良影响, 同时有利于巢的隐蔽。实验结果表明, 巢距遮荫树的距离对出壳数和出飞数有显著影响, 但巢上盖度对朱鹮的营巢成功率没有显著影响。因此, 靠近遮荫树放置巢筐, 除了能在恶劣天气时为朱鹮幼鸟提供一定的保护外, 还可以为自然繁殖的成鸟增加安全感。

巢筐及巢材对朱鹮的自然繁殖有重要影响。根据翟天庆等^[15]对 10 个野生朱鹮巢的测量结果表明, 外径平均为 $78.24 \text{ cm} \times 69.76 \text{ cm}$, 内径为 $46.31 \text{ cm} \times 41.13 \text{ cm}$, 巢深 7.31 cm 。本次实验使用的巢筐较小而深(上口直径约 35 cm , 高约 15 cm), 对朱鹮的卧巢和孵卵可能有不良影响。野生朱鹮的巢结构松散, 透气性能很好。本实验使用的巢筐编织得过于细密, 透气、透湿性能较差。朱鹮繁殖结束后, 发现很多巢筐底部的巢材已经腐烂发霉。这是由于雨水不能及时渗出巢筐所致。野生朱鹮都是从地面选择已经干枯、脱落的枝叶和草根作为巢材, 而本实验中, 人为添加的巢材有一部分是半干枯的树枝。这些枝条的湿气对朱鹮的卧巢可能有

不良影响。在繁殖后朱鹮的巢筐中发现了一些石块, 显然是亲鸟叼进去的, 这是否与巢筐过深以及巢材腐烂潮湿有关, 还有待研究。综上所述, 可以认为, 今后使用的巢筐应加大变浅, 类似于野生朱鹮巢的盘状, 巢筐应该留有较大缝隙, 以备透气、透湿。也可以不使用巢筐, 在栖杠上用三块木板钉成三角形, 直接在上面搭巢。巢材最好使用完全干枯的枝叶。

致谢 陕西省朱鹮自然保护区刘义、任文明、薛学智和段英协助测量笼舍数据; 中国科学院动物研究所丁长青博士对本文初稿进行了修改, 在此一并感谢!

参 考 文 献

- [1] 郑光美, 王岐山主编. 中国濒危动物红皮书: 鸟类. 北京: 科学出版社, 1998, 32 ~ 33.
- [2] BirdLife International. Threatened birds of Asia: the BirdLife International Red Data Book. Cambridge, UK: BirdLife International, 2001, 315 ~ 329.
- [3] 丁长青, 李峰. 朱鹮的保护与研究. 动物学杂志, 2005, 40 (6): 54 ~ 62.
- [4] 史东仇, 于晓平, 范传道等. 朱鹮衰亡过程之叙述. 西北大学学报(自然科学版), 1991, 21: 25 ~ 30.
- [5] 刘荫增. 朱鹮在秦岭的重新发现(陕西省). 动物学报, 1981, 27(3): 273.
- [6] 史东仇, 曹永汉主编. 中国朱鹮. 北京: 中国林业出版社, 2001, 207 ~ 208.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 丁长青主编. 朱鹮研究. 上海: 上海科技教育出版社, 2004, 247 ~ 283.
- [10] 黄治学, 任建设, 潘广林等. 人工饲养条件下朱鹮自然繁殖研究. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2004, 32(2): 91 ~ 94.
- [11] Philip N H, Mark T S, Walter D. K. Nest-site selection in the acorn woodpecker. *The Auk*, 1999, 116(1): 45 ~ 54.
- [12] 三味工作室. SPSS V 10.0 for Windows 使用基础教程. 北京: 北京希望电子出版社, 2001.
- [13] 孙儒泳. 动物生态学原理. 北京: 北京师范大学出版社, 2001, 288 ~ 298.
- [14] 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.
- [15] 翟天庆, 卢西荣, 路宝忠等. 朱鹮繁殖生态的研究. 见: 中国野生动物保护协会, 中国鸟类协会, 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, 104 ~ 111.