

# 不同野化训练条件下朱鹮的行为差异

卢靖<sup>①</sup> 丁长青<sup>①\*</sup> 庆保平<sup>②</sup> 王超<sup>②</sup> 闫鲁<sup>②</sup>

① 北京林业大学生物科学与技术学院 北京 100083;

② 陕西汉中朱鹮国家级自然保护区管理局 陕西 洋县 723300

**摘要:**2010年7月至2011年1月,在陕西省洋县朱鹮生态园和华阳镇朱鹮野化训练基地,采用瞬时扫描取样法和行为取样法,对2处野化训练大网笼中朱鹮(*Nipponia nippon*)( $n_{\text{洋县}} = 30$ 只; $n_{\text{华阳}} = 22$ 只)的行为进行研究,同时调查2处大网笼野化训练条件的不同。结果表明,在觅食行为的时间分配中,秋季洋县群的划动寻觅、探啄、咬甩、洗刷行为极显著地高于华阳群( $P < 0.01$ ),低头寻觅、滤啄行为极显著地低于华阳群( $P < 0.01$ ),掏挖行为在两群间无显著差异( $P > 0.05$ ),华阳群缺少撕扯行为;冬季2群朱鹮觅食行为型差异性与秋季基本类似,但洋县群的掏挖行为显著高于华阳群( $P < 0.05$ ),华阳群缺少划动寻觅、撕扯和咬甩行为。在华阳大网笼,训练朱鹮的惊飞持续时间为( $96.5 \pm 84.9$ )s,显著长于洋县朱鹮( $40.6 \pm 51.3$ )s,且降落地点的选择不同。2010年7月至12月中旬,华阳群部分个体表现出地面夜宿的异常行为。分析认为,造成觅食行为差异的主要原因是2个网笼所提供饲料的形状以及觅食地条件不同,惊飞时间和降落地点的差异与网笼内隐蔽区域的大小有关,而异常的地面夜宿行为与华阳网笼开始训练时栖位不足有关。

**关键词:**朱鹮;野化训练;觅食行为;夜宿行为;惊飞行为;行为差异

**中图分类号:**Q958 **文献标识码:**A **文章编号:**0250-3263(2011)06-11-08

## The Behavioral Difference of Crested Ibis in Different Acclimation Training Conditions

LU Jing<sup>①</sup> DING Chang-Qing<sup>①\*</sup> QING Bao-Ping<sup>②</sup> WANG Chao<sup>②</sup> YAN Lu<sup>②</sup>

① College of Biological Sciences and Biotechnology, Beijing Forestry University, Beijing 100083;

② Hanzhong Crested Ibis National Nature Reserve, Shaanxi Yangxian 723300, China

**Abstract:** From July 2010 to January 2011, scan sampling and behavioral sampling methods were used to study the behavior of Crested Ibis (*Nipponia nippon*) in Yangxian Crested Ibis Acclimation Park ( $n_{\text{YX}} = 30$ ) and Huayang Crested Ibis Acclimation Base ( $n_{\text{HY}} = 22$ ). The acclimation conditions of the two training cages were also compared. The results indicated that the time budget of foraging behavior were significantly different in the two training populations. In autumn, the Yangxian birds showed more paddling, explore pecked, biting throw and washing food behaviors ( $P < 0.01$ ), while the searching and filter pecked behaviors were significantly less than what of the Huayang birds ( $P < 0.01$ ). There was no tearing food behavior in Huayang. In winter, the foraging behavior differences were similar to what in autumn, however, there was more hollow-out behavior in Yangxian birds ( $P < 0.05$ ) and there was no paddling, tearing and biting-throw food behavior in Huayang birds. In

**基金项目** 国家十一五科技支撑计划项目(No. 2008BAC39B05)和国家自然科学基金项目(No. 30870314)资助;

\* 通讯作者, E-mail: cqding@bjfu.edu.cn;

**第一作者介绍** 卢靖,女,硕士研究生;研究方向:鸟类学和保护生物学;E-mail: fffbt@yahoo.cn.

**收稿日期:**2011-04-14, **修回日期:**2011-07-12

Huayang training cage, the Crested Ibis frighten-flying time ( $96.5 \pm 84.9$  s) was significantly longer than what of the birds in Yangxian cage ( $40.6 \pm 51.3$  s), and the landing site tendency was also different. From July to mid December 2010, some of the birds in Huayang showed abnormal behavior of roosting on the ground at night. The shape of the food and the foraging site quality in the training cage were main factors caused the foraging behavior difference. The frighten-flying time and landing site tendency of the ibis maybe related to the shelter abundance and openness of the training cage. The shortage of perch in Huayang cage caused some birds' abnormal behavior of roosting on the ground.

**Key words:** Crested Ibis, *Nipponia nippon*; Acclimation training; Foraging behavior; Roosting behavior; Frighten-fly behavior; Behavior differences

动物的行为是其对生理变化和环境变化做出的整体性反应<sup>[1]</sup>。环境是动物行为的组成要素之一,包括空间、时间以及动物所处的生物环境与非生物环境<sup>[2]</sup>。适宜的环境是诱发、释放和维持动物行为的基本条件。由于饲养环境中缺乏与野生环境相应的特殊“生物元素”,常常导致圈养野生动物的生存和繁殖行为出现异常。在饲养环境中适当添加该物种的野生环境因素,能够促进其行为的正常表达发育,进而有利于其成功繁殖<sup>[3]</sup>。同样,在野生动物再引入和种群复壮过程中,释放个体(种群)是否能够在野外存活并成功繁殖,往往取决于饲养过程中动物自然行为的维持状况,以及释放前是否进行过有效的野化训练<sup>[4]</sup>。

恢复野生动物在自然环境中的生存行为是一项长期且复杂的工作<sup>[2]</sup>,目前国际上通常采用环境丰容(environmental enrichment)和行为训练(behavior training)相结合的方法,通过提供动物学习捕食、逃避天敌等重要技能的条件来改善圈养动物的生存状态和行为模式,已经帮助黑足鼬(*Mustela nigripes*)、金狮狒(*Leontopithecus rosalia*)、美洲鹤(*Grus americana*)等多种动物重获野外生存能力并成功放归自然<sup>[5-7]</sup>。我国对麋鹿(*Elaphurus davidianus*)、大熊猫(*Ailuropodidae melanoleuca*)等已具备稳定人工种群的濒危物种,开展了以再引入为目的的野化训练,并取得一定成绩<sup>[8-9]</sup>。朱鹮(*Nipponia nippon*)是世界上最濒危的鸟类之一,其人工种群的饲养繁殖和管理技术已经成熟,至2010年朱鹮人工种群数量已超过700只,亟待开展再引入工作以增加其野生种群<sup>[10]</sup>。为此,陕西汉中朱鹮国家级自然保

护区先后在不同地点建立了2处野化训练大网笼,以供人工饲养朱鹮适应野生环境并学习、恢复重要的生存行为。在实地考察中,我们发现2处网笼的内部环境和饲养管理方式有所不同,可能会对朱鹮行为造成一定影响。我们对2处大网笼的训练条件进行调查,并对其中野化训练的朱鹮进行同步的行为观察,旨在详细了解野化训练条件对朱鹮行为的影响,为朱鹮饲养种群的野化训练和再引入技术标准的制定提供参考依据。

## 1 研究地点和方法

**1.1 研究地点** 研究地点为陕西省洋县朱鹮生态园的野化训练大网笼( $107^{\circ}33'E, 33^{\circ}15'N$ )和洋县华阳镇朱鹮野化训练基地大网笼( $107^{\circ}53'E, 33^{\circ}59'N$ ),2处网笼相距52 km,气候和生态条件均适宜朱鹮栖息且在当地均有野生朱鹮分布。洋县大网笼于2002年建成并投入使用,2009~2010年陆续投放训练个体共30只;华阳大网笼于2010年6月建成并投入使用,6月底放入训练个体22只。训练朱鹮为2004~2007年间人工繁殖的个体,幼年生活经历一致,健康状况良好并达到繁殖年龄。2个人工种群性比都为1:1,年龄结构以3~5岁青壮年朱鹮为主。

洋县生态园和华阳野化训练基地的大网笼顶部均覆盖绿色尼龙软网,四周有4 m高铁丝网,网笼中间高度均为35 m,四周高度20 m,内部模仿野生朱鹮的栖息地设有人工湿地、草地和天然栖树或人工栖杠等野化训练条件。在日常管理中,除每日2次投喂饲料(食盆置于旱地活动场中),无其他人为干涉。2处大网笼野化训练条件见表1。

表 1 野化训练大网笼饲养条件对比

Table 1 Training conditions of Yangxian and Huayang training cages

条件因子 Environment condition	洋县训练网笼 Yangxian training cage	华阳训练网笼 Huayang training cage
网笼面积 Cage size (m <sup>2</sup> )	8 676	3 180
湿地面积 Wetland size (m <sup>2</sup> )	4 300	1 050
乔木郁闭度 Canopy cover (%)	夏、秋 >70/ 冬 >20	夏、秋、冬均 <10
地面植被覆盖率 Ground cover (%)	70 ~ 80	10 ~ 20
主要栖木类型 Main perch	天然乔木	人工栖杠
乔木胸径 Tree diameter (cm)	20 ~ 35	5 ~ 10
饲料类型 Feed type	条状牛肉	颗粒状牛肉
湿地类型 Wetland type	荷塘、人工浅泥塘	人工浅泥塘
天然食物种类 Natural food	泥鳅 ( <i>Misgurnus anguillicadatus</i> ) (夏)/无(秋冬)	无

**1.2 研究方法** 2010 年 7 月至 2011 年 1 月, 在 2 处网笼同步进行行为观察。行为观察采用每 10 min 一次的瞬时扫描取样(scan sampling)记录训练个体的全部行为,再结合行为取样(behavior sampling)的方法对与朱鹮野外生存能力有关的行为进行针对性观察<sup>[11]</sup>。除行为型和天气、温度、湿度等基本情况外,同时记录重点行为的持续时间、相关环境因子以及人员靠近、车辆往来噪音等干扰。

朱鹮的野外生存能力主要包括觅食和逃避敌害的能力。将人工饲养朱鹮与搜寻、获取以

及处理食物有关的所有行为型进行总结,按其功能进行分类定义,作为觅食行为研究标准(表 2)。在逃避行为方面,主要研究朱鹮察觉危险后表现的惊飞行为持续时间(s)和降落位置。其中,人员在大网笼内停留、噪音持续 10 s 以上等干扰源持续存在的情况不列入统计数据。此外,由于野生朱鹮在树上集群夜宿<sup>[12]</sup>,朱鹮非繁殖期集群夜宿行为的表达对其夜间安全和社群交流有重要影响<sup>[13]</sup>,本研究中对野化训练朱鹮个体的夜宿行为和夜宿位置选择进行重点观察。

表 2 人工饲养朱鹮觅食行为型定义

Table 2 Foraging behavior definition of captive Crested Ibis

功能 Function	行为 Behavior	描述 Definition
搜寻-获取 Searching-capturing	低头寻觅 Search	低头通过视觉寻找食物,偶尔用喙探入水中或泥中
	划动寻觅 Paddling	喙探入水中,张开并大幅度左右摆动以发现泥鳅等体积较大的食物
	探啄 Explore	垂低头部并不断上下点动,喙部插入水下或泥土中觅食
	滤啄 Filter	头部平移,喙的端部维持接触地面或插入水面,小幅度连续张合觅食
处理食物 Food handling	掏挖 Hollow out	将喙探入缝隙和石头底部掏挖寻找食物
	咬甩 Throw	衔住食物猛甩,或用力甩向地面摔击食物
	洗涮 Wash	将食物浸入水中晃动以洗去表面脏物,并使食物润滑
	撕扯 Tearing	脚爪按住大块食物,喙咬住后拽扯以撕开食物

2 处网笼内进行野化训练的朱鹮种群分别简称为洋县群(Yangxian, YX)和华阳群(Huayang, HY),按其行为数据观察记录的时期(月份)进行分组。由于华阳群朱鹮在 6 月底开始野化训练,整个夏季处于逐步利用人工湿地、草地等觅食地,觅食行为型逐渐释放的不稳定时期,故觅食行为选择 2010 年 9 月后 2 处

野化训练朱鹮行为均稳定后的数据进行分析,分为秋季(9 ~ 11 月)和冬季(12 月 ~ 翌年 1 月)2 个时期。由于 7 ~ 8 月华阳野化训练基地附近施工噪音持续干扰,另外考虑飞行行为的释放也需有一定时间,对惊飞行为的研究也选用 9 月后的数据进行统计。本文中数据用算术平均值 ± 标准差表示,用 SPSS 17.0 对 2 个训

训练朱鹮各觅食行为型的时间分配数据进行 One-way ANOVA 检验,并绘制惊飞持续时间的箱形图(Boxplot)进行分析。

## 2 结果

**2.1 觅食行为差异** 2010 年 9 月至 2011 年 1 月,对 2 个朱鹮训练群的有效观察时间累计 239 h(洋县 127 h,华阳 112 h),共获得觅食行为记录 10 008 只次。其中,秋季洋县群日间行为时间分配中搜寻食物行为占  $28.21\% \pm 1.67\%$ ,处理食物行为占  $1.56\% \pm 0.32\%$ ,华阳群则分别为  $33.18\% \pm 1.42\%$  和  $0.42\% \pm 0.13\%$ ;冬季洋县群朱鹮搜寻及处理食物行为分别占全部行为时间分配的  $24.40\% \pm 1.16\%$  和  $0.87\% \pm 0.12\%$ ,华阳群为  $31.79\% \pm 1.04\%$  和  $0.15\% \pm 0.07\%$ 。具体行为型的时间分配比例见表 3。

分析同一时期 2 个训练群觅食行为型时间分配比例发现,在秋季,除掏挖行为在两群间无显著差异外( $df = 11, F_{\text{掏挖}} = 3.21, P > 0.05$ ),其余 4 种搜寻-获取行为中,划动寻觅和探啄行为洋县群的表现频次极显著高于华阳群( $df = 11, F_{\text{划动寻觅}} = 544.25, F_{\text{探啄}} = 125.45, P < 0.01$ ),而低头寻觅和滤啄行为洋县群的表现频次极显著低于华阳群( $df = 11, F_{\text{低头寻觅}} = 64.42, F_{\text{滤啄}} = 1081.92, P < 0.01$ );秋季朱鹮的 3 种处理食物行为中,撕扯行为仅洋县群表现,咬甩和洗涮食物的行为在洋县群的表现频次极显著高于华阳群( $df = 11, F_{\text{咬甩}} = 44.82, F_{\text{洗涮}} = 67.96, P < 0.01$ )。冬季,划动寻觅、洗涮和撕扯 3 种行为型在华阳群中均不表现;洋县群的掏挖行为表

现频次显著高于华阳群( $df = 9, F_{\text{掏挖}} = 10.5, P < 0.05$ ),探啄和咬甩行为极显著高于华阳群( $df = 9, F_{\text{探啄}} = 171.59, F_{\text{咬甩}} = 36.73, P < 0.01$ ),而华阳群的低头寻觅和滤啄行为表现频次极显著高于洋县群( $df = 9, F_{\text{低头寻觅}} = 128.90, F_{\text{滤啄}} = 2004.93, P < 0.01$ )。

**2.2 惊飞行为差异** 观察发现,训练朱鹮对周围物体形状、位置的突然变化以及声音比较敏感。造成洋县群和华阳群朱鹮惊飞的原因基本一致,均为人员干扰(包括游人走动、靠近以及工作人员活动)和噪音干扰(主要为车辆鸣笛和货车发动机噪音),偶有少量由于个体间冲突、撞笼等事件引起的惊飞。在 2 处大网笼附近少有猛禽等朱鹮天敌活动,仅 2009 年 12 月在洋县大网笼记录到 1 次因为苍鹰(*Accipiter gentilis*)飞过引起的惊群。

**2.2.1 持续时间** 在 2010 年 9 月~2011 年 1 月间,记录洋县群朱鹮惊飞行为 112 只次,平均持续飞行时间为( $40.6 \pm 51.3$ )s,记录华阳群朱鹮惊飞行为 143 只次,平均持续飞行时间为( $96.5 \pm 84.9$ )s,明显高于洋县群朱鹮平均持续惊飞时间( $F = 37.73, P < 0.05$ )。

如图 1 所示,洋县群朱鹮有 50% 的惊飞记录持续时间只有 10 s,且持续时间低于其惊飞持续时间平均值(40.6 s)的惊飞记录占 75% 以上,说明洋县群朱鹮的惊飞行为一般持续时间较短。华阳群朱鹮惊飞持续时间最短也是 10 s,最长持续时间 330 s,持续时间在 30 s 以上的惊飞记录占 75%,整体高于洋县群朱鹮的惊飞持续时间。

表 3 野化训练朱鹮不同时期觅食行为型时间分配比例

Table 3 Time budget of the foraging behaviors in different seasons (%)

季节 Season	组别 Group	行为 Behavior							
		搜寻-获取 Searching-capturing					处理 Handling		
		低头寻觅 Search	划动寻觅 Paddling	探啄 Explore	滤啄 Filter	掏挖 Hollow out	咬甩 Throw	洗涮 Wash	撕扯 Tearing
秋 Autumn	洋县 Yangxian	6.28 ± 0.88	2.53 ± 0.24	15.20 ± 2.35	2.53 ± 0.54	1.66 ± 0.18	3.07 ± 2.09	1.94 ± 0.55	0.09 ± 0.04
	华阳 Huayang	8.76 ± 1.64	0.08 ± 0.10	7.90 ± 0.81	14.51 ± 2.71	1.97 ± 0.38	0.89 ± 0.35	0.37 ± 0.10	-
冬 Winter	洋县 Yangxian	4.81 ± 0.42	1.49 ± 0.64	14.60 ± 2.69	1.69 ± 0.25	1.81 ± 0.24	0.44 ± 0.12	0.38 ± 0.09	0.05 ± 0.03
	华阳 Huayang	8.41 ± 1.59	-	9.48 ± 1.53	11.95 ± 0.52	0.96 ± 0.53	0.15 ± 0.09	-	-

“-”代表该组数据中无此行为型记录。“-” no behavior recorded.

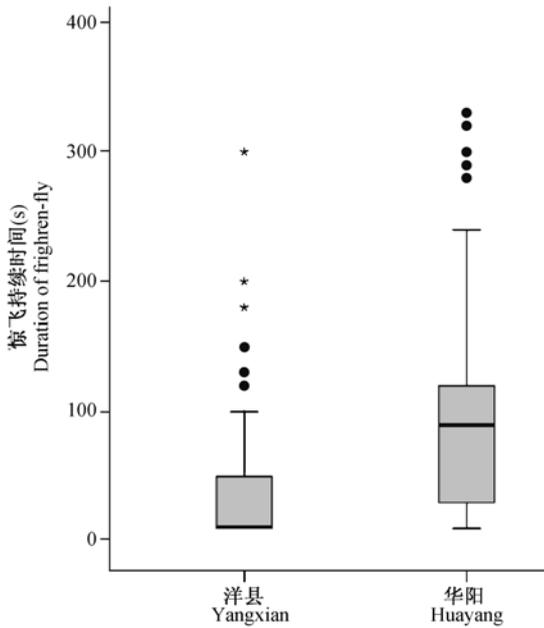


图 1 洋县群和华阳群朱鹮惊飞持续时间

Fig.1 The duration of Frighten-fly of Yangxian and Huayang training birds

箱形图 (boxplot) 表示洋县群和华阳群朱鹮惊飞行为持续时长, 其中箱框中黑线表示中位数, 箱框表现四分位间距, 上下横杠表示最高和最低 10%, “●”表示温和的异常值, “★”表示极端的异常值。

Boxplot shows median (line in box), interquartile range (box), 10th and 90th percentile (bars) and outliers (dots); data points outside the 10th and 90th percentiles.

2.2.2 降落地点选择 观察中发现,朱鹮主要在旱地或湿地等开阔区域活动时发生惊飞行为。在维持一段时间的飞行后,朱鹮的降落地点包括 4 种类型:①原活动区域 (same place); ②环境条件相似的另一区域 (similar place), 如从旱地惊飞降落到另一块旱地觅食;③环境条件完全不同的开阔区域 (different place), 如从湿地惊飞降落到旱地觅食;④具有一定隐蔽性或安全性的隐蔽所 (shelter), 如茂密的树冠、位置较高的栖枝等位置, 进行警戒观望或休息、整理。

洋县群惊飞后降落地点有效记录 109 只次,华阳群 142 只次,对比发现两训练群对降落地点的选择有所不同(图 2)。洋县群训练个体选择降落到隐蔽所的次数最多,占 70.5%,而

华阳个体恰好相反,选择隐蔽所的次数最少,仅占 4.9%。

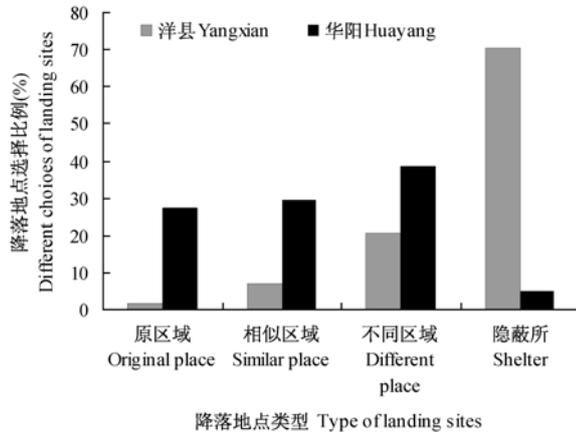


图 2 洋县群和华阳群朱鹮惊飞后降落地点选择比较

Fig.2 Different choices of landing sites of Yangxian and Huayang training birds

2.3 夜宿行为差异 洋县群朱鹮全部选择杨树等高大乔木或笼内小网笼屋顶夜宿,个体间距离一般维持在 0.5 ~ 2.0 m,个别配对朱鹮并肩停栖。在华阳大网笼中,训练朱鹮自 2010 年 6 月底放入后对夜宿位置的选择有所不同(表 4)。

### 3 讨论

大量丰容试验已经证明,添加适宜的环境因子和食物类型有利于动物行为多样性的正常表达<sup>[14]</sup>。因此在人工种群的再引入工作中,通过行为研究掌握动物表达和学习觅食、警戒、逃避及其他生存行为所需要的条件是非常必要的<sup>[15-16]</sup>。在洋县和华阳镇建立的 2 处朱鹮野化训练大网笼,其设计原则都是尽可能为朱鹮提供充足的活动空间,以及与野外相似的觅食、隐蔽等条件,在管理中都尽量减少人为因素的干扰。这种建立大网笼进行野化训练的可行性已经在以往的朱鹮人工种群释放工作中得到证明<sup>[17]</sup>。但是人工种群的野化是一个长期过程,环境条件和饲养管理细节的差异都可能造成个体行为的改变。本文通过对比 2 个朱鹮野化训练群在觅食行为、惊飞行为以及夜宿行为方面

表 4 华阳群朱鹮夜宿位置的变化

Table 4 Changing of the roosting sites in Huayang training cage

时间 Time	夜宿位置 Roosting site		
	人工栖杠(只) Artificial perch	移栽松树(只) Planted pine tree	地面(只) Ground
1 周后(7月初)One week later (early July)	7 ~ 11	0	11 ~ 15
1 月后(8月初)One month later (early August)	10 ~ 12	2	7 ~ 9
增加栖杠后(9月下旬)Added perch (late September)	13 ~ 15	1 ~ 3	4
降雪后(12月底)After snow (end of December)	14	5	0

的差异,结合 2 处训练网笼的条件区别和训练过程中发生的事件进行分析,对训练个体行为差异的成因做出推测。

**3.1 影响朱鹮觅食行为的因素** 2 个训练群朱鹮的觅食行为时间分配存在差异,由于人工饲养条件下饲料充足,这种差异可能与 2 个训练网笼提供的人工饲料形状(条状和颗粒状牛肉)以及觅食地条件的差别有关。

对北美乌鸦(*Corvus caurinus*)、蛎鹬(*Haematopus ostralegus*)等物种的研究证明,鸟类会选择利用大小及摄取难易程度适宜的食物<sup>[18]</sup>,而过于细碎的饲料利用效率低,会增加禽类采食过程中的时间投入和能量消耗<sup>[19]</sup>。观察发现,朱鹮取食颗粒状饲料主要采取滤啄行为,觅食时间远长于取食条状牛肉,造成 2 个训练群在搜寻-获取行为的时间分配上存在差异。秋、冬季洋县群朱鹮用于处理食物行为的时间分配分别是华阳群的 3.7 和 5.8 倍,这可能是由于牛肉条与野生朱鹮的主要食物(泥鳅等)形状相似,可促使训练个体表现出更多的处理食物行为,而牛肉颗粒可以不经处理直接啄食,抑制华阳群朱鹮处理食物行为的表达。

洋县大网笼地面植被覆盖率高,朱鹮更多采用探啄的方式觅食,而华阳大网笼裸露地面较多,朱鹮更多采用低头寻觅的方式觅食。此外,2 个大网笼内人工湿地质量也有所不同,洋县大网笼湿地内种有水生植物且每年夏季投入活泥鳅,与野生朱鹮觅食地环境相似,即使在秋冬季不投放活饵时其内部食物资源也比华阳网笼湿地丰富。洋县群朱鹮更多利用湿地觅食(探啄行为频次明显高),而且活泥鳅等天然食

物的存在也刺激其划动寻觅行为的更多表达;在华阳,划动寻觅行为极少甚至不出现。另外,2 个训练群个体的掏挖行为在冬季出现差异,主要是因为冬季华阳大雪后,朱鹮经常采用掏挖行为寻找食物的石缝被雪覆盖或冻住,造成了华阳朱鹮掏挖行为的减少。

**3.2 影响朱鹮惊飞行为的因素** 对多种鸟类在人为干扰条件下警戒行为的研究证明,鸟类受人类活动影响程度和应对策略与其所处环境有很大关系<sup>[20-21]</sup>,如当个体与干扰人员间有茂密植被存在时,家麻雀(*Passer domesticus*)的惊飞距离缩小<sup>[22]</sup>。在本研究中,2 处大网笼的高度一致,提供给训练个体的飞行空间条件基本相同(表 1),导致朱鹮惊飞的主要刺激来自人员活动和噪音干扰,与野生朱鹮惊飞的刺激因子较为一致<sup>[13]</sup>。两群朱鹮均已具有维持较长时间惊飞行为的飞行能力(图 1),其在惊飞持续时间以及降落地点上的差异,可能与大网笼内的环境开阔度(或植被遮蔽程度)有关。

洋县网笼植被类型丰富,栖树树冠茂密,为训练朱鹮提供了更多的隐蔽所。洋县群朱鹮惊飞后大多选择直接停落在树冠或其他隐蔽处回避危险,飞行时间短,很少出现惊飞后回落到原地活动的情况。而华阳网笼植被相对较少、视野开阔,隐蔽场所略显不足,朱鹮采取延长飞行时间以高速运动的策略回避危险,确认威胁过去后再降落到开阔区域继续活动。另外,2 个训练群朱鹮在惊飞后都更多地选择环境条件不同的地点降落,回到原地的最少(图 2),说明两训练群朱鹮受惊吓后都有离开危险环境的倾向,而洋县群朱鹮的选择倾向性更加明显,可能

与洋县大网笼中植被丰富,景观异质性高有关。

**3.3 影响朱鹮夜宿行为的因素** 野生朱鹮在树上夜栖,人工饲养的朱鹮在栖杠(距地面 3 ~ 4 m)或人工移植的树木上夜宿<sup>[13]</sup>。2004 年野化训练朱鹮在进入训练网笼后 2 ~ 3 d 内全部在栖杠或树上夜宿<sup>[17]</sup>。本研究中观察到的华阳群部分朱鹮几个月中持续选择在地面夜宿(表 4)属于异常行为,而地面夜宿在野外非常危险,容易导致朱鹮被天敌捕食。

华阳朱鹮群在 2010 年 6 月底放入训练,1 周后有超过半数(13 ~ 15 只)个体在地面夜宿,此后选择在栖杠和树木上夜宿的个体有所增加,但至 2010 年 8 月仍有 7 ~ 9 只朱鹮在地面夜宿。观察发现,当时网笼内 2 个栖杠都被完全利用(夜宿时朱鹮个体间距小于 0.5 m),新移栽的树木枝干较细不便朱鹮停栖,因此推测网笼内栖位不足导致在有利栖位的竞争中处于劣势的个体不得不选择在地面过夜。2010 年 8 月中旬补充栖杠后,到 12 月中旬仍有 4 只朱鹮在地面夜宿(此时笼内已有充足空置栖杠),表明野化训练条件不足可导致朱鹮产生异常行为。小鼠(*Mus spp.*)的迷宫实验证明,动物能够记忆并趋向于选择有过安全经验的区域或路线活动<sup>[23-24]</sup>,而对普通绒毛猴(*Lagothrix lagotricha*)的睡眠习性研究也证明,动物会权衡被捕食风险以选择休憩位置<sup>[25]</sup>。训练网笼内缺乏天敌等威胁,可能使长期在地上夜宿的个体产生了“安全感”,从而使被迫的选择变成了异常行为习惯。

2010 年 12 月下旬降雪后,华阳朱鹮群全部选择在栖杠或树木上夜宿。当时气温极低(夜间地面平均温度 -8℃),地面有较厚积雪且夜间经常持续降雪,这些天气因素迫使在地面夜宿的朱鹮飞上栖杠夜宿并恢复其正常行为。这说明在异常行为形成后的一段时间内,通过新的条件刺激可以重新训练使其行为恢复正常。

**3.4 朱鹮野化训练工作建议** 对于野化训练的朱鹮个体,觅食能力、发现并逃避威胁的能力、持续飞行能力以及选择安全夜宿地点的能

力都是其在野外生存所必须具备的。关于如何训练人工饲养动物以恢复其在野外生存繁衍的能力目前尚无定论<sup>[2]</sup>。现有 2 处朱鹮野化训练大网笼的环境条件和饲养管理方法均有不足,尚未达到生存适应行为训练恢复的理想水平。基于此,作者对今后的朱鹮野化训练工作提出以下建议。

为朱鹮提供类型多样的觅食条件,是诱发其自然觅食行为恢复的有效训练手段。应建设模拟天然栖息地的人工湿地,引入水生动植物以更接近野生环境;及时维护湿地并确保训练条件的可利用性,比如在冬季对封冻的水面进行人工破冰;向野化训练网笼的湿地内投放活泥鳅,有利于训练朱鹮觅食能力并刺激其不同觅食行为的充分表达;牛肉条等与天然食物质地和形态相似的食物可以作为活泥鳅供应困难时的替代品;为保证朱鹮天然食物的全年充足供应,建议在野化训练网笼中(或附近)开展泥鳅的人工养殖。

为使朱鹮维持安全性高的正常停栖行为,野化训练网笼需提供高大树木或架设足够的栖杠以便朱鹮夜宿。华阳群部分个体形成在地面夜宿错误行为的教训也提醒有关工作者,在野化训练过程中细节不容忽视,在训练开始前需要谨慎设计训练条件,保证提供给朱鹮足够的必要栖息条件,还应在训练开始后实时监测野化训练进程,以对异常行为或反常现象及时采取措施。

**封面照片** 赵纳勋 2011 年 5 月 11 日摄于陕西洋县。

## 参 考 文 献

- [1] 全国科学技术名词审定委员会. 生态学名词. 北京: 科学出版社, 2007.
- [2] 蒋志刚. 动物行为原理与物种保护方法. 北京: 科学出版社, 2004: 1 - 19, 39 - 42, 123 - 124, 280 - 293.
- [3] Shepherdson D J. The role of environmental enrichment in the captive breeding and reintroduction of endangered species // Olney P J S, Mace G M, Feistner A T C. Creative Conservation: Interactive Management of Wild and Captive Animal. London: Chapman & Hall, 1994: 27 - 33.

- [ 4 ] Buchholz R. Behavioural biology: an effective and relevant conservation tool. *Trends in Ecology and Evolution*, 2007, 22(8): 401 - 407.
- [ 5 ] Biggins D E, Vargas A, Godbey J L, et al. Influence of prerelease experience on reintroduced black-footed ferrets (*Mustela nigripes*). *Biological Conservation*, 1999, 89(2): 121 - 129.
- [ 6 ] Ruiz-Miranda C R, Afonso A G, De Morais M M, et al. Behavioral and ecological interactions between reintroduced golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia* Linnaeus, 1766) and introduced marmosets (*Callithrix* spp, Linnaeus, 1758) in Brazil's Atlantic Coast forest fragments. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 2006, 49(1): 99 - 109.
- [ 7 ] Duff J, Migration O, Sprague D. Reintroduction of whooping cranes: the ultra (light) in animal training experience. *American Association of Zoos and Aquariums Communiqué*, 2001, 12: 14 - 19.
- [ 8 ] 杨戎生, 张林源, 唐保田, 等. 中国麋鹿种群现状调查. *动物学杂志*, 2003, 38(2): 76 - 81.
- [ 9 ] 田红, 魏荣平, 张贵权, 等. 传统圈养和半自然散放环境亚成年大熊猫的行为差异. *动物学研究*, 2004, 25(2): 137 - 140.
- [ 10 ] 丁长青, 李峰. 朱鹮的保护与研究. *动物学杂志*, 2005, 40(6): 54 - 62.
- [ 11 ] 蒋志刚. 自然保护野外研究技术. 北京: 中国林业出版社, 2002: 154 - 156.
- [ 12 ] 王开锋, 史东仇. 朱鹮的年周、日周活动观察//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. 稀世珍禽——朱鹮: 99 国际朱鹮保护研讨会文集. 北京: 中国林业出版社, 2000: 123 - 131.
- [ 13 ] 丁长青. 朱鹮研究. 上海: 上海科技教育出版社, 2004: 1 - 312.
- [ 14 ] Stewart K L, Bayne K. Environmental enrichment for laboratory animals// Reuter J D, Suckow M A. *Laboratory Animal Medicine and Management* [G/OL]. Ithaca, New York, USA: International Veterinary Information Service, 2004. [2004-04-02]. www. ivis. org.
- [ 15 ] Gonyou H W. Why the study of animal behavior is associated with the animal welfare issue. *Journal of Animal Science*, 1994, 72: 2171 - 2177.
- [ 16 ] Caro T. Behavior and conservation: a bridge too far? *Trends in Ecology and Evolution*, 2007, 22(8): 394 - 400.
- [ 17 ] 刘冬平, 丁海华, 张国钢, 等. 人工饲养朱鹮放飞前的野化训练. *林业科学*, 2008, 44(12): 88 - 93.
- [ 18 ] 尚玉昌. 动物行为学. 北京: 北京大学出版社, 2005: 154 - 156.
- [ 19 ] 顾敏清. 饲料形状对商品代肉鸡生产性能的影响. *家禽科学*, 2005, (5): 23 - 24.
- [ 20 ] Erwin R M. Responses to human intruders by birds nesting in colonies: experimental results and management guidelines. *Colonial Waterbirds*, 1989, 12(1): 104 - 108.
- [ 21 ] 王彦平, 陈水华, 丁平. 惊飞距离——杭州常见鸟类对人为侵扰的适应性. *动物学研究*, 2004, 25(3): 214 - 220.
- [ 22 ] Knight R L, Cole D N. Factors that influence wildlife responses to recreationists// Knight R L, Gutzwiller K J. *Wildlife and Recreationists: Coexistence through Management and Research*. Washington, DC, USA: Island Press, 1995: 71 - 79.
- [ 23 ] Mehta M R, Barnes C A, McNaughton B L. Experience-dependent, asymmetric expansion of hippocampal place fields. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1997, 94(16): 8918 - 8921.
- [ 24 ] Korzan W J, Summers C H. Behavioral diversity and neurochemical plasticity: selection of stress coping strategies that define social status. *Brain, Behavior and Evolution*, 2007, 70(4): 257 - 266.
- [ 25 ] Heymann E W. Sleeping habits of tamarins, *Saguinus mystax* and *Saguinus fuscicollis* (Mammalia; Primates; Callitrichidae), in north-eastern Peru. *Journal of Zoology*, 1995, 237(2): 211 - 226.