

DOI: 10.5846/stxb201901090081

薛琳, 徐家慧, 李秀明, 武爱明, 钱法文. 救护白鹤与野生白鹤迁徙路线和活动规律差异分析. 生态学报, 2020, 40(7): - .
Xue L, Xu J H, Li X M, Wu A M, Qian F W. The difference of migration routes and movement patterns between the rescued and the wild Siberian Crane. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(7): - .

救护白鹤与野生白鹤迁徙路线和活动规律差异分析

薛琳, 徐家慧, 李秀明, 武爱明, 钱法文

中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 全国鸟类环志中心, 国家林业局森林保护学重点实验室, 北京 100091

摘要: 受伤和体弱白鹤的救护及放归是白鹤保护的重要方式之一。2014—2016 年间, 先后对 8 只救护白鹤和 2 只野生白鹤进行环志并安装卫星跟踪器, 根据所获得的卫星跟踪数据来分析比较救护白鹤与野生白鹤在秋季迁徙路线和在重要中途停歇地的最大日活动距离、活动区分布和面积、生境类型等方面的异同。结果显示, 救护白鹤放归当年与放归次年以及救护白鹤放归当年与野生白鹤的秋季迁徙路线和活动规律之间存在明显差异, 但救护白鹤放归次年与野生白鹤之间差异不明显。(1) 放归当年, 4 只救护白鹤在农田和水塘停歇 1 个月左右, 停歇时长明显高于野生白鹤和放归次年的救护白鹤。(2) 救护白鹤放归当年在跨海方式、登陆地点、停歇地点以及登陆后的迁徙方向上表现出多样性和不确定性, 其中部分个体在迁徙过程中有停顿徘徊、迷失迁徙方向的现象, 且跨越渤海和大别山的距离大于放归次年的救护白鹤和野生白鹤。(3) 救护白鹤放归后 4 天内每日最大活动距离小, 而后高低分化明显, 无明显规律, 而救护白鹤放归次年的每日最大活动距离规律变化与野生白鹤较一致。(4) 与救护白鹤放归次年以及野生白鹤的活动规律相比, 救护白鹤放归当年的栖息地位点变化频繁, 具体表现为生境类型选择的多样化, 且无明显规律, 同时活动区面积较小。探索救护白鹤放归野外后与野生白鹤迁徙路线和活动规律的差异, 对救护白鹤的科学放归具有指导意义。

关键词: 白鹤; 迁徙路线; 最大日活动距离; 活动区; 放归策略

The difference of migration routes and movement patterns between the rescued and the wild Siberian Crane

XUE Lin, XU Jiahui, LI Xiuming, WU Aiming, QIAN Fawen

Key Laboratory of Forest protection of State Forestry Administration, National Bird Banding Center of China, The Research institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

Abstract: The rescue and release of injured and weak Siberian Crane is an important way for the protection of Siberian Crane. From 2014 to 2016, eight rescued Siberian Cranes and two wild Siberian Cranes were installed metal bands, color bands and satellite trackers. The maximum movement distance per day, the home range distribution and area, habitat types at important stopover sites and migration routes of the rescued and the wild Siberian Cranes in autumn were analyzed comparatively using the satellite tracking data. The results showed that the differences in migration routes and movement patterns of the rescued Siberian Cranes between the first and second year of release and the difference between the rescued Siberian Crane in the first year of release and the wild Siberian Crane were significant, but the difference between the rescued Siberian Cranes in the second year of release and the wild Siberian Cranes was not significant. (1) Four rescued Siberian Cranes in the first year of release have been stopped for about one month in cropland and ponds. (2) The cross-sea mode, landing site, stopover site, and migration direction after landing of the rescued Siberian Cranes in the first year of release showed diversity and uncertainty. In the migration, the phenomenon of wandering and wrong migration direction

基金项目: 国家林业与草原局保护司珍稀濒危物种调查监管项目(2130211-15-004)

收稿日期: 2019-01-09; 网络出版日期: 2019-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: cranenw@caf.ac.cn

was found between some rescued Siberian Cranes in the first year of release whose distances across the Bohai Sea and Dabie Mountain were greater than those of the rescued Siberian Cranes in the second year of release and the wild Siberian Cranes. (3) The maximum movement distance per day of the rescued Siberian Cranes was shortest within the first 4 days after release, and then longer or shorter without any regularity. The maximum movement distance per day of the rescued Siberian Cranes in the second year of release was similar to the wild Siberian Cranes. (4) Comparing with the movement patterns of the rescued Siberian Cranes in the second year of release and the wild Siberian Cranes, the habitat of the rescued Siberian Cranes in the first year of release changed frequently and showed diversity of habitat selection and small home range. Exploring the difference of migration routes and movement patterns between the rescued Siberian Cranes and the wild Siberian Cranes has practical significance for the scientific release of the rescued Siberian Cranes.

Key Words: Siberian Crane; migration routes; the maximum movement distance per day; home range; release strategy

白鹤 (*Grus leucogeranus*) 隶属鹤形目鹤科鹤属, 为国家 I 级重点保护野生动物^[1]。世界自然保护联盟红色物种名录将白鹤列为极危物种(注:世界自然保护联盟将白鹤的拉丁名定为 *Leucogeranus leucogeranus*)^[2]。全世界白鹤种群数量约为 3800—4000 只^[3]。

白鹤是迁徙性水鸟, 春秋时集大群迁徙, 在中途停歇地花费大量的时间补充能量^[4], 其能量的补充速度影响着迁徙速度和迁徙方式, 并决定白鹤能否顺利完成整个迁徙过程^[5]。白鹤东部种群从繁殖地到越冬地, 迁徙途中需要在中国松嫩平原西部内蒙古的图牧吉国家级自然保护区、黑龙江的扎龙国家级自然保护区和吉林的莫莫格和向海国家级自然保护区(以下简称图牧吉、莫莫格、扎龙、向海保护区), 以及辽宁的辽河平原和山东的黄河三角洲等一些地区停留 1—2 个月^[6]。图牧吉、莫莫格和向海保护区是白鹤东部种群最重要的迁徙中途停歇地, 每年春、秋季节都有大群白鹤在此停歇近 4 个月的时间^[7]。

白鹤在迁徙过程中有可能触碰高压电线、误食拌农药种子等原因而受伤, 也可能遭遇恶劣气候无法获得足够食物而无法继续迁徙。受伤、体弱的白鹤被救护后通常要经过一段时间的人工圈养, 待其康复后才能放归野外。

目前, 对于白鹤东部种群的研究多集中于迁徙路线^[7]、觅食生境选择^[8-10]、种群动态^[11-12]、人为干扰^[8-12]、停歇期的行为^[13-15]、生境恢复^[16-17]等方面, 而关于救护白鹤与野生白鹤在活动规律、迁徙路线等方面的差异鲜有报道。本研究通过分析它们在迁徙路线和活动规律方面的差异, 以期对救护白鹤放归野外提供科学合理的建议。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于松嫩平原西部(45°45′—46°26′E, 122°27′—123°11′N)(图 1), 其中包括向海、莫莫格和图牧吉保护区。研究区地势平坦, 河流、湖泊和沼泽湿地分布广泛, 呈散布状态, 属中温带大陆性半湿润、半干旱季风气候, 春季干旱少雨, 蒸发强烈, 夏季降水集中, 雨量充沛, 年平均气温 2—5.6℃, 年降水量 360—480mm^[18-19]。近年来, 由于气候异常, 经常出现年降水量小于 300 mm 的情况, 湿地干涸或被开垦, 许多泡沼消失, 湿地面积减少。

1.2 研究方法

本研究以在向海和莫莫格保护区野外救护并经人工圈养 6 个月以上的 8 只白鹤和在鄱阳湖南矶湿地国家级自然保护区(以下简称“南矶湿地保护区”)夜间开展疫源疫病监测期间误捕的 2 只野生白鹤为研究对象, 比较救护白鹤放归当年、放归次年及其与野生白鹤在秋季迁徙路线和在重要中途停歇地的活动规律等方面的差异。野生白鹤 956 和 958 放归于鄱阳湖时分别为幼体和亚成体, 其迁徙规律与其他野生白鹤完全一致, 因此将其作为野生白鹤与救护白鹤的迁徙路线和在松嫩平原西部的活动规律相比是可行的。崔帧^[17]在

莫莫格保护区白鹤湖的生态水文调控研究中关于白鹤湖的气象资料中表明,2015 年白鹤湖降水量、蒸发量和年平均气温较 2014 年均无明显波动。据野外实地观测结果,2015 年秋季,白鹤在重要中途停歇地莫莫格保护区的生境类型、分布和数量较 2014 年秋季无明显变化。因此,比较 2014 年和 2015 年秋季救护白鹤在重要中途停歇地的活动规律是可行的。

所有白鹤在放归野外之前对其进行环志并安装卫星跟踪器,环志和跟踪情况见表 1。卫星跟踪器是由湖南环球信士科技有限公司生产的 HQBP3622 和 HQBG3621S 两种型号跟踪器,重量为 22 g,采用 GPS 定位和太阳能供电,跟踪器采集的信息通过中国全球移动通讯系统(GSM)发送和接收,每 1 小时传回一个位点,位点信息包括经纬度、瞬时速度、海拔高度、鸟体与跟踪器的接触表面温度、电池电压、运动量、精度等级等。跟踪位点数据精度分为 A、B、C、D、无效 5 个等级,本研究仅选取 A、B、C、D 四个等级,定位误差分别为 5、10、20、100 m。

利用动态布朗桥运动模型(Brownian bridge movement model, BBMM)在 99%、95%和 90%不同比率来表示白鹤的迁徙规律和活动区域;秋季迁徙路线通过 ArcGIS 10.4 绘制;利用 ArcGIS 10.4 中的 Tracking Analyst Tools 计算白鹤最大日活动距离(最大日活动距离为 1d 内跟踪位点中任意两点间距离的最大值);在 R 语言(3.5 版本,“adehabitatHR”程序包)中采用核密度估计法(Kernel Density Estimation, KDE)以及 ArcGis10.4“Home Range”模块中的最小凸多边形法(Minimum Convex Polygon, MCP),分别对白鹤进行活动区分析。KDE 法能比较客观地反映动物实际活动区的大小^[20]。MCP 法是包含所有跟踪位点形成最小凸多边形活动区的方法^[21],其结果具有很好的可比性^[22],已被广泛使用。方差分析在 SPSS21.0 进行。

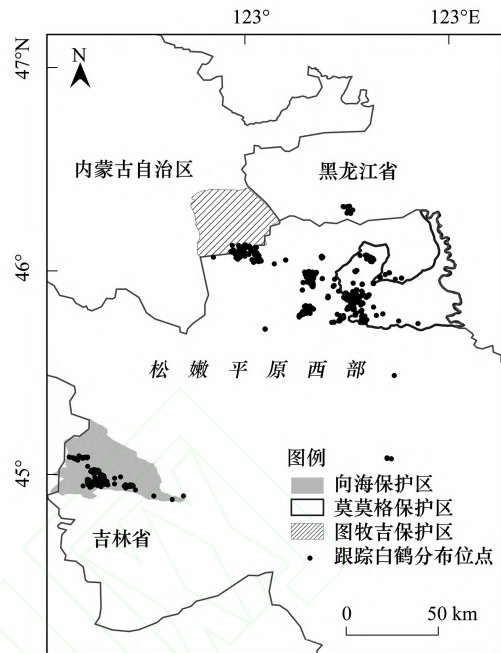


图 1 研究区位置及白鹤跟踪数据分布图

Fig.1 The location of study sites and the distribution map of Siberian Cranes' tracking data

表 1 白鹤环志和跟踪情况表

Table 1 The tracking information of Siberian Cranes

白鹤类型 Type	放归地点 Place of release	放归时间 Date	彩环编号 Color bands	成幼情况 Juvenile or adult	跟踪时间 Tracked period	体重/g Weight
救护白鹤 Rescued siberian crane	向海保护区	2014-10-19	951	亚成体	2014-10-19—至今	6200
		2014-10-19	952	亚成体	2014-10-19—2015-01-21	6800
	莫莫格保护区	2014-10-22	953	成体	2014-10-22—2018-02-11	7000
		2014-10-22	954	成体	2014-10-22—2015-04-17	7400
		2014-10-22	955	成体	2014-10-22—2016-05-10	7800
		2016-10-12	R00	成体	2016-10-12—2017-05-02	6000
		2016-10-12	R01	成体	2016-10-12—2016-12-18	5900
		2016-10-12	R02	成体	2016-10-12—至今	6100
野生白鹤 Wild siberian crane	南矾湿地 保护区	2015-02-03	956	幼体	2015-02-03—2016-01-14	5000
		2015-12-14	958	亚成体	2015-12-14—2017-05-02	5050

2 研究结果

2.1 救护白鹤和野生白鹤的秋季迁徙路线

8 只救护白鹤中有 5 只完成了当年的秋季迁徙(图 2c), 未成功迁徙的个体 952、R01、954 和成功迁徙的个体 R00 分别于江苏滨海县、唐山曹妃甸区古河乡、江西永修县新华村和东营市河口区刁口乡附近农田和水塘停留 1 个月左右, 且在农田、水塘停歇次数显著高于其他个体($P=0.001$, 表 2)。救护白鹤放归当年、放归次年和野生白鹤三者之间的秋季迁徙时长差异不显著($P>0.05$), 多在 4—9d 范围内, 但仍有部分个体出现较长迁徙时长, 如放归当年的个体 R00 和 R02, 放归次年的个体 953。

表 2 跟踪白鹤自重要中途停歇地至越冬地迁徙情况

Table 2 The migration information of the tracked Siberian Cranes from the important stopover sites to the wintering sites

白鹤类型 Type	彩环编号 Color Bands	年份 Year	迁徙时长 Migration Time/d	跨海距离 Distance across sea/km	中途停歇次数 Number of Stops/次	农田、水 塘停歇 次数 Number of Stops at Croplands and Ponds/次	跨越大别 山距离 Distance across the dabie mountain/km	跨越大别 山时间 Time across the dabie mountain/h	
救护白鹤 Rescued siberian crane	放归当年	951	2014	4.1	416	3	0	0	0
		952	2014	—	114	6	4	—	—
		953	2014	8.3	415	5	1	302	10
		954	2014	7.3	168	5	3	230	3
		955	2014	4.5	112	2	1	0	0
		R00	2016	46.2	283	9	3	0	0
		R01	2016	—	—	3	1	—	—
		R02	2016	18.5	—	—	—	—	—
	放归次年	951	2015	3.8	241	3	1	0	0
		953	2015	25.3	147	8	1	132	25
	955	2015	7.3	123	3	0	0	0	
	R02	2017	8.3	—	4	1	0	0	
野生白鹤 Wild siberian crane	956	2015	9.1	89	4	1	0	0	
	958	2016	6.9	115	6	1	123	1	

白鹤东部种群繁殖于俄罗斯西伯利亚雅库特共和国的北极苔原沼泽湿地, 秋季迁徙自繁殖地经停松嫩平原和辽河平原后跨越渤海(图 2a, 2b)。救护白鹤放归当年、放归次年和野生白鹤在跨海的方式和跨海距离等方面有明显的不同(图 2d): (1) 在跨越渤海方式上, 救护白鹤 952 和 954 放归当年沿辽东半岛迁徙至大连市后跨越渤海南迁, 其中 954 跨越了辽东半岛的老帽山, 增大了其体能消耗, 而放归次年的救护白鹤通常选择沿渤海海岸线或者自辽河口直接跨越渤海的方式, 野生白鹤均选择沿渤海海岸线西侧南迁至河北省唐山市曹妃甸区的海岸后再行跨越渤海; (2) 在跨海迁飞距离上, 救护白鹤 951 和 953 放归当年均超过 410km, 远大于放归次年的救护白鹤和野生白鹤的迁飞距离(表 2); (3) 在登陆地点选择上, 救护白鹤 952 和 954 放归当年均于蓬莱市附近海岸登陆, 而放归次年的救护白鹤通常选择渤海湾、黄河三角洲及莱州湾等登陆地点, 野生白鹤均选择渤海湾登陆; (4) 除救护白鹤 952 和 954 在放归当年分别跨越黄海海州湾和沿黄海中部海岸线迁徙外, 无其他跟踪个体选择此种方式(图 2c, 2d)。救护白鹤放归当年迁徙路线存在停顿徘徊、迷失迁徙方向的现象(图 2c, 2d, 2e), 且跨越大别山的距离远远超过放归次年的救护白鹤和野生白鹤(表 2)。

2.2 秋季迁徙重要中途停歇地最大日活动距离

救护白鹤均于 10 月中旬放归野外, 停歇 11—29 d 不等, 除 954 外最大日活动距离在前 4 d 均在 0—2 km 范围内, 而后高低分化, 无明显规律(图 3a, 3c)。救护白鹤放归次年和野生白鹤在研究地停歇 30d 左右, 最大日活动距离除几个明显峰值外, 趋势较平稳。野生白鹤最大日活动距离总体较救护白鹤放归次年大(图 3b、

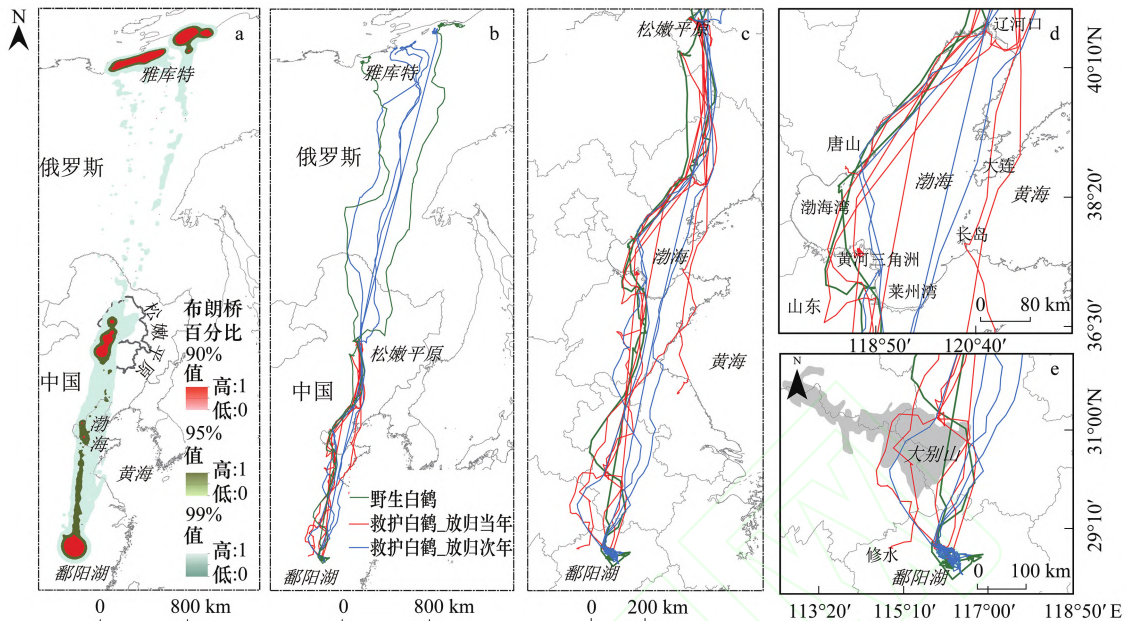


图 2 跟踪白鹤秋季迁徙路线图

Fig.2 The autumn migration routes of the tracked Siberian Cranes

3c)。2014 和 2015 年秋季跟踪白鹤在研究地最大日活动距离多在 0—8 km 范围内;2016 年秋季,跟踪白鹤在研究地最大日活动距离明显增加,多在 2—15 km 范围内(图 3)。

2.3 秋季迁徙重要中途停歇地生境选择

2014 年秋季,救护白鹤放归当年在研究地生境选择类型多样,包括沼泽、河滩湿地和农田,但在河滩湿地和农田停留时间较短;2015 年秋季,救护白鹤放归次年和野生白鹤生境选择均为沼泽湿地。2016 年秋季,救护白鹤放归当年和野生白鹤的生境类型均为沼泽湿地和农田(表 3),但二者对农田生境的利用时长不同。鸟类跟踪数据显示,救护白鹤 R00、R01 和 R02 放归当年在农田觅食时长分别为 69h、15h 和 18h,小于野生白鹤 958 在农田觅食时长 113h。

表 3 2014—2016 年秋季跟踪白鹤在重要中途停歇地活动情况

Table 3 The activity information of the tracked Siberian Cranes at important stopover sites in the autumn of 2014—2016

白鹤类型 Type	彩环编号 Color Bands	年份 Year	栖息时段 Dates of duration	栖息时长 Roosting duration	最小凸多边形法 Minimum convex polygon (MCP)/ km ²	核密度估计法 Kernel density estimation (KDE)/km ²		生境类型 Habitat type	
						95% KDE	50% KDE		
救护白鹤 Rescued siberian crane	放归当年	951	2014	2014-10-19—2014-11-12	23d20h	2	0.97	0.22	沼泽湿地
		952	2014	2014-10-19—2014-11-12	23d20h	1	0.73	0.15	沼泽湿地
	953	2014	2014-10-21—2014-11-02	11d26h	295	504.10	83.63	沼泽湿地、农田	
	954	2014	2014-10-21—2014-11-11	20d18h	2009	1625.54	279.00	河滩、沼泽湿地、农田	
	955	2014	2014-10-21—2014-11-06	14d21h	48	16.64	2.30	沼泽湿地	
	放归次年	951	2015	2015-10-03—2015-10-29	27d	104	60.33	11.21	沼泽湿地
		955	2015	2015-09-27—2015-10-29	31d3h	142	111.24	18.42	沼泽湿地
野生白鹤 Wild Siberian Crane		956	2015	2015-9-29—2015-11-05	36d17h	242	275.65	55.00	沼泽湿地
救护白鹤 Rescued siberian crane	放归当年	R00	2016	2016-10-12—2016-11-11	29d19h	748	1386.25	259.00	沼泽湿地、农田
		R01	2016	2016-10-12—2016-11-07	25d14h	575	818.35	176.16	沼泽湿地、农田
		R02	2016	2016-10-13—2016-11-06	23d21h	594	1066.63	228.99	沼泽湿地、农田
野生白鹤 Wild siberian crane		958	2016	2016-10-10—2016-11-08	28d17h	1048	2229.124	443.44	沼泽湿地、农田

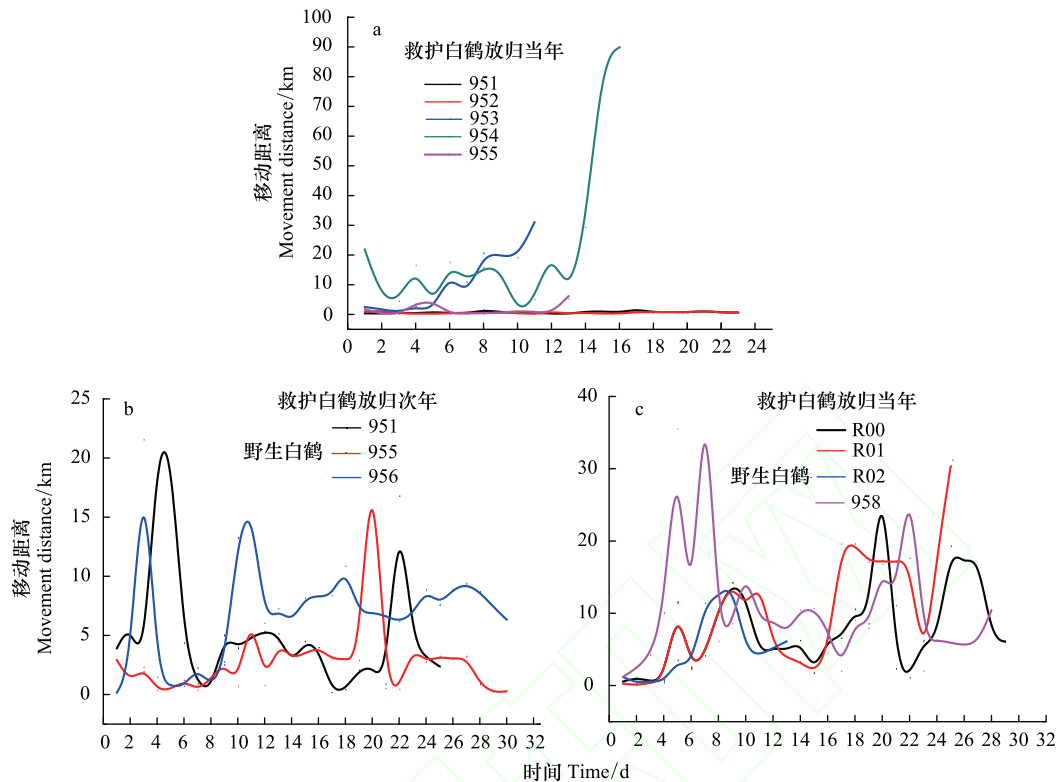


图3 2014—2016年秋季跟踪白鹤在重要中途停歇地最大日活动距离

Fig.3 The maximum movement distance per day of the tracked Siberian Cranes at important stopover sites in the autumn of 2014—2016

MCP法和95%KDE法计算得出的跟踪白鹤的活动区面积无显著性差异($P=0.844$)。总体来看,95%KDE法计算的活动区面积比MCP法的计算值大,包括了较多跟踪白鹤并未活动的区域。但救护白鹤954放归当年跟踪位点分散且相距较远,MCP法计算的活动区面积较95%KDE法得出的数值大(表3),因而选择95%KDE更能代表其实际活动面积。因此,根据跟踪白鹤位点分布情况,对于跟踪位点集中的个体选择MCP法,跟踪位点相对分散的个体选择95%KDE法计算得出的活动区面积更能代表其实际活动面积,进而更准确的比较不同个体间的活动区面积差异。

2014年秋季救护白鹤在重要中途停歇地的活动区面积大小分化明显。而2015年秋季(放归次年)救护白鹤951、955活动区面积稳定,活动范围基本相同。2016年秋季,跟踪白鹤的活动区分散且开始向图牧吉保护区偏移。救护白鹤活动区面积小于野生白鹤958,且救护白鹤的50%KDE活动区均分布于沼泽湿地,而野生白鹤958的50%KDE活动区则部分分布于农田(表3,图4)。

3 讨论

3.1 救护白鹤与野生白鹤的秋季迁徙路线差异分析

本研究发现救护白鹤放归当年和次年均有部分个体选择直接跨越渤海,且救护白鹤951和953放归当年跨越渤海距离远大于放归次年的救护白鹤和野生白鹤,这与Schaub等^[23]认为鸟类迁徙时会尽可能避免直接飞越宽阔海面的结论不符。迁徙水鸟在飞越大海、高山等自然屏障之前,在每个中途停歇地都积累一定的能量,尤其是重要中途停歇地,使其能够安全地到达越冬地或者繁殖地^[24-25]。本研究中部分救护白鹤放归当年在迁徙途中的农田和水塘停留1个月左右,在迁徙过程中有停顿徘徊、迷失迁徙方向的现象。救护白鹤953在放归当年、放归次年的秋季迁徙中均选择跨越大别山,但在放归次年跨越大别山的距离较放归当年明显缩短,在跨越大别山之前也无明显停歇时段,这可能与救护白鹤放归当年缺少迁徙经验,在重要中途停歇地能量储存不足有关。

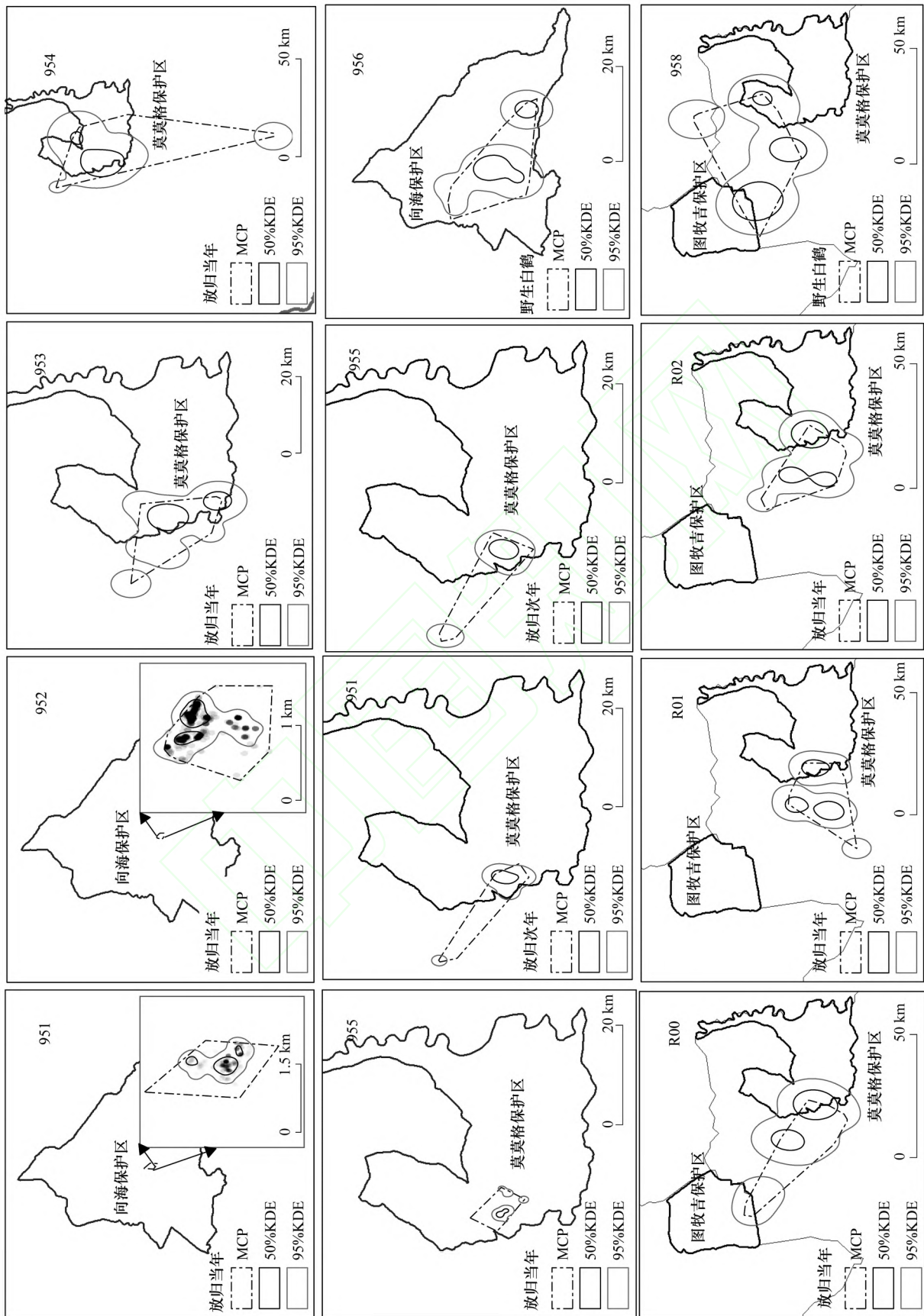


图4 2014—2016年秋季跟踪白鹤在重要中途停歇地活动区分析
 Fig. 4 Home range analysis of the tracked Siberian Cranes at important stopover sites in the autumn 2014—2016

3.2 救护白鹤与野生白鹤的活动规律差异分析

救护白鹤放归野外后的活动规律,体现了其对新环境的搜索行为和适应过程,符合物种的生物学特征和生态学习性。其中搜索行为通常被用作动物研究中觅食行为的替代运动,是觅食过程的一部分^[26]。研究白鹤最大日活动距离规律性波动的峰值即为其搜索距离。救护白鹤放归后前 4d,最大日活动距离较小,而后高低分化无明显规律,无明显搜索行为,这与放归地食物资源丰富、救护白鹤飞行能力较弱和需要适应环境等因素相关。救护白鹤放归次年和野生白鹤除几个明显的搜索距离外,变化较平稳,这表明救护白鹤在放归次年已经适应野外环境,能够寻找适宜的栖息地并融入野生白鹤集群。

物种的保护管理实践,通常需要根据物种对空间的利用情况对物种进行保护^[27]。本研究救护白鹤放归当年较放归次年和野生白鹤栖息位点变化较频繁,活动区面积较小,生境类型多样,这也体现了救护白鹤放归野外后对新环境的适应。2016 年秋季,野生白鹤 958 的 50% KDE 活动区部分分布于农田而救护白鹤的 50% KDE 活动区均分布于沼泽湿地。据野外实地调查,2016 年秋季大量野生白鹤在农田生境觅食,这可能与沼泽湿地食物量减少有关,但救护白鹤在沼泽湿地食物减少的情况下仍主要在沼泽湿地觅食,其中 R01 自莫莫格保护区迁徙至唐山曹妃甸区古河乡附近的农田停留近 1 个月后死亡,可能是因为救护白鹤放归当年在重要中途停歇地食物资源获取不足无法完成秋季迁徙。总体上,2016 年秋季跟踪白鹤在中途停歇地的最大日活动距离和活动区明显大于 2014 和 2015 年,活动区分布也开始向图牧吉保护区偏移。姜海波^[28]的研究也指出了由于人为因素和全球气候变化等方面的影响,2016 年秋季时莫莫格保护区及周边湿地景观格局发生改变,白鹤某些历史停歇地因缺水或水位过高不再适合白鹤取食。同时张磊等^[29]研究发现图牧吉保护区自 2014 年边界调整后,主要保护对象栖息的原生生境状况较好,仅有轻度开发干扰现象。另外,随着机器收割玉米、花生等农作物的普及,农田散落的种子较多,白鹤可以更容易在农田获取食物,因此白鹤逐渐向农田分布广泛的图牧吉青龙山嘎查等地方和生境状况良好的保护区内的沼泽湿地扩散。白鹤活动规律的变化在一定尺度上预示着白鹤栖息地生境的变化,探索白鹤生境的变化对白鹤种群的影响有重要的意义。

3.3 救护白鹤放归的可行性及放归策略分析

鸟类在迁徙过程中为缩短迁徙时间、减少能量消耗以及避免天敌捕食等会采取一套完整的迁徙对策,从而使迁徙活动达到最优化^[30-32]。本研究中,8 只救护白鹤中有 5 只完成了当年的秋季迁徙,且救护白鹤放归次年与野生白鹤之间无明显差异。这表明白鹤经人为救助饲养后放归野外是可行的。但救护白鹤放归当年部分个体出现较长迁徙时长,这种迁徙迟滞现象可能与放归个体融入野外群体时间或个体获得迁徙所需能量是否足够有关。高立波等^[33]研究发现,黑颈鹤在迁徙过程中明显地避开了海拔较低、人口稠密的四川盆地,而本研究中救护白鹤放归当年部分个体停歇位点与人为活动密集区距离较近,这可能与救护白鹤健康状况不佳,且既有农田又有水塘的生境容易满足其觅食和栖息的需求,同时人工圈养使得救护白鹤对人的警惕性降低,警惕距离缩短等因素有关。这与刘丹等^[34]研究的白鹤在笼养条件下排除了种内和种间干扰,环境安全、食物充足,其觅食、警戒等社会行为大大减少,静栖等个体行为增加这一结论相符。此外,多数野生白鹤于 9 月中旬到达松嫩平原西部重要中途停歇地^[12],而本研究中救护白鹤均于 10 月中旬放归野外,除 953 外均晚于大群野生白鹤群体南迁的时间,加上自身迁徙经验的缺乏,导致部分个体偏离迁往越冬地的方向,以致找不到合适的栖息地或者发生意外死亡。李秀明^[7]报道了救护白鹤放归后未成功迁徙的部分个体存在被野生白鹤群体驱逐的现象,为单独迁徙,这可能是因为在长期人工圈养条件下与野生白鹤群体沟通的能力减弱导致的结果。

救护白鹤的放归应根据当地保护区野外监测的数据,在中途停歇初期或者越冬初期放归于野生白鹤群体聚集区域,使其有更多时间来适应环境和融入野生白鹤群体。对于幼体和体弱个体可以适当进行野外生存训练,如将救护白鹤圈养于野外环境可移动的网笼中,使其逐渐适应野外的夜宿和觅食环境,觅食环境可以设置从草州—浅水泥滩、食物丰富—较丰富进行过度,隔一段时间,挪动一次,观察救护白鹤是否能正常取食和栖息,待其身体状况良好之后,便可实施放归^[35-37]。

4 结论

放归当年,8只救护白鹤中有5只完成了秋季迁徙,在秋季迁徙路线和在重要中途停歇地的活动规律上与放归次年和野生白鹤差异明显,主要表现为对人为干扰不敏感,食物获取不足或缺乏迁徙经验,每日最大活动距离小和活动区面积小等方面,但救护白鹤放归次年的活动规律与野生白鹤之间无明显差异。研究表明,白鹤经人为救助饲养后放归野外具有可行性,但放归时间的选择对于白鹤适应野外环境和融入野生群体影响较大,救护白鹤应在中途停歇初期或者越冬初期放归于野生白鹤群体聚集区域,对于幼体和体弱个体可以适当进行野外生存训练。救护白鹤的科学放归将有利于提高救护白鹤放归后的野外生存率。

参考文献 (References):

- [1] 汪松. 中国濒危动物红皮书: 鸟类. 北京: 科学出版社, 1998.
- [2] IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. [2018-10-07]. www.iucnredlist.org.
- [3] Li F S, Wu J D, Harris J, Burnham J. Number and distribution of Cranes wintering at poyang lake, China during 2011-2012. *Chinese Birds*, 2012, 3(3): 180-190.
- [4] Hedenstrom A, Alerstam T. Optimum fuel loads in migratory birds: distinguishing between time and energy minimization. *Journal of Theoretical Biology*, 1997, 189(3): 227-234.
- [5] Schaub M, Jenni L. Fuel deposition of three passerine bird species along the migration route. *Oecologia*, 2000, 122(3): 306-317.
- [6] 何春光, 孙孝维, 邹丽芳. 白鹤的第三故乡——莫莫格自然保护区. *大自然*, 2001, (6): 8-8.
- [7] 李秀明. 白鹤(*Grus leucogranus*)迁徙路线及中途停歇地的卫星跟踪研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2016.
- [8] 黄方, 王平, 王永洁, 刘权. 扎龙湿地生态环境变化及其对白鹤迁徙的影响. *东北师大学报: 自然科学版*, 2007, 39(2): 106-111.
- [9] 范巍巍, 王宇嘉, 李晓民. 吉林莫莫格春季白鹤觅食地生境初步研究. *野生动物*, 2012, 33(1): 18-22.
- [10] 王磊, 邹红菲, 李晓民, 吴庆明. 图牧吉自然保护区白鹤秋季觅食地生境初步研究. *野生动物*, 2009, 30(1): 20-22.
- [11] 仇福臣, 林宝庆, 蔡勇军, 刘胜龙, 逢世良. 扎龙保护区春季白鹤迁徙观察. *东北林业大学学报*, 2005, 33(1): 103-105.
- [12] 何春光, 宋榆钧, 郎惠卿, 李鸿凯, 孙孝维. 白鹤迁徙动态及其停歇地环境条件研究. *生物多样性*, 2002, 10(3): 286-290.
- [13] 李枫, 汪青雄, 卢珊, 蔡勇军. 扎龙湿地白鹤春季停歇地昼间行为时间分配及活动规律. *动物学杂志*, 2007, 42(3): 68-72.
- [14] 王宇嘉, 范巍巍, 李晓民. 吉林莫莫格白鹤春季行为研究. *野生动物*, 2012, 33(2): 67-70.
- [15] 崔茂欢, 郑礼琼. 白鹤秋季迁徙期行为观察. *林业调查规划*, 2006, 31(4): 94-97.
- [16] 郝明旭. 莫莫格扁秆藨草湿地生态恢复研究[D]. 长春: 中国科学院研究生院(东北地理与农业生态研究所), 2016.
- [17] 崔植. 基于白鹤生境需求的湿地生态水文调控研究[D]. 中国科学院大学(中国科学院东北地理与农业生态研究所), 2017.
- [18] 宋长春, 何岩, 邓伟. 松嫩平原盐渍土壤生态地球化学. 北京: 科学出版社, 2003.
- [19] 路春燕, 王宗明, 刘明月, 欧阳玲, 贾明明, 毛德华. 松嫩平原西部湿地自然保护区保护有效性遥感分析. *中国环境科学*, 2015, 35(2): 599-609.
- [20] Chynoweth M W, Lepczyk C A, Litton C M, Hess S C, Kellner J R, Cordell S. Home range use and movement patterns of non-native feral goats in a tropical island montane dry landscape. *PLoS One*, 2015, 10(3): e0119231.
- [21] Odum E P, Kuenzler E J. Measurement of territory and home range size in birds. *The Auk*, 1955, 72(2): 128-137.
- [22] Harris S, Cresswell W J, Forde P G, Trehwella W J, Woollard T, Wray S. Home-range analysis using radio-tracking data - a review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. *Mammal Review*, 1990, 20(2/3): 97-123.
- [23] Schaub M, Jenni L. Body mass of six long-distance migrant passerine species along the autumn migration route. *Journal für Ornithologie*, 2015, 141(4): 441-460.
- [24] Ebbsing B S, Spaans B. The importance of body reserves accumulated in spring staging areas in the temperate zone for breeding in Dark-bellied Brent Geese *Branta b. bernicla* in the high Arctic. *Journal of Avian Biology*, 1995, 26(2): 105-113.
- [25] Germogenov N I, Solomonov N G, Pshennikov A E, Degtyarev A G, Sleptsov S M, Egorov N N, Byskatova I P, Vladimirtseva M V, Okoneshnikov V V. The ecology of the habitats, nesting, and migration of the eastern population of the siberian crane (*Grus leucogeranus* Pallas, 1773). *Contemporary Problems of Ecology*, 2013, 6(1): 65-76.
- [26] Bennison A, Bearhop S, Bodey T W, Votier S C, Grecian W J, Wakefield E D, Hamer H C, Jessopp M. Search and foraging behaviors from movement data: a comparison of methods. *Ecology and Evolution*, 2018, 8(1): 13-24.
- [27] Allen A M, Singh N J. Linking movement ecology with wildlife management and conservation. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2016, 3: 155.
- [28] 姜海波. 白鹤(*Scirpus planiculmis*)东部种群迁徙停歇区湿地生境保育与恢复研究. 长春: 东北师范大学, 2016.
- [29] 张磊, 包淑梅, 张立影, 梁春花, 邱文杰, 周磊, 谢金全. 图牧吉国家级自然保护区生态保护状况分析. *环境与发展*, 2019, 31(2): 139-141.
- [30] Lindstrom Å, Kvist A. Maximum energy intake rate is proportional to basal metabolic rate in passerine birds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 1995, 261(1362): 337-343.
- [31] Alerstam T, Hedenström A. The development of bird migration theory. *Journal of Avian Biology*, 1998, 29(4): 343-369.
- [32] Alerstam T, Lindström Å. Optimal bird migration: the relative importance of time, energy, and safety//Gwinner E, ed. *Bird Migration*. Berlin, Heidelberg: Springer, 1990: 331-351.
- [33] 高立波, 钱法文, 杨晓君, 伍和启, 李凤山. 云南大山包越冬黑颈鹤迁徙路线的卫星跟踪. *动物学研究*, 2007, 28(4): 353-361.
- [34] 刘丹, 田秀华, 何相宝, 邹楠. 笼养白鹤越冬行为的初步研究. *野生动物杂志*, 2009, 30(5): 248-251.
- [35] 刘冬平, 丁海华, 张国钢, 路宝忠, 楚国忠, 王超, 刘义, 任文明. 人工饲养朱鹮放飞前的野化训练. *林业科学*, 2008, 44(12): 88-93.
- [36] 卢靖, 丁长青, 庆保平, 王超, 闫鲁. 不同野化训练条件下朱鹮的行为差异. *动物学杂志*, 2011, 46(6): 11-18.
- [37] 黄治学, 王科, 蔡德靖, 祝文平, 潘小燕, 刘冬平. 河南董寨朱鹮再引入释放前的野化训练. *生态学杂志*, 2016, 35(11): 3017-3022.