

DOI: 10.5846/stxb201602060267

吴庆明, 杨宇博, 邹红菲, 陶蕊, 李全亮. 扎龙保护区春季丹顶鹤觅食的农田生境利用分析. 生态学报, 2017, 37(9): - .

Wu Q M, Yang Y B, Zou H F, Tao R, Li Q L. Springtime utilization of farmland habitat by red-crowned cranes in the Zhalong Nature Reserve. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(9): - .

## 扎龙保护区春季丹顶鹤觅食的农田生境利用分析

吴庆明, 杨宇博, 邹红菲\*, 陶蕊, 李全亮

东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040

**摘要:** 为了更深入地了解候鸟丹顶鹤春季利用的农田生境情况, 以期为后续的该时期鹤类监测及觅食农田而产生的补偿评估奠定基础并制定相应的管理策略, 2002—2015 年的 5 月采用定点观察法、二维坐标法、样方法、GPS 定位和因子分析等方法, 对扎龙保护区丹顶鹤春季利用的农田生境特征进行了调查。分析结果表明: (1) 春季, 丹顶鹤觅食偏好选择的农作物为玉米 (100%), 偏好选择 2—5 片叶 (94.32%)、回避 1 片叶和超过 6 片叶 (100%) 的玉米苗; (2) 丹顶鹤觅食利用的农田生境通过有效食物因子和干扰因子进行判定; (3) 有效食物因子包括作物高度、作物密度、作物面积、距明水面距离、距芦苇沼泽距离等; 其中, 选择的作物密度约为 8—10 株/m<sup>2</sup>、作物高度为 6—7cm, 作物面积 4—50ha 大小不等、距明水面和芦苇沼泽距离相似约为 0.4km 左右; (4) 干扰因子包括季节性弱干扰因子如道路等和强干扰因子如居民区等, 针对弱干扰因子丹顶鹤采取不排斥的忽视方式, 约保持在 0.20km 以上; 针对强干扰因子丹顶鹤采取远离的方式进行回避, 保持在 1.20km 以上。基于上述分析, 建议扎龙保护区在春季巡护时应应对人为活动区和农田给予更多的关注。

**关键词:** 丹顶鹤; 春季; 觅食生境; 农田; 扎龙保护区

## Springtime utilization of farmland habitat by red-crowned cranes in the Zhalong Nature Reserve

WU Qingming, YANG Yubo, ZOU Hongfei\*, TAO Rui, LI Quanliang

College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

**Abstract:** In order to deepen our understanding of the springtime utilization of farmland habitat by migratory red-crowned cranes (*Grus japonensis*), and to provide scientific data to support crane monitoring and farmland monitoring, the characteristics of the farmland habitat used by red-crowned crane during their spring migration (May, 2002—2015) was analyzed using the fixed-point observation method, the two-dimensional coordinate method, the sample method, GPS positioning, and factor analysis. The results showed that: (1) In terms of farmland habitat type, red-crowned cranes preferred maize crops (absolute foraging preference choice, 100%), preferred maize seedlings with 2 to 5 leaves (94.32%), and avoided seedlings with 1 leaf or more than 6 leaves (100%); (2) Selection criterion of farmland habitat were effective food factors and disturbance factors; (3) Important food factors included crop height, crop density, crop area, distance from lakes, and distance from reed marshes. For these factors, the preferred choices were 8—10 plants/m<sup>2</sup> for crop density, 6—7 cm for crop height, 4—50 ha for crop area, and approximately 0.4 km for the distance from the lakes and reed marches; and (4) Disturbance factors included strong disturbance factors and weak disturbance factors. For residential areas (strong factor), red-crowned cranes avoided it by at least 1.20 km; for roads (weak factor), red-crowned crane did not avoid it, the disturbance to the weak disturbance areas was greater above 0.20 km. Based on the results of our

基金项目: 中央高校基本科研业务费 (2572014CA05), 国家自然科学基金 (31470016, 31401978), 黑龙江省博士后科研启动金 (LBH-Q14009)

收稿日期: 2016-02-06; 网络出版日期: 2016-00-00

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hongfeizou@163.com

study, we suggest that during the spring resource patrol and protection period of the Zhalong Nature Reserve, there should be more focus on the residential areas and farmland.

**Key Words:** Red-crowned cranes; Spring; Feeding habitat; Farmland; Zhalong Nature Reserve

迁徙期是候鸟生活史阶段的关键时期,该期间的觅食地直接关系着候鸟的能量补充和迁徙成功率及其种群动态<sup>[1-3]</sup>。尤其是食物贫乏的春季迁徙期,食物的影响力显得更为明显,对该时期候鸟的觅食地进行深入了解与分析研究有利于候鸟种群的及时监测与科学管理,这对濒危候鸟的保护非常重要,丹顶鹤(*Grus japonensis*)便为其中一例。

丹顶鹤是国际濒危鸟类,也是我国历史底蕴深厚的文化鸟。有研究表明:分布于我国的丹顶鹤候鸟种群西线群体的数量每年以 50—150 只的速度从 1100 余只降到不足 500 只,且越冬区缩小为 20 世纪 80 年代的 8%<sup>[4]</sup>;其中,位于松嫩平原上的黑龙江扎龙国家级自然保护区(下简称扎龙保护区)是丹顶鹤西线群体的主要繁殖地。而扎龙保护区丹顶鹤候鸟群体的数量波动较大<sup>[5]</sup>,对春季迁徙期丹顶鹤的觅食地进行进一步地深入关注将有利于该区域丹顶鹤春季群体的科学监测与有效管理。

关于春季鹤类觅食地方面的研究,已有学者通过环境因子分析法对松嫩平原和三江平原上扎龙保护区、莫莫格保护区、图牧吉保护区、双台河口保护区、三江保护区、七星河保护区内分布的丹顶鹤、白枕鹤(*Grus vipio*)、白鹤(*Grus leucogeranus*)进行了关注<sup>[6-12]</sup>,未见关于农田生境方面的针对性研究。关于鹤类与农业方面的研究,国内仅见关于黑颈鹤(*Grus nigricollis*)<sup>[13-15]</sup>方面的报道,如次仁等(2009)对黑颈鹤越冬栖息地保护与当地农业活动关系作了相关分析,李凤山(2002)针对农业耕作活动对西藏越冬黑颈鹤食性及食物可获得性的影响进行了调查分析,周建(1996)就西藏中南部建立保护黑颈鹤的农业管理区问题进行了分析思考。本文基于 2002—2015 年间的野外数据,对春季丹顶鹤与农田之间的觅食与被觅食关系进行了探讨,以期掌握丹顶鹤春季觅食的农田生境特征,为相应的科学管理及农业补偿提供一些借鉴。

## 1 研究地概况

扎龙保护区位于黑龙江省西部、齐齐哈尔市东南 26.7km 处,行政辖区处于齐齐哈尔市的铁锋区、昂昂溪区、泰来县、富裕县和大庆市的林甸县、泰康县境内;地理位置为 N46°52′—47°32′E123°47′—124°37′,总面积 2100km<sup>2</sup>;主要以鹤类等珍稀水禽及其赖以栖息的芦苇沼泽生境为主要保护对象<sup>[11-12]</sup>。该保护区属于大陆性半干旱季风气候,年均降水量为 420mm,远小于年均蒸发量 1489mm;年均日照 2864h,年均无霜期 128d;平均海拔为 144m。植被类型以芦苇(*Phragmites communis*)为主,总盖度 80%—90%,形成了芦苇单优势植物群落,伴有少量的苔草(*Carex dispalata boott*)、漂筏苔草(*Carex pschdo-curaica*)和香蒲(*Section elsholtzia*)等<sup>[16]</sup>。该保护区是丹顶鹤、白枕鹤等鹤类的主要繁殖地和灰鹤(*Grus grus*)、白头鹤(*Grus monacha*)、白鹤等鹤类的主要迁徙停歇地,每年春秋迁徙季节均有大量鹤类来此停歇。

## 2 研究方法

野外调查时间为 2002—2015 年的 5 月,这是丹顶鹤春季利用农田生境觅食的主要时期。

首先,凭借机动车和非机动车等代步工具采用路线法和定点观察法通过 10 倍双筒和 20—60 倍单筒望远镜对扎龙保护区内及其周边春季觅食的丹顶鹤进行浏览式观察搜索,搜寻该时期在各类农田生境觅食的丹顶鹤;然后,针对搜寻到的丹顶鹤,连续 2—5d 对其进行观察,以确定其昼间各类农田生境觅食区的固定性,并记录农田生境类型及其觅食的大致范围;之后,利用丹顶鹤非觅食时间,通过自然标识物及丹顶鹤足迹、粪便等标记实地确认丹顶鹤在农田觅食区的准确范围,并用 GPS 定位,通过二维坐标法和样方法进行样方布设和生境因素测量<sup>[16]</sup>。

生境因素<sup>[16-17]</sup>主要包括取食作物因素和距离因素。其中,取食作物因素主要包括:作物的生长发育特征(叶,通过未觅食的相邻作物叶片数进行体现而非生长发育期,认为相邻农田中作物的生长发育是同步的,通过直数进行计数)、作物密度(株/ $m^2$ , $1m \times 1m$ 样方内作物的数量,通过直数法计数)、作物高度(cm, $1m \times 1m$ 样方内作物的平均高度,通过米尺测量)、作物面积(ha,为作物连成片的面积,用GPS进行测量)。距离因素主要包括:明水面距离(m,距最近的且面积大于 $1m^2$ 的明水面距离)、芦苇沼泽距离(m,距最近的芦苇沼泽距离)、道路距离(m,距最近的道路距离)、居民区距离(km,距最近的居民区距离),均通过GPS进行测量。

其中的样方布设方法为<sup>[16-17]</sup>:在丹顶鹤觅食区中心区域,随机选取一点O,过O点作任意方向的两条垂线,在2条垂线上距离O点0、5、10、15m处分别设 $1m \times 1m$ 样方各1个,记录各种环境因素,取其均值。调查期间共确认丹顶鹤春季农田觅食区53个。

通过EXCEL、ArcGIS 9.3、SPSS 20.0中的Factor Analysis对数据进行了分析。

### 3 结果与分析

#### 3.1 觅食作物种类和生长特征

统计分析结果表明:扎龙保护区春季,丹顶鹤觅食偏好选择的农田生境中的农作物为玉米(100%),偏好利用2—5片叶(94.32%),红线者改为=回避1片叶和超过6片叶(100%)的玉米幼苗(图1)。

#### 3.2 觅食地选择

对扎龙保护区春季丹顶鹤觅食的农田生境因素进行了因子分析。结果表明:前3个主成分特征值均大于1,折线陡峭,相关性较小,其余因子的特征值小于1,从第4个因子以后,折线平缓,相关性较小(图2);前3个因子特征值累积贡献率已达80.272%,超过60%,说明前3个主成分基本包含了全部生境因素所具有的绝大部分信息,能反映扎龙保护区春季丹顶鹤觅食的农田生境利用信息,取前3个主成分,计算其相应的特征向量(表1),将其分别定义为有效食物因子、弱干扰因子、强干扰因子。

### 4 讨论

#### 4.1 觅食作物种类和生长特征

关于春季丹顶鹤觅食生境利用方面的研究,作者本人已陆续发表了三篇文章<sup>[11-12,18]</sup>。其中,作者早期的2002—2004年间的野外调研中并未发现丹顶鹤春季利用农田生境觅食的现象;而之后的野外调研中发现了该现象,尤其是近年来每年春季均能发现丹顶鹤利用农田进行觅食。前后不同时期的差异,主要有三方面的可能解释:(1)特殊年份特殊环境所致。众所周知,不同年份的降雨、温度乃至特殊的环境事故如火烧等均有不同,这会导致不同年份间不同生境类型内所拥有的可供丹顶鹤春季觅食的食物多样性与食物量及可食性均有所不同。关于这一点,作者已在当年的野外调查中有所发现并在文章中进行了解释,这一点导致的扎龙保护区丹顶鹤春季觅食利用的生境类型不同是可能的。(2)调查范围所致。作者早期的调查局限于以扎龙保护

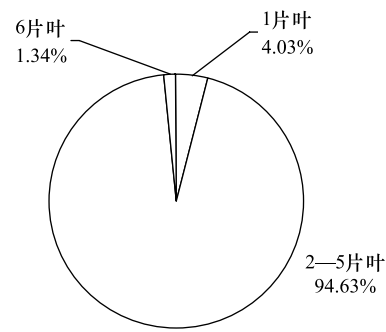


图1 春季丹顶鹤觅食的玉米苗生长特征

Fig.1 Growth characteristic of the corn seeding fed by Red-crowned cranes during the spring

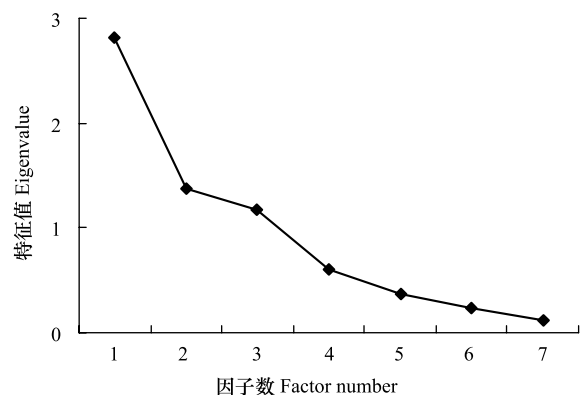


图2 春季丹顶鹤觅食农田生境因素因子分析的特征值

Fig.2 Eigenvalue of factor analysis for feeding habitat variables on Red-crowned crane in the spring

区局址为核心的一定范围内的区域,并非保护区全部;目前的调研范围在原有范围基础上有了较大程度的拓展,基本涵盖了扎龙保护区三个不同功能区的全部和主要区域,存在调查范围上产生的研究误差也是可能的。(3)另一个解释为:原有的环境质量不能满足丹顶鹤春季的食物需求致其寻求可替代性的觅食生境,农田成为其目前的替代生境。已有研究表明:不同年度间扎龙保护区不同类型生境的环境质量存在较大的变化,可供丹顶鹤春季觅食的可食种类和可食量也会相应地存在较大波动,丹顶鹤寻找可替代性的食物生境是其保证体能补充的正常行为表现,但近年来扎龙保护区环境质量有变好的趋势。但也有研究表明:每年春季,由于地表尚未解冻、食物供给量有限,丹顶鹤会偏好选择农田生境。若遵循该研究结果,前两种解释应是导致研究结果偏差的主要因素。

表 1 春季丹顶鹤农田觅食生境因素的主成分分析

Table 1 Principal component analysis of feeding habitat variables on Red-crowned crane in the spring

变量 Variables	主成分 Component			均值±标准差 Mean value±standard deviation
	1	2	3	
特征值 Eigenvalues	2.816	1.381	1.166	
方差贡献率 Contribution rate/%	42.149	20.671	17.452	
累计贡献率 Accumulating contribution rate/%	42.149	62.820	80.272	
作物密度 Crops density/(株/m <sup>2</sup> )	0.651	-0.649	0.028	9±0.85
作物高度 Crops height/cm	-0.608	-0.237	0.383	6.45±0.61
作物面积 Crops area/ha	-0.574	0.131	0.402	25.2227±21.1889
明水面距离 Distance to lake/m	0.920	0.140	0.258	479±321.72
芦苇沼泽距离 Distance to reed marsh/m	0.916	0.156	0.252	445±302.35
道路距离 Distance to road/m	0.093	0.871	-0.290	352±168.57
居民区距离 Distance to residential area/km	-0.005	-0.291	-0.802	1.61±0.38

关于觅食的农田作物种类,本研究结果为玉米。纵观扎龙保护区范围内的农田,种类较多,主要包括绝对优势的玉米和极少量的马铃薯、各种豆类、向日葵等。调查期间的5月份左右,正是玉米苗期阶段,其它作物尚未出苗;再加上玉米面积的绝对优势,该时期丹顶鹤选择玉米苗觅食符合能量最优原理。

关于丹顶鹤觅食玉米苗的生长特征,本研究结果为偏好选择2—5叶而回避1叶和6叶以上的苗,即偏好选择2、3、4、5叶的苗。已有研究表明:玉米苗的生长初期有个阶段被称为三叶期<sup>[19]</sup>,也称离乳期,这个时期种子的营养将被耗尽,将由自养生活型向异养生活型转变。1叶苗为种子刚出土期,不到1cm高度,没有明显的株茎,又嫩又小,营养多位于种子体内,若通过夹住苗取食埋在土中的种子补充营养需要耗费相对较多的力量和能量,而且容易夹断苗茎留下断茎的种子在土里,不符合能量最优原理;2叶苗和3叶苗,有了明显的株茎,已有2—3cm的高度且根茎相对结实些,营养已向株茎叶进行了转化,是水分最为饱满的时期,通过夹取株茎取食苗和埋在土中的种子来补充营养相对要容易些,符合能量最优原理。4叶苗和5叶苗不同于三叶苗,该时期是玉米异养生活型的开始,株茎叶中的水分含量开始减少,主要通过根系进行营养的吸收,该时期是根系发育的初期,扎根土壤中最为松动的时期,只要轻轻夹住株茎就能拔出玉米苗进行能量补充,也符合能量最优原理。6叶苗和7叶苗时期,玉米苗的根系又有了进一步的发育,扎根土壤中的深度也有了进一步的加深,株茎叶中的水分开始进一步地减少,无论是夹取的力量还是营养补充等方面均不符合能量最优原理。由上述分析可以看出,2—5叶苗对该时期丹顶鹤而言,是能量收支最佳时期,取食该时期玉米苗符合能量最优原理<sup>[20-21]</sup>。

#### 4.2 觅食地选择主成分的判定

第1主成分中,作物密度、作物高度、作物面积、明水面距离、芦苇沼泽距离的系数较大。其中,前三个环境变量是食物变量,直接与丹顶鹤春季觅食的食物有关,适宜的农田密度、高度、面积能够有效的为丹顶鹤提供充足的食物来源并提高丹顶鹤的取食效率,这符合丹顶鹤春季选择农田的主要目的。众所周知,食物、水、



隐蔽是动物生境选择的三要素。该时期的明水面和芦苇沼泽已经解冻,二者既能提供丹顶鹤水的需求,也能间接为其快速逃离农田觅食地躲避外来干扰提供间接隐蔽性质的平台,因此丹顶鹤觅食农田距明水面和芦苇沼泽的距离就显得相当重要;本研究中的明水面距离( $479 \pm 321.72\text{m}$ )和芦苇沼泽距离( $445 \pm 302.35\text{m}$ )相似,均 400m 左右(表 1),这完全能满足且保障丹顶鹤在农田生境中的高效觅食的需求。基于此,将这五个环境因素组成的主成分定义为有效食物因子。

第 2 主成分中,道路距离的系数较大。本研究中的道路属于广义上的定义,既包括由各级政府修建、养护、管理的国道、省道、县道、乡道、专用公路,也包括各种方便社区居民日常生活使用的而由社区居民自发修建的基质由土质至砖瓦或砂石差异不等的有固定人流车流、牲畜流的村屯道或田间道或大车道,第二类道路水大时可行船或变为难以通行的泥道。本研究中的道路,在野外实际调查过程中,与丹顶鹤农田觅食相关的道路均为后者,这类道路的特点是人流固定、车流固定,均为村屯日常生活中交流而产生的低噪音、低干扰流动,人车流动频率的高低与雨水的大小呈反比,对丹顶鹤觅食的干扰较小;尤其是温度乍暖还寒的春耕刚结束的季节,人流车流牲畜流相当少,干扰更小。因此,本调查中的道路距离为  $352 \pm 168.57\text{m}$ (表 1),小于明水面距离与芦苇沼泽距离,也在预料之中符合常理。基于此,将道路距离这一环境因素定义具有季节性的弱干扰因子。

第 3 主成分中,居民区距离的系数较大。本研究中的居民区是指常年或临时居住的具有一定人口数量的区域,主要包括村屯、芦苇加工厂等。野外调查发现,丹顶鹤对临时居民区的敏感程度视居民的友好程度而定,丹顶鹤针对那些无视其存在的居民区采取不靠近不远离的行为对策,否则采取远离的行为方式;临时居民区内的居民均具有深浅不一的保护意识,再加上其临时工作的快节奏,根本无暇顾及丹顶鹤的存在,丹顶鹤对这类区域的维持距离均小于常驻居民区即村屯的距离。对于常驻居民区即村屯,丹顶鹤保持的距离均在 1km 以上,有些村屯达到 2—3km 以上,这既与农田觅食地的位置有关,也与村屯的生活流动频率与强度有关。本研究中的居民区距离平均为  $1.61 \pm 0.88\text{m}$ (表 1),这远大于明水面距离、芦苇沼泽距离、道路距离。可见,居民区是丹顶鹤春季觅食过程中重点防范和远离的干扰对象,属于不可忽视的一直存在的干扰因素,将居民区距离定义为强干扰因子。

#### 4.3 觅食栖息地选择分析

针对处于觅食状态的候鸟而言,觅食点的唯一贡献是提供充足的能量补充以利于其后续的活动,如顺利进入繁殖期或到达迁徙的终点<sup>[2,22]</sup>,候鸟丹顶鹤也如此。针对春季丹顶鹤,扎龙保护区是候鸟丹顶鹤西线群体的主要繁殖地,是该路线绝大多数丹顶鹤迁徙的终点,在此停留的丹顶鹤主要有两部分:一部分是具有繁殖条件的繁殖鹤;另一部分是未进入繁殖状态的亚成体群,也许会存在极小数量的继续迁徙或短距离迁移。不论是哪一类型的丹顶鹤,能否有效觅食都直接关系到其后续的活动,无干扰或少干扰和高效觅食并摄食都将作为丹顶鹤有效觅食补充体能的必要因素<sup>[11]</sup>。

因子分析的 3 个因子中,具有季节性的弱干扰因子和强干扰因子与干扰相关;有效食物因子与高效觅食摄食相关,这一点已在上述进行了分析。其中,关于干扰方面,可以将二者合并为干扰因子,无论是因子数量(66.667%)还是累积贡献率(38.123%),都显示出干扰因子在该时期丹顶鹤觅食栖息地选择过程中的重要性;针对不同干扰因子,丹顶鹤采取的回避距离也不同,强干扰因子的回避距离(对居民区的回避距离在 1.2 km 以上)远大于弱干扰因子(对道路的回避距离在 400 m 左右)。这与辽宁双台河口保护区丹顶鹤的回避距离相似<sup>[11]</sup>。

基于上述分析,为了有效保证春季丹顶鹤的觅食效率,建议扎龙保护区在春季巡护时应对人为活动区和农田给予更多的关注。

#### 参考文献(References):

- [1] Zhang X, Hua N, Ma Q, Xue W J, Feng X S, Wu W, Tang C D, Ma Z J. Diet of Great Knots (*Calidris tenuirostris*) during spring stopover at Chongming Dongtan, China. Chinese Birds, 2011, 2(1): 27-32.

- [ 2 ] 马志军, 李博, 陈家宽. 迁徙鸟类对中途停歇地的利用及迁徙对策. 生态学报, 2005, 25(6): 1404-1412.
- [ 3 ] Schaub M, Jenni L. Fuel deposition of three passerine bird species along the migration route. *Oecologia*, 2000, 122(3): 306-317.
- [ 4 ] Su L Y, Zou H F. Status, threats and conservation needs for the continental population of the Red-crowned Crane. *Chinese Birds*, 2012, 3(3): 147-164.
- [ 5 ] 冯晓东. 基于丹顶鹤保护的扎龙自然保护区保护成效研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2013: 25-47.
- [ 6 ] 徐景海, 赵国辉, 李晓民. 黑龙江七星河春季白枕鹤觅食生境初步研究. 国土与自然资源研究, 2013, (1): 91-93.
- [ 7 ] 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.
- [ 8 ] 令狐克鸿, 李晓民. 三江自然保护区丹顶鹤春季觅食生境初步研究. 林业科技, 2011, 36(2): 55-58.
- [ 9 ] 孔凡前, 刘应竹, 黄志旁, 杨树国, 李晓民. 图牧吉春季白枕鹤觅食生境初步研究. 国土与自然资源研究, 2008, (4): 78-79.
- [ 10 ] 姜维军, 李梦莎, 杜宇. 内蒙古图牧吉春季白鹤觅食地生境初步研究. 吉林林业科技, 2007, 36(3): 28-31, 35-35.
- [ 11 ] 吴庆明, 邹红菲, 金洪阳, 马建章. 丹顶鹤春迁期觅食栖息地多尺度选择——以双台河口保护区为例. 生态学报, 2013, 33(20): 6470-6477.
- [ 12 ] 邹红菲, 吴庆明. 扎龙湿地丹顶鹤和白枕鹤求偶期觅食生境对比分析. 应用生态学报, 2006, 17(3): 444-449.
- [ 13 ] 次仁, 边巴卓玛, 拉多, 巴桑, 普布. 世界濒危物种黑颈鹤的越冬栖息地保护与当地农业活动的关系. 西藏大学学报: 自然科学版, 2009, 24(2): 1-7.
- [ 14 ] Bishop M A, 李凤山. 农业耕作活动对西藏越冬黑颈鹤食性及食物可获得性的影响. 生物多样性, 2002, 10(4): 393-398.
- [ 15 ] 周健. 关于在西藏中南部建立保护黑颈鹤的农业管理区的思考. 农业环境与发展, 1996, 13(2): 6-9.
- [ 16 ] 吴庆明, 王磊, 朱瑞萍, 杨宇博, 金洪阳, 邹红菲. 基于 MAXENT 模型的丹顶鹤营巢生境适宜性分析——以扎龙保护区为例. 生态学报, 2016, 36(12): 3758-3764.
- [ 17 ] Wu Q M, Zou H F, Ma J Z. Nest site selection of White-naped crane (*Grus vipio*) at Zhalong national nature reserve, Heilongjiang, China. *Journal of Forestry Research*, 2014, 25(4): 947-952.
- [ 18 ] 邹红菲, 伍一宁, 吴庆明, 高晓东, 郝萌, 马建章. 扎龙保护区丹顶鹤求偶期食性与采食偏好. 东北林业大学学报, 2012, 40(6): 85-88.
- [ 19 ] 于文颖, 纪瑞鹏, 冯锐, 赵先丽, 张玉书. 东北地区玉米生长发育特征及其对热量的响应. 应用生态学报, 2012, 23(5): 1295-1302.
- [ 20 ] 马志军. 鸟类迁徙的研究方法和研究进展. 生物学通报, 2009, 44(3): 5-9.
- [ 21 ] 马志军, 王勇, 陈家宽. 迁徙鸟类中途停歇期的生理生态学研究. 生态学报, 2005, 25(11): 3067-3075.
- [ 22 ] Jiang K Y, Wu M, Shao X X. Community composition, seasonal dynamics and interspecific correlation of waterbirds in the Qiantangjiang river estuary and Hangzhou bay. *Zoological Research*, 2011, 32(6): 631-640.