

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 20 期 Vol.33 No.20 **2013**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 20 期 2013 年 10 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 中小尺度下西北太平洋柔鱼资源丰度的空间变异..... 杨铭霞,陈新军,冯永玖,等 (6427)
- 水分和温度对若尔盖湿地和草甸土壤碳矿化的影响..... 王 丹,吕瑜良,徐 丽,等 (6436)
- 荒漠啮齿动物群落对开垦干扰的响应及其种群生态对策..... 袁 帅,付和平,武晓东,等 (6444)
- 转 Bt 基因棉花对烟粉虱天敌昆虫龟纹瓢虫的影响 周福才,顾爱祥,杨益众,等 (6455)
- 微地形改造的生态环境效应研究进展..... 卫 伟,余 韵,贾福岩,等 (6462)

个体与基础生态

- 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..... 吴庆明,邹红菲,金洪阳,等 (6470)
- 新疆石河子南山地区表土花粉研究..... 张 卉,张 芸,杨振京,等 (6478)
- 鄱阳湖湿地两种优势植物叶片 C、N、P 动态特征 郑艳明,尧 波,吴 琴,等 (6488)
- 基于高分辨率遥感影像的森林地上生物量估算..... 黄金龙,居为民,郑 光,等 (6497)
- 异质性光照下匍匐茎草本狗牙根克隆整合的耗益..... 陶应时,洪胜春,廖咏梅,等 (6509)
- 湘潭锰矿废弃地栎树人工林微量元素生物循环..... 罗赵慧,田大伦,田红灯,等 (6517)
- 接种彩色豆马勃对模拟酸沉降下马尾松幼苗生物量的影响 陈 展,王 琳,尚 鹤 (6526)
- 生物炭对不同土壤化学性质、小麦和糜子产量的影响 陈心想,何绪生,耿增超,等 (6534)
- 延河流域植物功能性状变异来源分析 张 莉,温仲明,苗连朋 (6543)
- 榆紫叶甲赤眼蜂基础生物学特性及其实验种群生命表..... 王秀梅,臧连生,林宝庆,等 (6553)
- 几种生态因子对拟目乌贼胚胎发育的影响 彭瑞冰,蒋霞敏,于曙光,等 (6560)

种群、群落和生态系统

- 海南铜鼓岭灌木林稀疏规律..... 周 威,龙 成,杨小波,等 (6569)
- 青海三江源区果洛藏族自治州草地退化成因分析..... 赵志平,吴晓蕾,李 果,等 (6577)
- 模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹林凋落物基质质量的影响..... 肖银龙,涂利华,胡庭兴,等 (6587)
- 基于光合色素的钦州湾平水期浮游植物群落结构研究 蓝文陆,黎明民,李天深 (6595)
- 基于功能性状的常绿阔叶植物防火性能评价..... 李修鹏,杨晓东,余树全,等 (6604)
- 北京西山地区大山雀与其它鸟类种群间联结分析..... 董大颖,范宗骥,李扎西姐,等 (6614)
- 被动式电子标签用于花鼠种群动态研究的可行性 杨 慧,马建章,戎 可 (6634)

景观、区域和全球生态

- 华北冬小麦降水亏缺变化特征及气候影响因素分析..... 刘 勤,梅旭荣,严昌荣,等 (6643)
- 基于 FAHP-TOPSIS 法的我国省域低碳发展水平评价 胡林林,贾俊松,毛端谦,等 (6652)
- 河漫滩湿地生态阈值——以二卡自然保护区为例..... 胡春明,刘 平,张利田,等 (6662)
- 应用 Le Bissonnais 法研究黄土丘陵区植被类型对土壤团聚体稳定性的影响 刘 雷,安韶山,黄华伟 (6670)
- 不同人为干扰下纳帕海湖滨湿地植被及土壤退化特征..... 唐明艳,杨永兴 (6681)

资源与产业生态

近 10 年北京极端高温天气条件下的地表温度变化及其对城市化的响应 李晓萌,孙永华,孟 丹,等 (6694)

三峡库区小江库湾鱼类食物网的稳定 C、N 同位素分析 李 斌,徐丹丹,王志坚,等 (6704)

研究简报

北京奥林匹克森林公园绿地碳交换动态及其环境控制因子..... 陈文婧,李春义,何桂梅,等 (6712)

植被恢复对洪雅县近 15 年景观格局的影响 王 鹏,李贤伟,赵安玖,等 (6721)

高盐下条斑紫菜光合特性和 S-腺苷甲硫氨酸合成酶基因表达的变化 ... 周向红,易乐飞,徐军田,等 (6730)

学术信息与动态

生态系统服务研究进展——2013 年第 11 届国际生态学大会 (INTECOL Congress) 会议述评 房学宁,赵文武 (6736)

生态系统服务评估——2013 年第 6 届生态系统服务伙伴国际学术年会述评 巩 杰,岳天祥 (6741)

回顾过去,引领未来——2013 年第 5 届国际生态恢复学会大会 (SER 2013) 简介..... 彭少麟,陈宝明,周 婷 (6744)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 320 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 33 * 2013-10



封面图说: 荒漠旱獭——旱獭属啮齿目、松鼠科、旱獭属,是松鼠科中体型最大的一种。旱獭多栖息于平原、山地和荒漠草原地带,集群穴居,挖掘能力甚强,洞道深而复杂,多挖在岩石坡和沟谷灌丛下,从洞中推出的大量沙石堆在洞口附近,形成旱獭丘。荒漠啮齿动物是荒漠生态系统的重要成分,农业开垦对功能相对脆弱的荒漠生态系统的干扰极大,往往导致栖息地破碎化,对动植物种产生强烈影响,啮齿动物受到开垦干扰后对环境的响应及其群落的生态对策,是荒漠生态系统生物多样性及其功能维持稳定的重要基础。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@ 163.com

DOI: 10.5846/stxb201302040237

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.

Wu Q M, Zou H F, Jin H Y, Ma J Z. A multi-scale feeding habitat selection of Red-crowned crane during spring migration at the Shuangtaihekou Nature Reserve, Liaoning Province, China. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(20): 6470-6477.

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

吴庆明, 邹红菲*, 金洪阳, 马建章

(东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 双台河口保护区是世界濒危鸟类丹顶鹤大陆种群西线群体不同生活史阶段的重要栖息地。2008—2010 年每年的 3—4 月, 采用定点观察法、二维坐标法、方差分析、因子分析等方法对保护区内春迁期丹顶鹤觅食栖息地的多尺度选择进行了监测分析。研究结果表明: (1) 春迁期, 该保护区丹顶鹤觅食栖息地选择包括 2 个尺度 3 个选择, 即大生境尺度内觅食生境类型选择和小生境尺度内觅食区选择、觅食微生境选择; (2) 觅食生境类型偏好选择芦苇沼泽 (90.00%), 也偶选玉米地、泥滩、草甸等生境; (3) 觅食区选择通过宏生境因子和干扰因子来判定, 宏生境因子包括明水面、堤坝和火烧地, 距离均在 30 m 以内; 干扰因子包括居民区和油田等强干扰因子和道路等弱干扰因子, 均采用远离的方式进行回避, 居民区保持在 1 km 以上, 油田保持在 2 km 以上, 道路保持在 300—500 m; (4) 觅食微生境选择通过微生境因子来判定, 包括植被高度、植被密度、植被直径等, 选择盖度小 (<5%) 且植被高度小于喙长的区域觅食。

关键词: 丹顶鹤; 尺度; 觅食栖息地选择; 春迁期; 因子分析; 双台河口保护区

A multi-scale feeding habitat selection of Red-crowned crane during spring migration at the Shuangtaihekou Nature Reserve, Liaoning Province, China

WU Qingming, ZOU Hongfei*, JIN Hongyang, MA Jianzhang

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

Abstract: As a globally endangered species, red-crowned crane (*Grus japonensis*) got a lot of attention by scientists, conservationists and the public. The continental population of red-crowned cranes continued to decline and the quality of its breeding and wintering habitat also faced serious threats. Shuangtaihekou National Nature Reserve is an important distribution area of western continental population of red-crowned cranes, meanwhile is the main stopover habitat, northern most wintering area and southern most breeding place in China. In recent years, the human disturbance such as tourism, agriculture reclamation, pesticides and oilfield development in Shuangtaihekou Nature Reserve is increasing. The spring migration period is an important life stage for cranes and directly affects the success of next breeding and population dynamic, so the feeding habitat in this period is especially important. The feeding habitat selection of red-crowned crane during spring migration between March and April 2008—2010 was investigated by fixed-point sampling, two-dimensional coordinate method, environment factor measurements, and factor analysis. The results showed that (1) during spring migration, the feeding habitat selection of red-crowned cranes included two scales and three selection levels, respectively are feeding habitat type selection at the macro-habitat scale, feeding ground selection, and feeding micro-habitat selection at

基金项目: 中央高校基本科研业务费 (DL12EA04, DL11BA01); 国家自然科学基金项目 (31070345); 中国博士后科学基金项目 (2011M500631); 黑龙江省博士后资助经费 (520-415268)

收稿日期: 2013-02-04; 修订日期: 2013-07-02

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

the micro-habitat scale; (2) red-crowned cranes preferred to select the feeding habitat type with reed marsh (90.00%), occasionally select corn field, mud bank, and meadow; (3) the feeding ground was selected according to macro-habitat factors and disturbance factors, among them the macro-habitat factors included lakes, dams and burned areas, less than 30 m; disturbance factors included strong avoiding factors, such as residential areas and oil fields, and weak avoiding factors, such as roads, with avoidance of areas greater than 1 km from residential areas, 2 km from oil fields and 300—500 m from roads; and (4) the feeding micro-habitat factors included vegetation height, vegetation density, and vegetation diameter, sites with little vegetation coverage (5%) and vegetation lower than beak length of red-crowned crane were preferred.

Key Words: Red-crowned crane; scale; feeding habitat selection; spring migration period; factor analysis; Shuangtaihekou nature reserve

最新研究表明:丹顶鹤(*Grus japonensis*)大陆种群西线群体的越冬种群数量急剧下降,每年以 50—150 只的速度从 1100 余只降到不足 500 只;并且越冬区域缩小为 20 世纪 80 年代的 8%^[1]。辽宁双台河口国家级自然保护区(以下简称双台河口保护区)是丹顶鹤大陆种群西线群体繁殖的南限^[2]和越冬的北限,更是迁徙必经的主要停歇地;据 1991—2012 年间 20 余年的丹顶鹤迁徙种群监测,1995 年种群数量最低为 308 只,2000 年最高为 808 只,2011 和 2012 年度均稳定在 350—500 只^[3]。可见,双台河口保护区对于西线丹顶鹤群体种群数量的维持具有重要的生态意义。景观监测结果显示^[4-5]:自 1987 年以来的 20 年间,双台河口保护区内景观斑块破碎化趋势明显,芦苇沼泽等天然湿地面积逐年减少;人为因素如油田开发建设等已成为保护区湿地景观格局变化的主导因素。由此产生的管理不规范问题已引起中华人民共和国环境保护部的高度重视并挂牌督办。在这种特殊环境情况下,非常有必要对丹顶鹤种群及其栖息地选择情况进行监测,以便为丹顶鹤的科学保护提供理论参考。

在鸟类栖息地选择方面,越来越多的研究证实^[6-8]:鸟类的栖息地选择具有多尺度特征,仅单一尺度的研究难以反映鸟类栖息地选择的真实情况,多尺度研究能促进对鸟类及其栖息资源的认识 and 有效保护。关于多尺度的概念,最早源于 1949 年, Svardson 认为鸟类的生境选择模式应分为两个过程:首先利用环境的一般特征并在不同的环境中进行粗放性选择,然后再据某些精细的特征来选择特定的生存环境^[9];之后,多尺度的概念被广泛应用于鸟类栖息地选择研究中^[10-15];我国的研究相对较少,主要针对丹顶鹤、白冠长尾雉、褐马鸡等濒危特有鸟类进行了探讨^[16-20];其中,关于丹顶鹤,主要对大陆种群的主要繁殖地扎龙保护区丹顶鹤的繁殖栖息地选择^[16]和越冬地黄河三角洲保护区非繁殖期丹顶鹤觅食栖息地选择^[17-18]进行了多尺度特征的研究。双台河口保护区作为丹顶鹤大陆种群的特殊分布地——以迁徙停歇地为主、集越冬地和繁殖地于一体,从多尺度层面对春迁期丹顶鹤觅食栖息地选择进行分析非常必要。

1 研究地概况

研究地位于辽宁省盘锦市境内双台河入海口处的双台河口保护区内(121°30′—122°00′E, 40°45′—41°10′N),总面积 12.8 万 hm^2 ^[21];该保护区属于海岸湿地,主要由芦苇沼泽、湿草甸、人工湿地(主要为稻田和水库)、河道、河口、泥滩、浅海海域等组成^[3],成为我国高纬度地区面积最大的滨海芦苇沼泽区^[5]。保护区内大面积的翅碱蓬(*Suaeda heteroptera*)滩涂和浅海海域是环西太平洋迁徙的鸟类停歇的主要分布区^[5];尤其是大面积的芦苇沼泽,是春季迁徙期丹顶鹤停歇补充体能的重要栖息地,期间丹顶鹤也会偶尔选择滩涂区域内的农田。关于芦苇沼泽,为了利于翌年的生境管理与监测及苇草的萌发,芦苇沼泽的利用者会通过火烧的方式对那些无法收割与处理的剩余芦苇和草丛进行处理;每年春季,过火的苇草区会成为芦苇沼泽内部或边缘一种特殊的人为干预生境,这些区域内的根芽、种子等会成为丹顶鹤的主要食物。本文的调查主要发生在核心区内的黑嘴鸥繁殖地、四千北至向阳管区的南界、罗家分场、三道沟,缓冲区内四千南、向阳管区、孙家流子分场、营口垛场、八仙分场、酒壶嘴和南井子分场等区域。

2 研究方法

野外观察时间为 2008—2010 年 3—4 月。

首先,凭借摩托车和自行车等交通工具采用路线法和定点观察法通过 10 倍双筒和 20—60 倍单筒望远镜对保护区内不同类型生境进行浏览式观察,搜索该时期迁来停歇的丹顶鹤,观察到丹顶鹤后记录其昼间停歇栖息的生境类型和区域;然后,针对监测到的丹顶鹤昼间停歇区,连续 2—5d 进行观察以确定其觅食栖息地的固定性,并记录生境类型和大致范围;之后,通过丹顶鹤足迹、粪便和自然标识物及激光测距仪等实地确认丹顶鹤觅食区的准确范围,并用 GPS 定位,若发现 GPS 定位点不重复则在确定的觅食区范围内,通过二维坐标法和样方法进行样方布设和环境因素测量^[21]。

具体的样方布设方法^[22-23]为:在丹顶鹤觅食区范围内,随机选取一点 O,过 O 点作任意的两条垂线,在 2 条垂线上距离 O 点 0、5、10m、15 m 处分别设 1 m×1 m 样方各 1 个,记录各种环境因素,取其均值。3a 间共确认丹顶鹤春季觅食区 90 个(其中,芦苇沼泽觅食区 81 个),总样方 1170 个,有效样方 1067 个。

环境因素^[21,24]主要包括植被因素和距离因素。其中,植被因素主要包括:植被密度(X_1 ,根/ m^2 ,1 m×1 m 样方内植被的密度,主要为芦苇植被的密度)、植被高度(X_2 ,cm,1 m×1 m 样方内植被的平均高度,主要为芦苇植被的高度)、植被直径(X_3 ,mm,1 m×1 m 样方内植被的平均直径,主要为芦苇植被的直径)。距离因素主要包括:明水面距离(X_4 ,m,距最近的且面积大于 1 m^2 的明水面距离)、堤坝距离(X_5 ,m,距最近的堤坝距离)、道路距离(X_6 ,km,距最近的道路距离)、火烧地距离(X_7 ,m,距最近的火烧地距离)、油井距离(X_8 ,km,距最近的油井距离)、居民区距离(X_9 ,km,距最近的村屯距离)。

通过 SPSS 13.0 中的 One-way ANOVA、Factor Analysis 对数据进行分析。

3 结果与分析

3.1 春迁期丹顶鹤觅食栖息地类型及群体分布

调查期间,共累积观察确定丹顶鹤觅食栖息地 90 处,统计结果显示出(图 1):在双台河口保护区,春迁期丹顶鹤的觅食栖息地类型多样化,包括芦苇沼泽、玉米地、泥滩、草甸四种,芦苇沼泽为偏好觅食生境(90.00%)。种群分布结果显示出(图 2):芦苇沼泽中觅食分布的丹顶鹤种群数量最大(92.29%)。综上所述,双台河口保护区,芦苇沼泽是春迁期丹顶鹤偏好选择利用的主要觅食栖息地。

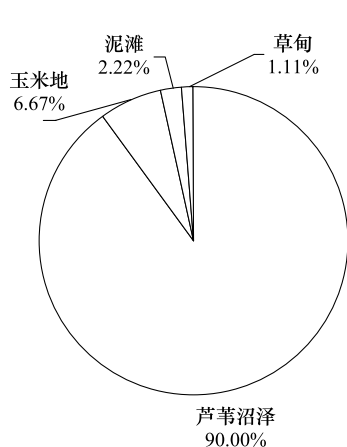


图 1 春迁期丹顶鹤觅食栖息地类型

Fig.1 Feeding habitat type of Red-crowned crane during spring migration

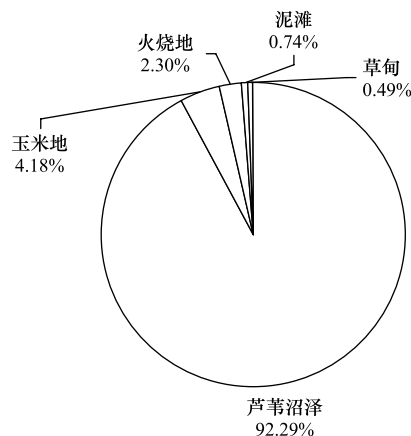


图 2 春迁期不同类型觅食地中丹顶鹤群体分布

Fig.2 Group distribution of Red-crowned crane during spring migration in different feeding habitat type

3.2 春迁期丹顶鹤觅食栖息地选择

对双台河口保护区内丹顶鹤春迁期觅食栖息地选择因素进行因子分析,结果表明:前 4 个因子的特征值均大于 1(表 1),相关性较小;其余因子的特征值均小于 1,相关性较大;前 4 个因子的累积贡献率为 84.069%

(表 1),超过 60%,基本包含了全部 9 个环境因素所具有的信息,能够反映影响春迁期丹顶鹤觅食栖息地选择的绝大部分信息,故本文取前 4 个因子并计算其相应的特征向量(表 2),将其分别定义为微生境因子、宏生境因子、强干扰因子和弱干扰因子。

表 1 丹顶鹤春迁期觅食栖息地选择因素因子分析的累积贡献率

Table 1 Accumulating contribution rate of factor analysis on environment factor for feeding habitat selection of Red-crowned crane during spring migration

因子数 Factor number	特征值 Eigenvalues	贡献率/% Contribution rate	累积贡献率/% Accumulating contribution rate
1	3.273	32.73	32.73
2	2.289	22.894	55.624
3	1.606	16.056	71.679
4	1.239	12.39	84.069
5	0.777	7.773	91.843
6	0.298	2.980	94.823
7	0.216	2.160	96.983
8	0.159	1.590	98.573
9	0.143	1.430	100

表 2 春迁期丹顶鹤觅食栖息地选择的主成分分析

Table 2 Main component of feeding habitat selection for Red-crowned crane during spring migration

	主成分 Component				均值±标准差 Mean value± standard deviation
	1	2	3	4	
植被密度 Vegetation density/(根/m ²)	0.6092	-0.1261	0.0133	-0.0362	182.06±49.13
植被高度 Vegetation height/cm	0.5092	-0.1186	0.2353	-0.0827	2.72±1.34
植被直径 Vegetation diameter/mm	0.3337	-0.0003	0.1928	0.0185	5.56±1.28
明水面距离 distance to lake/m	0.1029	0.6534	-0.1804	-0.0275	18.19±12.55
堤坝距离 Distance to dam/m	-0.0126	0.6998	0.1059	0.2015	13.73±10.56
道路距离 Distance to road/km	-0.0657	-0.0742	0.0245	0.2665	0.36±0.12
火烧地距离 Distance to burned area/m	-0.1441	0.4573	0.0185	0.1033	3.15±4.62
油井距离 Distance to oil field/km	-0.0113	0.0699	0.2311	-0.0528	2.48±0.34
居民区距离 Distance to residential area/km	-0.1527	-0.1346	0.3327	-0.1089	1.45±0.23

4 讨论

4.1 觅食栖息地类型

关于春迁期丹顶鹤觅食栖息地类型,与扎龙保护区的研究结果^[25]存有异议;相似之处在于春迁期丹顶鹤偏好选择的觅食栖息地类型一致,均为芦苇沼泽;相异之处在于丹顶鹤扩展选择的觅食栖息地类型不同,扎龙保护区的丹顶鹤仅扩增为苔草沼泽,而双台河口保护区的丹顶鹤扩增为玉米地、泥滩、草甸 3 种。

两个保护区的植被类型均以芦苇沼泽为优势植被,这也是丹顶鹤该时期阶段偏好选择的植被类型,不同区域的主要研究结果一致符合丹顶鹤该时期的行为方式和区域优势植被特征。由于地理位置的差异,双台河口保护区内存有一定面积的滩涂,滩涂分布有许多土壤动物^[26],这也是鸟类的主要食物来源^[27];但由于此时的滩涂尚未解冻,不适宜作为春迁期丹顶鹤偏好选择的觅食栖息地,故只有少数量的丹顶鹤偶尔选择该区域进行择食。关于玉米地,两个保护区的调查范围也存在差异;扎龙保护区的调查范围并非整个保护区,而是以保护区局址为核心的一定半径的区域内,该区域内玉米地较少且面积也较小,因此扎龙保护区的调查结果只意味着其区域内未记录玉米地这一觅食栖息地类型,并不意味着玉米地在丹顶鹤春迁期的觅食栖息地选择范围之外,该方面还需要通过对整个区域进行全面调查才能得出科学的结论。

4.2 觅食栖息地选择主成分的判定

第一主成分中,植被密度、植被高度、植被直径的系数较大。由统计结果可以看出,双台河口保护区,春迁期丹顶鹤觅食栖息地的植被特征(植被密度均为 $182.06 \text{ 根}/\text{m}^2$ 、植被高度均为 2.72 cm 、植被直径均为 5.56 mm)具有密度大、高度小、直径小的特征。野外观察发现,该时期,保护区内植被上仍覆盖着部分的冰雪,只有部分区域因阳光辐射、地表积温高或处于风口位置而呈少量冰、雪、水混合体或冰、水混合体或完全无雪状态,这种自然状况的区域,植被的根基位置以一定面积裸露出来,且植被高度的特征小于丹顶鹤的平均喙长(16.3 cm),这样的环境便于丹顶鹤识别并寻觅植被根基或土壤中的食物,丹顶鹤觅食时留下的足迹与啄迹等印痕特征便是丹顶鹤利用类似生境的一个佐证。植被密度和植被直径直接关系着植被盖度(草本植物以植被的根盖度为主,为植被密度与植被根面积二者均值的乘积,植被根面积由植被直径求出),若以二者为变量进行计算,春迁期丹顶鹤觅食栖息地的植被盖度约为 $(0.442 \pm 0.007)\%$ 。综上所述,该主成分包括的植被密度、植被高度、植被直径 3 个环境因素直接关系丹顶鹤该时期具体觅食点的信息,属于觅食栖息地利用的小尺度也即微环境特征,将其定义为微生境因子。

在第二主成分中,明水面距离、堤坝距离、火烧地距离的系数较大。由于油气建设和旅游开发的需要,双台河口保护区内修建了 481.2 km 的穿越核心区、缓冲区、实验区的 163 条油田专用道路和旅游观光道路(中华人民共和国环境保护部,2012 年 2 月 24 日),这些道路使得保护区内呈现出规则斑块分布的景观格局特征。春迁期丹顶鹤的觅食栖息地也均分布于这些斑块中,这些斑块多被道路、堤坝和堤坝下的水渠所包围,堤坝与水渠相邻,二者与道路有一定的距离。由于冬季收割的不便性,堤坝上较高的芦苇和杂草在不同年度的冬季均被保留下来,这些苇草常在翌年春季通过火烧的方式被处理。每年春季,堤坝周边及水渠周边区域便成了火烧地,该区域的地面裸露度较高,土壤动物复苏较早,苇草萌芽也较早,干扰较少的类似区域常成为春迁期丹顶鹤首选的觅食地,调查的结果也印证了这一点,90.00%的觅食区和 94.59%的鹤群均位于火烧地内或火烧地边缘。本文的分析结果与此相吻合,丹顶鹤觅食栖息地距明水面距离、堤坝距离和火烧地距离均较近(30 m 内),距火烧地最近(10 m 内)。可见,明水面、堤坝、火烧地成为春迁期丹顶鹤从大尺度角度即宏生境尺度选择觅食栖息地必不可少的环境特征,对于具备这 3 个景观条件的栖息地,丹顶鹤可以根据干扰情况进行酌情的觅食选择。基于此,将第二主成分定义为宏生境因子。

任何野生动物,都对干扰保持一定的敏感度,都有一定的安全距离,不同的干扰强度有不同的安全距离,丹顶鹤也不例外。在保护区内,丹顶鹤春季迁来期间,主要的干扰为非自然干扰,包括人的干扰和动物的干扰。动物的干扰主要包括狗等家畜和狐狸、獾等哺乳类的干扰,双台河口保护区内,该类干扰基本没有。人的干扰主要包括居民区和油田作业区等强度较大的干扰和道路上的行人、行车等强度较小的干扰。居民区和油田作业区无季节性,常年有活动,对丹顶鹤的扰动较大;道路上行人、行车具有季节性,不同季节内行人和行车的频率不同,春季属于人车活动较少的季节,且人车存留时间短。本文的分析结果与此一致,油田作业区和居民区被判定为第三主成分,道路被判定为第四主成分。分析结果显示,春迁期丹顶鹤觅食栖息地距居民区距离平均保持在 1 km 以上,距油井距离平均保持在 2 km 以上,距道路距离 $300\text{—}500 \text{ m}$ 。基于此,将第三主成分定义为强干扰因子,将第四主成分定义为弱干扰因子。

4.3 觅食栖息地选择分析

针对处于迁徙状态的候鸟而言,迁徙过程中停歇点的唯一贡献是提供充足的能量补充以利于候鸟继续迁徙顺利到达繁殖地或迁徙的终点^[28-29],丹顶鹤也如此。针对春迁期丹顶鹤,双台河口保护区只是个别几对丹顶鹤的繁殖地,更是绝大多数丹顶鹤的迁徙停歇地,该时期丹顶鹤选择该区域停歇的唯一目的是补充体能继续迁徙,因此能否有效觅食直接关系着丹顶鹤的后续活动,觅食栖息地的选择也成为有效觅食的关键,无干扰或少干扰和高效觅食并摄食将成为丹顶鹤有效觅食补充体能的必要因素。

因子分析的 4 个因子中,强干扰因子与弱干扰因子与干扰相关,微生境因子和宏生境因子与高效觅食并摄食相关。

关于干扰方面,4个因子中有两个因子与此相关,可以将二者合并为干扰因子。从数量的角度能看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;从因子贡献率的角度考虑也能体现出干扰因子的重要性,强干扰因子和弱干扰因子的累积贡献率为28.45%,超过宏生境因子(22.89%),小于微生境因子(32.73%),占总贡献率的33.84%。针对干扰因子,丹顶鹤采取回避的措施,但对两个干扰因子的关注度存在差异,强干扰因子的贡献率(16.06%)高于弱干扰因子(12.39%),所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 km以上,对油田作业区的回避距离在2 km以上)大于弱干扰因子(对道路的回避距离在300—500 m)。

关于高效觅食并摄食方面,另外两个因子即宏生境因子和微生境因子与此相关。由因子分析可知,宏生境因子主要关系着该时期觅食栖息地的大尺度选择,从宏观的角度判断某区域是否适合作为觅食栖息地,这是丹顶鹤在空中巡飞寻觅觅食栖息地的大尺度特征,便于识别且具备食物的表征是两个关键的因素。本文的分析结果包括明水面、道路、火烧地。众所周知,该时期双台河口保护区景观色主要为冰雪的白色,间杂苇草的黄色,而过火区域则为黑色,这样的区域非常便于环境识别。野外考察发现,过火后的区域,不仅地表积温高,部分冰雪也融化为冰水且冰层或雪被也变薄,部分区域土壤一定程度解冻,这样的区域减少或避免了丹顶鹤觅食过程中用于破土、破冰所花费的能量,符合能量最优理论^[30-31];而且,类似的区域苇草萌芽早,解冻的明水面也能提供鱼虾等水生高蛋白食物。因此,从某种角度考虑,具备宏生境因子的环境能为丹顶鹤发出该区域有食物的信号。

微生境因子主要关系着该时期丹顶鹤觅食栖息地的小尺度选择,从微观的角度判断某区域是否适合作为具体的觅食点,植被环境的特征有着决定性的作用。本文选取的植被特征为植被高度、植被密度、植被直径3个因素,从丹顶鹤的喙长和植被盖度两个角度对丹顶鹤觅食的便利性进行了分析,结果表明,植被盖度小(<5%)且植被高度小于丹顶鹤喙长的环境是丹顶鹤首选的觅食点。

4.4 觅食栖息地选择的尺度

按宏生境和微生境尺度进行模拟,双台河口保护区春迁期丹顶鹤觅食栖息地选择的大生境尺度包括两个选择:(1)大的地理分布区的选择,即双台河口保护区(松辽平原亚区辽河平原)为本文的研究区;(2)地理分布区内生境类型的选择,即以芦苇沼泽为偏好辅以玉米地、泥滩和草甸。小生境尺度包括两个选择:(1)生境类型内觅食区的选择,该选择通过宏生境因子(包括明水面、堤坝、火烧地3个环境因素)和干扰因子(包括居民区和油田等强干扰因子和道路等弱干扰因子)来实现,对宏生境因子采取接触的方式、对干扰因子采取保持一定距离的回避方式;(2)利用栖息地内觅食点的选择,该层次的选择通过微生境因子(主要包括植被高度、植被密度、植被直径等植被因素)来实现,选择盖度小(5%)且植被高度小于喙长的微生境。

与扎龙保护区同时期的类似研究结果相比^[27],二者的觅食栖息地选择因素有异同。两个保护区区内的人为环境存在极大的差异,扎龙保护区内没有油田建设路,只有村屯间连通的天然路和村村通道路,芦苇沼泽相对完整,觅食栖息地选择的影响因素在干扰方面的关注度相对较低,更侧重自然因素,如食物因素、隐蔽因素、水因素、标识因素等。二者觅食栖息地选择的因子虽有差异,但核心因素相似,均直接关系着该时期的主要行为即觅食补充体能。可见,保护区区内人为环境直接影响着丹顶鹤春迁期觅食栖息地的选择利用。

此外,刘春悦等^[16]通过遥感影像以小尺度等级的米为单位对扎龙保护区的丹顶鹤繁殖栖息地特征进行了8个尺度(30—240)的分析,结果表明:植被密度、植被盖度和长势、水分条件、人为干扰分别体现在30 m、60—120 m、90 m、>120 m的尺度上。关于丹顶鹤栖息地的多尺度选择,也有学者采用3S技术以遥感影像为主要数据来源基于不同尺度等级进行了多尺度的分析。其中,曹铭昌等^[17-18]以大尺度等级的公顷为单位对黄河三角洲保护区丹顶鹤非繁殖期栖息地选择及生境适宜性评价进行了分析,范围从10 hm²至2000 hm²划分了12个等级,结果表明:丹顶鹤生境需求既体现在小尺度范围内也体现在大尺度上,在景观尺度(以翘碱滩涂百分比和水分百分比为主)、斑块尺度(斑块类型更重要)和微生境(植被盖度和水深为限制因子)尺度存在明显差异。

可以看出,相似研究虽在方法、数据、结果上有所差异,但均表明一点,丹顶鹤的栖息地选择具有多尺度特征,只不过多尺度表达的方式不同,本文体现的是丹顶鹤由宏观至微观的多尺度选择过程,刘春悦等的研究表明了不同环境因子在小尺度米等级上的多尺度表达,曹铭昌等的研究综合了多尺度选择过程与不同环境因子在不同尺度上的表达这两者的内涵。

基于上述分析,为了有效保护丹顶鹤及其栖息的环境资源,建议双台河口保护区在春迁期应更多的关注人为活动的强度和频率、火烧地的情况。

References:

- [1] 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.
- [2] Hu Y M, Shu Y, Li X Z, Wang L, Li Y X, Yang Y C. Change of red crowned crane breeding habitat and the analysis of breeding capacity in Shuangtaihekou national nature reserve. *Chinese Journal of Ecology* 2004, 23(5): 7-12.
- [3] Li Y X, Song C Z, Yang Y C, Li X J, Li F L, Huang J, Huang X L. Monitoring population dynamics of the migratory Red crowned crane (*Grus japonensis*) at Shuangtaihekou national nature reserve, Northeastern China, from 1991 to 2012. *Chinese Birds*, 2012, 3(3): 225-229.
- [4] Wan J H, Li M, Zhang J, Ma Y, Liu S W. Study on the changes in wetland landscape pattern of Shuangtai estuary reserve. *Geomatics & Spatial Information Technology*, 2012, 35(8): 8-12.
- [5] Chen A L, Zhu B Q, Chen L D, Wu Y H, Sun R H. Dynamic changes of landscape pattern and eco disturbance degree in Shuangtai estuary wetland of Liaoning province, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(5): 1120-1128.
- [6] Barbaro L, Couzi L, Bretagnolle V, Nezan J, Vetillard F. Multi-scale habitat selection and foraging ecology of the Eurasian hoopoe (*Upupa epops*) in pine plantations. *Biodiversity and Conservation*, 2008, 17(5): 1073-1087.
- [7] Grand J, Cushman S A. A multi-scale analysis of species-environment relationships: breeding birds in a pitch pine-scrub oak (*Pinus rigida-Quercus ilicifolia*) community. *Biological Conservation*, 2003, 112(3): 307-317.
- [8] Sergio F, Pedrini P, Marchesi L. Adaptive selection of foraging and nesting habitat by black kites (*Milvus migrans*) and its implications for conservation: a multi-scale approach. *Biological Conservation*, 2003, 112(3): 351-362.
- [9] Svardson G. Competition and habitat selection in birds. *Oikos*, 1949, 1(2): 157-174.
- [10] Revermann R, Schmid H, Zbinden N, Spaar R, Schröder B. Habitat at the mountain tops: how long can Rock Ptarmigan (*Lagopus muta helvetica*) survive rapid climate change in the Swiss Alps? A multi-scale approach. *Journal of Ornithology*, 2012, 153(3): 891-905.
- [11] Schipper A M, Koffijberg K, van Weperen M, Atsma G, Ragas A M J, Hendriks A J, Leuven R S E W. The distribution of a threatened migratory bird species in a patchy landscape: a multi-scale analysis. *Landscape Ecology*, 2011, 26(3): 397-410.
- [12] Ciudad C, Robles H, Matthysen E. Postfledging habitat selection of juvenile middle spotted woodpeckers: a multi-scale approach. *Ecography*, 2009, 32(4): 676-682.
- [13] Coreau A, Martin J L. Multi-scale study of bird species distribution and of their response to vegetation change: a Mediterranean example. *Landscape Ecology*, 2007, 22(5): 747-764.
- [14] Kristan W B III. Sources and expectations for hierarchical structure in bird-habitat associations. *The Condor*, 2006, 108(1): 5-12.
- [15] Cushman S A, McGarigal K. Hierarchical analysis of forest bird species-environment relationships in the Oregon Coast Range. *Ecological Applications*, 2004, 14(4): 1090-1105.
- [16] Liu C Y, Jiang H X, Zhang S Q, Hou Y Q, Lu J. Breeding habitat characteristics of red-crowned crane at Zhalong of Northeast China: A multi-scale approach based on TM and ASAR image data. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2012, 23(2): 491-498.
- [17] Cao M C, Liu G H, Xu H G. A multi-scale analysis of red-crowned crane's habitat selection at the Yellow River Delta Nature Reserve, Shandong, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(21): 6344-6352.
- [18] Cao M C, Liu G H, Shan K, Hou Y X, Wang M C, Li D L, Shen W M. A multi-scale assessment of habitat suitability of red-crowned crane at the Yellow River Delta Nature Reserve, Shandong, China. *Biodiversity Science*, 2010, 18(3): 283-291.
- [19] Xu J L, Zhang X H, Zhang Z W, Zheng G M, Ruan X F, Zhu J G, Xi B. Multi-scale analysis on wintering habitat selection of Reeves's Pheasant (*Syrnaticus reevesii*) in Dongzhai National Nature Reserve, Henan Province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(7): 2061-2067.
- [20] Zhang G G, Zheng G M, Zhang Z W, Guo J R, Wang J P, Gong S L. Scale-dependent wintering habitat selection by brown-eared pheasant in Luyashan Nature Reserve of Shanxi, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(5): 952-957.
- [21] Sun M, Zou H F, Jin H Y, Wu Q M, Ma J Z. Environment characters of feeding ground by Red crowned crane during spring stopover in

- Shuangtaihekou nature reserve, China. Journal of Northeast Forestry University, 2012, 40(10): 108-110.
- [22] Wu Q M, Zou H F. Nest site selection pattern of *Grus japonensis* in Zhalong nature reserve of northeast China. Journal of Forestry Research, 2011, 22(2): 281-288.
- [23] Wu Q M, Zou H F. Forage habitat selection of White-naped crane during its incubation period in Zhalong wetland. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(7): 1716-1722.
- [24] Zou H F, Wu Q M, Niu M G. Comparing of feeding habitat selection between the wild and semi domestic White-naped crane during the pre breeding period in Zhalong wetland. Chinese Journal of Zoology, 2005, 40(4): 45-50.
- [25] Zou H F, Wu Q M. Feeding habitat of Red crowned crane and white-napped crane during their courtship period in Zhalong wetland. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(3): 444-449.
- [26] Zhu J, Jing K, Gan X J, Ma Z J. Food supply in intertidal area for shorebirds during stopover at Chongming Dongtan, China. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(6): 2149-2159.
- [27] Weber L M, Haig S M. Shorebird diet and size selection of nereid polychaetes in South Carolina coastal diked wetlands. Journal of Field Ornithology, 1997, 68(3): 358-366.
- [28] 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.
- [29] Ma Z J, Li B, Chen J K. Study on the utilization of stopover sites and migration strategies of migratory birds. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(6): 1404-1412.
- [30] Ma Z J. The research methods and study advances of bird migration. Bulletin of Biology, 2009, 44(3): 5-9.
- [31] Ma Z J, Wang Y, Chen J K. Physiological ecology of migratory birds during the stopover periods. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(11): 3067-3075.

参考文献:

- [2] 胡远满, 舒莹, 李秀珍, 王凌, 李玉祥, 杨玉成. 辽宁双台河口自然保护区丹顶鹤繁殖生境变化及其繁殖容量分析. 生态学杂志, 2004, 23(5): 7-12.
- [4] 万剑华, 厉梅, 张杰, 马毅, 刘善伟. 双台河口保护区湿地景观格局变化研究. 测绘与空间地理信息, 2012, 35(8): 8-12.
- [5] 陈爱莲, 朱博勤, 陈利顶, 吴艳华, 孙然好. 双台河口湿地景观及生态干扰度的动态变化. 应用生态学报, 2010, 21(5): 1120-1128.
- [16] 刘春悦, 江红星, 张树清, 侯韵秋, 陆军. 基于 TM 与 ASAR 遥感数据的扎龙丹顶鹤繁殖栖息地多尺度特征. 应用生态学报, 2012, 23(2): 491-498.
- [17] 曹铭昌, 刘高焕, 徐海根. 丹顶鹤多尺度生境选择机制——以黄河三角洲自然保护区为例. 生态学报, 2011, 31(21): 6344-6352.
- [18] 曹铭昌, 刘高焕, 单凯, 侯银蓄, 王明春, 李东来, 申文明. 基于多尺度的丹顶鹤生境适宜性评价——以黄河三角洲自然保护区为例. 生物多样性, 2010, 18(3): 283-291.
- [20] 张国钢, 郑光美, 张正旺, 郭建荣, 王建平, 宫树龙. 山西芦芽山褐马鸡越冬栖息地选择的多尺度研究. 生态学报, 2005, 25(5): 952-957.
- [21] 孙猛, 邹红菲, 金洪阳, 吴庆明, 马建章. 双台河口保护区丹顶鹤春迁期觅食地环境特征. 东北林业大学学报, 2012, 40(10): 108-110.
- [23] 吴庆明, 邹红菲. 扎龙湿地白枕鹤孵化期觅食生境选择. 应用生态学报, 2009, 20(7): 1716-1722.
- [24] 邹红菲, 吴庆明, 牛茂刚. 扎龙湿地野生与散养白枕鹤繁殖前期觅食生境选择对比分析. 动物学杂志, 2005, 40(4): 45-50.
- [25] 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.
- [26] 朱晶, 敬凯, 干晓静, 马志军. 迁徙停歇期鸕鹚类在崇明东滩潮间带的食物分布. 生态学报, 2007, 27(6): 2149-2159.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] 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.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.20 Oct., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Spatial variability of small and medium scales' resource abundance of *Ommastrephes bartramii* in Northwest Pacific YANG Mingxia, CHEN Xinjun, FENG Yongjiu, et al (6427)
- The effect of moisture and temperature on soil C mineralization in wetland and steppe of the Zoige region, China WANG Dan, LV Yuliang, XU Li, et al (6436)
- Response and population bionomic strategies of desert rodent communities towards disturbance of cultivation YUAN Shuai, FU Heping, WU Xiaodong, et al (6444)
- Effects of Bt-cotton on *Propylea japonica*, an Enemy Insect of *Bemisia tabaci* (Gennadius) ZHOU Fucui, GU Aixiang, YANG Yizhong, et al (6455)
- Research progress in the ecological effects of micro-landform modification WEI Wei, YU Yun, JIA Fuyan, et al (6462)

Autecology & Fundamentals

- A multi-scale feeding habitat selection of Red-crowned crane during spring migration at the Shuangtaihekou Nature Reserve, Liaoning Province, China WU Qingming, ZOU Hongfei, JIN Hongyang, et al (6470)
- Surface pollen research of Nanshan region, Shihezi City in Xinjiang ZHANG Hui, ZHANG Yun, YANG Zhenjing, et al (6478)
- Dynamics of leaf carbon, nitrogen and phosphorus of two dominant species in a Poyang Lake wetland ZHENG Yanming, YAO Bo, WU Qin, et al (6488)
- Estimation of forest aboveground biomass using high spatial resolution remote sensing imagery HUANG Jinlong, JU Weimin, ZHENG Guang, et al (6497)
- Cost-benefits of the clonal integration of *Cynodon dactylon*, a stolon herbaceous plant, under heterogeneous lighting condition TAO Yingshi, HONG Shengchun, LIAO Yongmei, et al (6509)
- Biological cycling of *Koeleria paniculata* plantation microelements in Xiangtan Manganese Mine wasteland LUO Zhaohui, TIAN Dalun, TIAN Hongdeng, et al (6517)
- Effects of ectomycorrhizal fungi (*tinctorius* (Pers.) Coker & Couch) on the biomass of masson pine (*Pinus massoniana*) seedlings under simulated acid rain CHEN Zhan, WANG Lin, SHANG He (6526)
- Effects of biochar on selected soil chemical properties and on wheat and millet yield CHEN Xinxiang, HE Xusheng, GENG Zengchao, et al (6534)
- Source of variation of plant functional traits in the Yanhe river watershed: the influence of environment and phylogenetic background ZHANG Li, WEN Zhongming, MIAO Lianpeng (6543)
- The general biology and experimental population life table about *Asynacta ambrostomae* WANG Xiumei, ZANG Liansheng, LIN Baoqing, et al (6553)
- Effect of several ecological factors on embryonic development of *Sepia lycidas* PENG Ruibing, JIANG Xiamin, YU Shuguang, et al (6560)

Population, Community and Ecosystem

- The thinning regular of the the shrubbery at Tongguling National Nature Reserve on Hainan Island, China ZHOU Wei, LONG Cheng, YANG Xiaobo, et al (6569)
- The cause of grassland degradation in Golog Tibetan Autonomous Prefecture in the Three Rivers Headwaters Region of Qinghai Province ZHAO Zhiping, WU Xiaopu, LI Guo, et al (6577)
- Effects of simulated nitrogen deposition on substrate quality of litterfall in a *Pleioblastus amarus* plantation in Rainy Area of West China XIAO Yinlong, TU Lihua, HU Tingxing, et al (6587)
- Phytoplankton community structure based on pigment composition in Qinzhou bay during average water period LAN Wenlu, LI Mingmin, LI Tianshen (6595)
- Functional trait-based evaluation of plant fireproofing capability for subtropical evergreen broad-leaved woody plants LI Xiupeng, YANG Xiaodong, YU Shuquan, et al (6604)
- Interspecific associations between *Parus major* and other bird communities in Beijing Xishan region DONG Daying, FAN Zhongji, LI Zhaxijie, et al (6614)

- Feasibility analysis of passive integrated transponders in population ecology studies of Siberian chipmunk
 YANG Hui, MA Jianzhang, RONG Ke (6634)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Dynamic variation of water deficit of winter wheat and its possible climatic factors in Northern China
 LIU Qin, MEI Xurong, YAN Changrong, et al (6643)
- Study on the levels' evaluation of provincial low-carbon development in China based on the FAHP-TOPSIS method
 HU Linlin, JIA Junsong, MAO Duanqian, et al (6652)
- An investigation of the safety threshold of a floodplain wetland: a case study of the Er-Ka Nature Reserve, China
 HU Chunming, LIU Ping, ZHANG Litian, et al (6662)
- Application of le bissonnais method to study soil aggregate stability under different vegetaion on the loess plateau
 LIU Lei, AN Shaoshan, Huang Huawei (6670)
- Analysis of vegetation and soil degradation characteristics under different human disturbance in lakeside wetland, Napahai
 TANG Mingyan, YANG Yongxing (6681)

Resource and Industrial Ecology

- Changes of land surface temperature and its response to urbanization under the extreme high-temperature background in recent
 ten years of Beijing LI Xiaomeng, SUN Yonghua, MENG Dan, et al (6694)
- Stable isotope (^{13}C and ^{15}N) analysis of fish food web of the Xiaojiang Bay in Three Gorges Reservoir
 LI Bin, XU Dandan, WANG Zhijian, et al (6704)

Research Notes

- Dynamics of CO_2 exchange and its environmental controls in an urban green-land ecosystem in Beijing Olympic Forest Park
 CHEN Wenjing, LI Chunyi, HE Guimei, et al (6712)
- Effects of vegetation restoration on landscape pattern of Hongya Country in recent 15 years
 WANG Peng, LI Xianwei, ZHAO Anjiu, et al (6721)
- Photosynthetic characteristics and SAMS gene expression in the red alga *Porphyra yezoensis* Ueda under high salinity
 ZHOU Xianghong, YI Lefei, XU Juntian, et al (6730)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 宋金明

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 20 期 (2013 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 20 (October, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@ cspg. net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@ cspg. net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元