

# 气候因子和水位变化对鄱阳湖东方白鹳越冬种群数量的影响<sup>\*</sup>

李言阔<sup>1\*\*</sup> 单继红<sup>2,3</sup> 马建章<sup>2</sup> 缪沪君<sup>1</sup> 李 佳<sup>1</sup> 袁芳凯<sup>1</sup> 谢光勇<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>江西师范大学生命科学学院, 南昌 330022; <sup>2</sup>东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040; <sup>3</sup>江西省野生动植物保护管理局, 南昌 330046)

**摘 要** 分析了鄱阳湖国家级自然保护区 1984—2011 年东方白鹳越冬种群动态, 探讨了其种群动态与气候和水位变化的相关性。结果表明, 1984—2011 年, 保护区东方白鹳越冬种群数量平均为  $(1296 \pm 177)$  只, 种群年间波动较大, 但总体呈显著的线性增长趋势。保护区东方白鹳种群数量动态与鄱阳湖年最低水位、10 月份平均水位、12 月份平均水位存在显著负相关, 这可能与冬季水位增加导致东方白鹳栖息地面积减小和人类干扰强度增大有关; 保护区东方白鹳种群数量与越冬期 11 月份平均最低气温呈显著正相关, 东方白鹳主要在 11 月份到达鄱阳湖, 此时适宜的温度可能有利于提高东方白鹳食物资源的可获得性, 迅速补充能量, 并降低体温调节所需的能量消耗。逐步线性回归分析表明, 鄱阳湖区 11 月份平均最低气温、前一年 1 月份高水位持续时间、前二年 7 月份高水位持续时间是保护区东方白鹳种群数量的显著预测因子, 共同解释了保护区东方白鹳最大种群数量变化的 78.3%。

**关键词** 东方白鹳; 鄱阳湖; 种群数量变化; 水位; 气候变化

**中图分类号** Q958.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2014)4-1061-07

**The effects of climate and water level fluctuation on the wintering population of Oriental White Stork (*Ciconia boyciana*) in Poyang Lake.** LI Yan-kuo<sup>1\*\*</sup>, SHAN Ji-hong<sup>2,3</sup>, MA Jian-zhang<sup>2</sup>, MIAO Lu-jun<sup>1</sup>, LI Jia<sup>1</sup>, YUAN Fang-kai<sup>1</sup>, XIE Guang-yong<sup>1</sup> (<sup>1</sup>College of Life Science, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China; <sup>2</sup>College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; <sup>3</sup>Wildlife Service of Jiangxi Province, Nanchang 330046, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2014, **33**(4): 1061–1067.

**Abstract:** We analyzed the population fluctuation of Oriental White Stork (*Ciconia boyciana*) in Poyang Lake National Nature Reserve in winter from 1984 to 2011, and its correlation with climate variables and water level variables. The mean number of the Oriental White Storks in Poyang Lake National Nature Reserve was  $1296 \pm 177$ . This population exhibited an obvious annual fluctuation, but as a whole showed a significant linear increase trend. The population size of Oriental White Stork in Poyang Lake National Nature Reserve was significantly negatively correlated with the annual lowest water level, the mean water level of October, and the mean water level of December, which maybe result from the decrease of available habitats and increase of human disturbance with the increase of water level in winter. This population trend in the reserve was also significantly correlated with the average minimum temperature of November. The Oriental White Stork mainly arrived at the Poyang Lake in November, and a proper temperature in this period may increase the food resource availability for Oriental White Stork, speed up energy recovery after long distance migration, and decrease their energy consumption for basal metabolism. The results derived from stepwise linear regression indicated that the average minimum temperature of November, the duration of high water level of January of the previous year, and the duration of

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金项目(31000196)、环境保护部专项(STSN-7)和鄱阳湖科学考察之鸟类资源及其生境动态变化考察(20114ABC01100-1-03)资助。

<sup>\*\*</sup> 通讯作者 E-mail: liyankuo@126.com

收稿日期: 2013-10-09 接受日期: 2014-01-07

high water level of July of the previous two years were significant predictors of the population trend of Oriental White Stork, which in total accounted for 78.3% of the population fluctuation during 1984–2011.

**Key words:** Oriental White Stork; Poyang Lake; population size change; water level; climate change.

数据显示,目前全球平均温度和海洋温度升高,大范围积雪和冰融化,全球平均海平面上升,气候系统变暖是明显的事实(Parry *et al.*, 2007)。政府间气候变化专门委员会第4次评估报告中指出,最近100年(1906—2005年)气温线性趋势为0.74℃,近50年(1956—2005年)的线性变暖趋势(每10年0.13℃)几乎是近100年(1906—2005年)的2倍(Parry *et al.*, 2007)。气候变化影响着一系列的生态过程。

在过去半个世纪里,气候对鸟类种群生态的影响一直是鸟类学家关注的焦点之一(Lack, 1954; Both *et al.*, 2006)。近年来,气候变化对鸟类影响的研究主要集中在其对物种分布、物候、繁殖、种群数量以及群落组成与结构的影响(Walther *et al.*, 2002; Crick, 2004)等方面。面对气温的升高,很多物种的分布区北移或向更高海拔地区转移(Walther *et al.*, 2002; Parmesan & Yohe, 2003)。有些物种则通过改变物候时间来适应气候变化,很多有机体将它们的季节性节律提前,譬如迁徙日期和繁殖时间(Walther *et al.*, 2002; Parmesan & Yohe, 2003)。一些食物链顶端的物种可能由于无法及时地适应气候的变化,导致繁殖时间与食物丰裕期不重叠,从而使种群动态和生态系统功能受到明显的影响(Stenseth *et al.*, 2002; Both *et al.*, 2006)。Both等(2006)发现,气候变暖造成斑姬鹇(*Ficedula hypoleuca*)繁殖地物候提前,使斑姬鹇的主要食物提前到达高峰值,经过长途迁徙到达的斑姬鹇由于无法迅速改变产卵时间,会经历繁殖阶段与食物丰裕期的时间交错,这种错失良机(mistiming)导致斑姬鹇种群数量剧烈下降,这是气候变化影响鸟类种群数量动态的一个明显例证。

东方白鹳(*Ciconia boyciana*)是鹳形目(Ciconiiformes)鹳科(Ciconiidae)鹳属(*Ciconia*)的大型涉禽,全球种群数量大约3000只(Liu, 1999),自1994年以来一直被世界自然保护联盟(IUCN)列为国际濒危物种,属于CITES附录I的物种,也被我国列为

国家一级重点保护鸟类(中国野生动植物保护司, 1989)。鄱阳湖是东方白鹳的重要越冬地。2008年冬季在鄱阳湖记录到3909只,超出一直以来全球东方白鹳种群数量约3000只的估计值(吴建东等, 2010)。迄今为止,有关鄱阳湖东方白鹳种群数量变化的研究,尤其是与气候变化及水位变动的关系的研究尚未见探讨。本研究分析了鄱阳湖国家级自然保护区1984—2011年共28年间保护区内越冬东方白鹳最大种群数量的年际变化,分析了东方白鹳种群数量动态与气候和水位变化的相关性,初步探讨了鄱阳湖区气候和水位变化对东方白鹳种群动态的影响,为更好地理解全球气候变化的生态影响提供研究依据。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

鄱阳湖湿地是我国最大的淡水湖泊湿地,也是迁徙水鸟的重要越冬栖息地。位于长江南岸的江西省北部,地理坐标为115°49'E—116°46'E, 28°11'N—29°51'N。气候特征属亚热带湿润季风型气候,热量丰富,雨量充沛,无霜期长,四季分明(王晓鸿, 2004)。1980—2011年鄱阳湖区年平均温度为18.0℃,平均气温呈增长趋势(图1)。气温季节性变化明显,年平均降水量1603.6 mm,年际变化比较大,但无明显的增减趋势(图1)。

鄱阳湖是季节性过水湖泊,承接赣江、抚河、信江、饶河、修水五大河的来水,经调蓄后经湖口进入长江,流域面积 $16.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ (王晓鸿, 2004)。洪、枯水时,鄱阳湖湖面积相差较大,高程22 m时,湖面积3222 km<sup>2</sup>,高程为11 m时,湖面积仅340 km<sup>2</sup>(程永建和张俊才, 1991)。水位年际波动较大,最高水位22.95 m,最低水位8.83 m。从1998年开始,鄱阳湖最低水位、平均水位、最高水位均呈明显的线性减小趋势(图2)。

### 1.2 研究方法

鄱阳湖国家级自然保护区1984—2011年东方

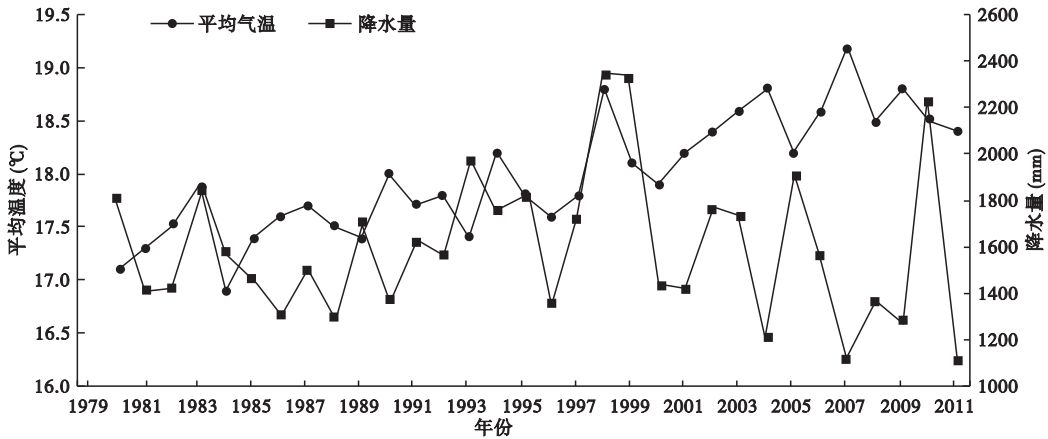


图 1 鄱阳湖区 1980—2011 年平均气温与降水量变化趋势  
Fig. 1 Annual changes of mean temperature and precipitation of the Poyang Lake during 1980–2011  
基于南昌气象站 1980—2011 年气象数据。

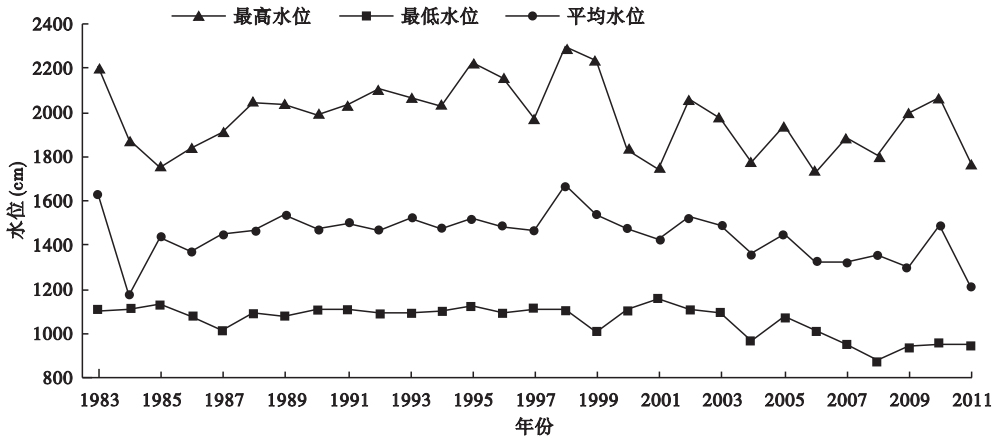


图 2 鄱阳湖区 1983—2011 年水位变化趋势  
Fig. 2 Annual changes of mean water level of the Poyang Lake during 1983–2011  
数据源于吴城水位站日水位数据。

白鹤越冬种群数量的数据来源包括鄱阳湖国家级自然保护区 1984—2000 年东方白鹤越冬种群的年最高统计值(吴英豪和纪伟涛,2002)、鄱阳湖国家级自然保护区 2002—2010 年东方白鹤每个越冬期的最大种群数量(李凤山等,2011)、鄱阳湖国家级自然保护区自然资源监测年报(朱奇等,2012a)、鄱阳湖越冬水禽航空调查报告(纪伟涛等,2000;吴建东等,2010)、以及其他相关的报道(朱奇等,2012b),以每年冬季鄱阳湖国家级自然保护区东方白鹤的最高统计值作为鄱阳湖国家级自然保护区每年东方白鹤越冬种群数量的估计值。

本研究使用 Pearson 相关分析检验了东方白鹤种群数量变化与降水量、平均温度、平均最低气温、平均最高气温等气象变量的相关性,并对相关性分

析结果进行检验以消除极端值的影响。气象数据引用《中国地面气候资料月值数据集》南昌监测站 1984—2011 年的月值资料。分析了东方白鹤种群数量变化与鄱阳湖水位变化的关系,检验了种群数量与月平均水位、高水位持续时间的相关性,我们将每个月的高水位持续时间定义为每个月超过月平均水位值的天数。水位数据来自吴城水位站 1984—2011 年的日水位数据。进而,本研究以鄱阳湖国家级自然保护区东方白鹤种群最大数量作为因变量,将与其存在显著相关性的气候变量和水位变量作为自变量,进行逐步多元线性回归分析,建立鄱阳湖区东方白鹤种群数量动态预测模型,并使用 VIF 值进行共线性诊断(Chatterjee & Price, 1991;杨德斌和张继红,2000;杨梅等,2012)。数值统计以平均值±

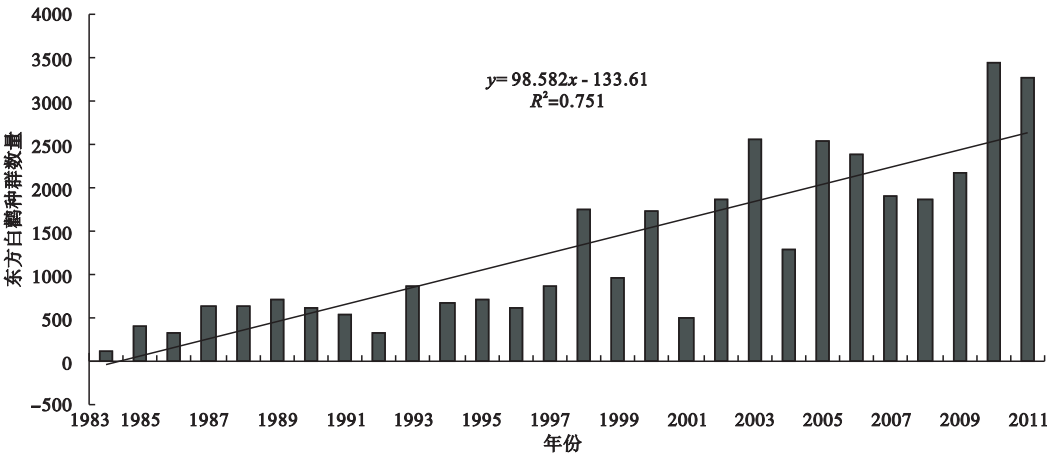


图 3 1984—2011 年冬季鄱阳湖国家级自然保护区东方白鹤最大种群数量的变化趋势  
Fig. 3 Annual changes of the maximum population number of the Oriental White Stork in the Poyang Lake National Nature Reserve (PLNNR) in winter from 1984 to 2011

标准误表示,数据分析在 SPSS 13.0 中完成。

2 结果与分析

2.1 种群数量年间变化

1984—2011 年,鄱阳湖国家级自然保护区东方白鹤越冬种群最大数量平均为 $(1296 \pm 177)$ 只。种群数量表现出较大的年间变化,且总体呈显著的线性增长趋势( $F_{1,26} = 78.209, P = 0.000$ ) (图 3)。在 1984 年东方白鹤最大越冬种群数量为 110 只,是 1984—2011 年间的最小值;最大值出现在 2010 年冬季,为 3446 只。1998 年以后,鄱阳湖国家级自然保护区东方白鹤越冬种群最大数量明显增加:1984—1997 年,保护区内东方白鹤越冬种群最大数量为 $(574 \pm 58)$ 只;1998—2011 年,保护区内东方白鹤越冬种群最大数量为 $(2018 \pm 215)$ 只。

2.2 种群数量变化与水位的关系

Pearson 相关分析结果表明,鄱阳湖国家级自然保护区 1984—2011 年东方白鹤越冬种群数量变化趋势与鄱阳湖夏季丰水期各月的平均水位相关性较小,且没有统计上的显著性(表 1);种群数量与枯水期月平均水位显著相关:与年最低水位( $r = -0.580, P = 0.001, n = 28$ ,图 4)、10 月份平均水位( $r = -0.444, P = 0.018, n = 28$ )、12 月份平均水位( $r = -0.399, P = 0.036, n = 28$ )存在显著的负相关。

枯水期,种群数量与 1 月份高水位持续时间显著负相关( $r = -0.432, P = 0.022, n = 28$ ),与冬季其他月份的高水位持续时间均无显著相关。考虑时滞效应,种群数量与 1 年前的 10 月份、1 月份、2 月份、3 月份的高水位持续时间均显著负相关(表 2,图

5);与 3 年前 10 月份、3 年前 1 月份、3 年前 2 月份以及 3 月份的高水位持续时间均显著负相关;与 6

表 1 1984—2011 年鄱阳湖国家级自然保护区东方白鹤种群数量与水位的相关性  
Table 1 Correlation of Oriental White Stork in PLNNR and the water level of Poyang Lake during 1984—2011

项目	相关系数	P	n
年最低水位	-0.580	0.001	28
年最高水位	-0.133	0.499	28
月平均水位			
10 月	-0.444	0.018	28
11 月	-0.330	0.086	28
12 月	-0.399	0.036	28
1 月	-0.261	0.179	28
6 月	0.038	0.847	28
7 月	-0.181	0.356	28
8 月	-0.067	0.736	28
9 月	-0.074	0.709	28

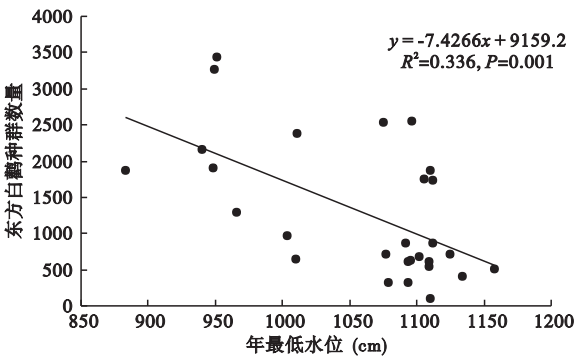


图 4 鄱阳湖国家级自然保护区 1984—2011 年冬季东方白鹤种群数量动态与年最低水位的相关性  
Fig. 4 Relationship between the population number of the oriental white stork and the annual lowest water level in the Poyang Lake National Nature Reserve during 1984—2011



表 2 1984—2011 年鄱阳湖国家级自然保护区东方白鹤种群数量与各月高水位持续时间的相关性

Table 2 Correlation of Oriental White Stork in PLNNR and the duration of high water level of Poyang Lake during 1984–2011

年份	月份	相关系数	<i>P</i>	<i>n</i>
当年	1	-0.432	0.022	28
1 年前	10	-0.506	0.006	28
	1	-0.654	0	28
	2	-0.441	0.019	28
2 年前	3	-0.475	0.011	28
	7	-0.458	0.016	27
3 年前	10	-0.411	0.037	26
	1	-0.504	0.009	26
	2	-0.413	0.036	26
6 年前	3	-0.419	0.033	26
	1	-0.477	0.021	23
	3	-0.467	0.025	23

年前 1 月份和 3 月份高水位持续时间也显著负相关。丰水期,种群数量与丰水期高水位持续时间无显著相关( $r = -0.055, P = 0.782, n = 28$ ),但与 2 年前 7 月份高水位持续时间显著负相关。

表 3 1984—2011 年鄱阳湖国家级自然保护区东方白鹤种群数量与气候变量的相关性

Table 3 Correlation of Oriental White Stork in PLNNR and the climate variables during 1984–2011

项目	月份	相关系数	<i>P</i>	<i>n</i>	项目	月份	相关系数	<i>P</i>	<i>n</i>
平均气温	10	0.362	0.059	28	平均气温	1	-0.096	0.625	28
	11	0.294	0.129	28		2	0.296	0.126	28
	12	0.188	0.339	28		3	0.34	0.076	28
平均最低气温	10	0.362	0.063	27	平均最低气温	1	-0.038	0.847	28
	11	0.488	0.008	28		2	0.305	0.114	28
	12	0.265	0.174	28		3	0.279	0.15	28
平均最高气温	10	0.251	0.198	28	平均最高气温	1	-0.12	0.544	28
	11	0.322	0.095	28		2	0.293	0.131	28
	12	0.062	0.75	28		3	0.306	0.12	27
降水量	10	0.077	0.696	28	降水量	1	0.044	0.823	28
	11	0.127	0.52	28		2	0.122	0.535	28
	12	0.108	0.584	28		3	-0.171	0.383	28

2.4 基于水位和气候因子的种群动态模型

将气候变量和水位变量中与东方白鹤数量动态存在显著相关性的因子作为自变量,东方白鹤种群数量作为因变量,进行逐步线性回归分析,结果表明,一年前 1 月份高水位持续时间、二年前 7 月份高水位持续时间和 11 月份平均最低气温是显著的预测因子(表 4),共同解释了 1984—2011 年鄱阳湖国家级自然保护区东方白鹤最大种群数量变化的 78.3% ( $R^2 = 0.783, F = 22.904, df = 22, P < 0.001$ )。进入模型的这 3 个变量 VIF 值均  $< 5$ ,表明变量间不存在显著的共线性。

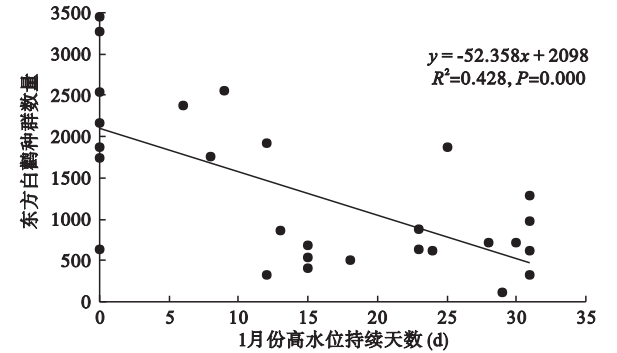


图 5 鄱阳湖国家级自然保护区小天鹅越冬种群数量与 1 年前 1 月份高水位持续时间的相关性

Fig. 5 Correlation between the population number of Oriental White Stork wintering in PLNNR and the duration of high water level in January of previous year

2.3 种群数量变化与气候变量的关系

1984—2011 年冬季鄱阳湖国家级自然保护区越冬东方白鹤种群数量动态仅与越冬期间 11 月平均最低气温显著正相关( $r = 0.488, P = 0.008, n = 28$ ),与其他月份的平均气温、平均最低气温以及平均最高气温均无显著相关(表 3)。

表 4 1984—2011 年鄱阳湖国家级自然保护区东方白鹤种群数量与气候和水位的逐步线性回归分析

Table 4 Stepwise linear regression analysis for dependent variable of the Oriental White Stork population size and independent variables of climate and water level during 1984–2011

自变量	标准系数	<i>t</i>	<i>P</i>	VIF
常数项		1.150	0.000	
11 月平均最低气温	0.266	2.373	0.028	1.099
2 年前 7 月份高水位持续时间	-0.359	-3.254	0.004	1.068
1 年前 1 月份高水位持续时间	-0.606	-5.383	0.000	1.113

### 3 讨论

本研究对东方白鹳种群动态与水位变化的相关性分析首次揭示出两者之间的显著相关性:鄱阳湖国家级自然保护区28年间东方白鹳种群数量动态与鄱阳湖年最低水位、10月份平均水位、12月份平均水位存在着显著的负相关。夏少霞等(2010)认为,鄱阳湖水位在11~12 m(吴淞高程)时,可以为越冬候鸟提供的栖息地面积最大,水位再升高,栖息地面积急剧减小,当水位超过14 m时,将无法维持现有候鸟的栖息需求。刘成林等(2011)在分析认定鄱阳湖湿地景观分类中水陆过渡带及其上下摆动区(稀疏草滩区和浅水区)为越冬候鸟主要栖息地的基础上,发现水位高低对湿地景观具有重要的影响,水位越高,水陆过渡带(候鸟栖息地)面积越小,鸟类生存空间缩小,水位到13.02 m时水陆过渡区缩小为101.11 km<sup>2</sup>,到14.18 m时则显著缩小,仅有18.01 km<sup>2</sup>,即使加上浅水区和稀疏草滩也仅344.4 km<sup>2</sup>;同时,水位越高,水陆过渡带由远岸向近岸移动,候鸟栖息地越接近人类居住地,成为人类放牧、捕鱼、采摘等的活动地带,候鸟易受到惊扰,人鸟矛盾越剧烈。可见,随着冬季水位的增加,东方白鹳不仅面临栖息地面积的减小,也面临着人类干扰强度的增大,从而对其产生负面影响。

但是,需要注意的是,冬季枯水期鄱阳湖会形成大量碟形湖泊,东方白鹳在这些碟形湖泊中觅食越冬,这些碟形湖泊与鄱阳湖脱离,其水位在很大程度上受到渔业生产的控制(吴英豪和纪伟涛,2002)。枯水期水位对保护区内东方白鹳种群数量的影响,可能通过两个途径发挥作用,一是在地理分布区、家域、取食点等不同尺度上影响动物生境选择的因子是不同的(张明海和李言阔,2005)。鄱阳湖水位在大的尺度上影响东方白鹳的生境利用。二是鄱阳湖水位与碟形湖泊水位之间存在一定程度的相关性。

本研究也发现,保护区东方白鹳种群数量与高水位持续时间存在显著负相关,而且高水位持续时间对东方白鹳种群数量的影响具有时滞效应。一年前1月份高水位持续时间和二年前7月份高水位持续时间是保护区东方白鹳种群数量动态的显著预测因子。鄱阳湖湿地生境受水位变化影响大,植被发育与洲滩淹没、出露时间密切相关,因此鄱阳湖丰水期水位可能对食块茎类功能群[如白鹤和白头鹤(*Grus monacha*)等]、食莎草和禾本科功能群[如灰

雁(*Anser anser*)和豆雁(*Anser fabalis*)等]的冬季食物丰富度存在较大影响。譬如,2010年鄱阳湖夏季出现大洪水,且高水位持续时间长,长时间的水淹对沉水植物的生长及其营养储存器官(如冬芽)的发育带来危机,使冬芽产量大为减少,给很多以冬芽为食的物种带来生存压力(Barzen *et al.*, 2011)。在本研究中,鄱阳湖区东方白鹳的种群数量动态与夏季丰水期各月的水位均没有显著的相关性,这可能与东方白鹳的食性是相关的,因为东方白鹳的食物主要是鱼类,也吃蛙及昆虫等,如泥鳅、青蛙、蝗虫、蝼蛄、龙虱等,因此夏季水位对其食物的影响可能相对较小。二年前7月份的高水位对东方白鹳种群数量的影响可能是通过影响其冬季栖息地的面积和食物资源的可获得性产生作用,具体的作用机制有待进一步的研究。

本研究发现,保护区东方白鹳种群波动与11月份的气温变量存在显著的正相关。东方白鹳一般于10月底到达鄱阳湖,最早到达记录见于2001年和2005年的10月15日(李凤山等,2011)。11月份是东方白鹳到达鄱阳湖的高峰,此时适宜的温度可能有利于提高东方白鹳食物资源的丰富度和可获得性,加速长距离迁徙后能量的恢复,同时也能够降低体温调节所需的能量消耗,吸引更多的个体在保护区内越冬,增加东方白鹳对保护区的利用。缪泸君等(2013)发现,鄱阳湖区气候变化对东方白鹳的影响也具有显著的时滞效应,即越冬初期以及越冬后期的气温变量与2~9年后的种群数量显著正相关。尤其是越冬初期10月份的气温变量与2~5年后的种群数量变化极显著相关,越冬后期2月和3月的气温变量分别与8年后和3年后的种数呈极显著正相关。

### 参考文献

- 程永建, 张俊才. 1991. 鄱阳湖水文气候特征. 江西水利科技, 17(4): 291-296.
- 纪伟涛, 曾南京, 伍旭东, 等. 2000. 1999年春鄱阳湖鹤类和大型水禽航空调查报告. 江西林业科技, (5): 22-25.
- 李凤山, 刘观华, 吴建东. 2011. 鄱阳湖湿地和水鸟的生态研究. 北京: 科学普及出版社.
- 刘成林, 谭胤静, 林联盛, 等. 2011. 鄱阳湖水位变化对候鸟栖息地的影响. 湖泊科学, 23(1): 129-135.
- 缪泸君, 李言阔, 李 佳, 等. 2013. 鄱阳湖国家级自然保护区东方白鹳(*Ciconia boyciana*)种群数量变化与气候的关系. 动物学研究, 34(6): 549-555.

- 王晓鸿. 2004. 鄱阳湖湿地生态系统评估鄱阳湖湿地生态系统评估. 北京: 科学出版社.
- 吴建东, 纪伟涛, 刘观华, 等. 2010. 航空调查越冬水鸟在鄱阳湖的数量与分布. 江西林业科技, (1): 23-28.
- 吴英豪, 纪伟涛. 2002. 鄱阳湖国家级自然保护区研究. 北京: 中国林业出版社.
- 夏少霞, 于秀波, 范娜. 2010. 鄱阳湖越冬候鸟栖息地面积与水位变化的关系. 资源科学, **32**(11): 2072-2078.
- 杨梅, 肖静, 蔡辉. 2012. 多元分析中的多重共线性及其处理方法. 中国卫生统计, **29**(4): 620-624.
- 杨德斌, 张继红. 2000. 多元回归中的多元共线性及其处理. 大同医学专科学校学报, **20**(2): 9-10.
- 张明海, 李言阔. 2005. 动物生境选择研究中的时空尺度. 兽类学报, **25**(4): 395-401.
- 中国野生动植物保护司. 1989. 中华人民共和国野生动物保护法// 国家重点保护野生动物名录. 北京: 中国法制出版社.
- 朱奇, 刘观华, 吴建东. 2012a. 江西鄱阳湖国家级自然保护区自然资源2010年监测年报. 上海: 复旦大学出版社.
- 朱奇, 詹耀煌, 刘观华, 等. 2012b. 2011年冬鄱阳湖水鸟数量与分布调查. 江西林业科技, (3): 1-9.
- Barzen J, Burnham JW, Li FS, *et al.* 2011. How do Siberian Cranes and other tuber feeding birds respond to a flood-induced lack of tubers at Poyang Lake. *Wetlands*, **4**: 6-8.
- Both C, Bouwhuis S, Lessells CM, *et al.* 2006. Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature*, **441**: 81-83.
- Chatterjee S, Price B. 1991. Regression Analysis by Example. 2nd ed. New York: Wiley.
- Crick HQP. 2004. The impact of climate change on birds. *Ibis*, **146**: 48-56.
- Lack D. 1954. The natural regulation of animal numbers. Oxford: Oxford University Press.
- Liu XZ. 1999. Preliminary analysis on wintering waterfowl survey in Poyang Lake// Wetlands International China Programme Publication Newsletter for Wetlands 4. Beijing: Wetlands International China: 9-10.
- Parmesan C, Yohe G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, **421**: 37-42.
- Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, *et al.* 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- Stenseth NC, Mysterud A, Sen G, *et al.* 2002. Ecological effects of climate fluctuations. *Science*, **297**: 1292-1296.
- Walther GR, Post E, Convey P, *et al.* 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, **416**: 389-395.
- 
- 作者简介** 李言阔, 1979年生, 博士, 副教授, 从事动物生态学研究。E-mail: liyankuo@126.com
- 责任编辑** 张敏
-