

升金湖湿地土地利用对鹤类栖息地及种群数量的影响

王 成, 董 斌, 彭文娟, 陈凌娜, 黄 慧, 叶小康, 朱 鸣, 吕 典,
倪燕华, 赵抗抗, 张双双

(安徽农业大学 理学院, 安徽 合肥 230036)

摘要: 升金湖湿地是中国重要的越冬鹤类 Gruidae 栖息地, 通过对升金湖湿地鹤类种群和栖息地的变化研究, 为鹤类及栖息地保护提出建设性建议。选取 1986-2015 年 8 期 TM 遥感影像, 运用土地利用程度变化模型, 计算 1986-2015 年土地利用综合指数, 得到不同时期土地利用程度变化值。采用土地利用转化率法, 计算升金湖湿地 1986-2015 年土地利用转移概率, 分析越冬鹤类栖息地的转移情况。结果表明: 各时期土地利用程度变化波动较大, 土地利用程度综合指数为 220~260, 土地利用以林地、草滩地和水域为主, 对栖息地影响有限; 鹤类栖息地中草滩地保留率最高, 达 34.44%。芦苇 *Phragmites australis* 滩地保留率最低, 仅为 15.36%, 芦苇滩地主要转移为草滩地和旱地, 分别为 23.22%和 18.16%。泥滩地主要转移为水域和农田, 分别为 31.79%和 27.75%; 除 2011-2015 年, 其他各时期栖息地面积变化与鹤类数量增减趋势基本一致。图 3 表 5 参 21

关键词: 动物学; 鹤类; 栖息地; 土地利用变化; 升金湖湿地; 遥感影像

中图分类号: S718.63

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2018)03-0511-08

Influence of land-use change on the crane habitat and population in Shengjin Lake Wetland

WANG Cheng, DONG Bin, PENG Wenjuan, CHEN Lingna, HUANG Hui, YE Xiaokang, ZHU Ming,
LÜ Dian, NI Yanhua, ZHAO Kangkang, ZHANG Shuangshuang

(College of Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, Anhui, China)

Abstract: Shengjin Lake Wetland is an important habitat for winter cranes of China, and changes of land-use structures in the area have had a vital influence on winter cranes and their habitat. According to the study on the changes of the population and habitat of the cranes in the Shengjin Lake Wetland, a constructive suggestion for the cranes and habitat protection would be presented. TM remote sensing images for years 1986-2015 were selected, and a land-use change model was used to calculate the comprehensive index of land-use of the years from 1986 to 2015, and the change value of land-use degree in different periods was obtained. The land-use transformation method was employed to calculate the transfer probability of land-use of Shengjin Lake Wetland during the period from 1986 to 2015, and the transfer of the winter crane habitat was analyzed. Results showed that the degree of land-use change fluctuated greatly in different periods with a comprehensive index of land-use degree between 220 and 260. Also land-use was based on woodlands, marshlands, and waters and their effect on the habitat was limited; marshland had the highest retention rate among the crane habitats being 34.44%. Reed beach land had the lowest rate at only 15.36% and was mainly transferred to marsh (23.22%) and dry land (18.16%). Mud was mainly transferred to water (31.79%) and farmland (27.75%). Thus, except for the period from 2011 to 2015, the change in habitat area was basically consistent with the change in the

收稿日期: 2017-06-27; 修回日期: 2017-11-02

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(41571101); 安徽省智慧城市与地理国情监测重点实验室开放性课题基金资助项目(2016-K-04Z)

作者简介: 王成, 从事土地信息技术及 3S 管理研究。E-mail: 1250029631@qq.com。通信作者: 董斌, 教授, 博士, 从事土地资源监测与评价等研究。E-mail: dbhy123@sina.com

number of cranes. [Ch, 3 fig. 5 tab. 21 ref.]

Key words: zoology; cranes; habitat; land-use change; Shengjin Lake Wetland; remote sensing images

鹤类 Gruidae 是国际重点野生保护动物, 世界上的鹤类仅 15 种, 其中 11 种在世界自然保护联盟 (IUCN) 物种红色名录中列为濒临灭绝物种^[1]。湿地土地利用变化直接或间接影响湿地生态系统结构和功能, 对越冬鹤类栖息地产生影响。保持湿地生物多样性, 保护湿地水禽, 促使众多学者对湿地水禽及栖息地开展研究。SU 等^[2]定性研究了沙丘鹤 *Crus canadensis* 生境选择的影响因素。FAIRBAIRN 等^[3]研究了依阿华州湿地水禽数量与自然湿地面积之间的关系。冯晓东^[4]认为, 土地利用变化会对物种多样性产生影响。各种研究^[5-11]表明, 人类活动、水坝及河流改道、农业开发对土地利用结构产生直接影响, 从而影响鹤类。目前, 学者对于湿地土地利用变化对水鸟的数量、种群影响研究较为细致, 但针对湿地土地利用变化对越冬鹤类栖息地的影响研究还比较少。鉴于此, 本研究选取升金湖湿地 1986-2015 年 8 期 TM 影像, 结合实地调查, 运用土地利用综合指数模型, 分析人类活动对土地利用变化的综合效应; 利用土地利用转换率法, 分析区域中各类景观类型的转化状况, 揭示越冬鹤类栖息地转移比率。

1 研究区概况

升金湖湿地位于长江中下游, 在安徽省南部池州市, 与安庆市隔江相望, 1986 年建立成为省级自然保护区, 1997 年晋升为国家级自然保护区(图 1)^[12]。2015 年末, 升金湖湿地入编《国际重要湿地名录》, 被列为世界 40 个有国际意义的湿地保护区之一。保护区由升金湖及周围的其他土地利用类型共同组成, 总面积为 33 340 hm²。升金湖分为上湖、中湖和下湖, 是长江中下游区域内陆淡水湖泊湿地生态系统保存最为完整的地域之一^[13]。升金湖面积宽广, 系统生物量很高, 吸引了多达 66 种水鸟前来越冬, 越冬鹤类主要有白头鹤 *Grus monacha*, 白枕鹤 *Grus vipio*, 白鹤 *Grus leucogeranus* 和灰鹤 *Grus grus* 等, 有“中国鹤湖”之称^[14]。据 2008-2009 年冬季的升金湖越冬水鸟调查, 升金湖 4 种鹤类主要集中于上湖区^[15]。升金湖不仅为鸟类迁徙提供很好的栖息地, 而且其丰富的物产也是越冬鸟类必要的食物来源^[13]。

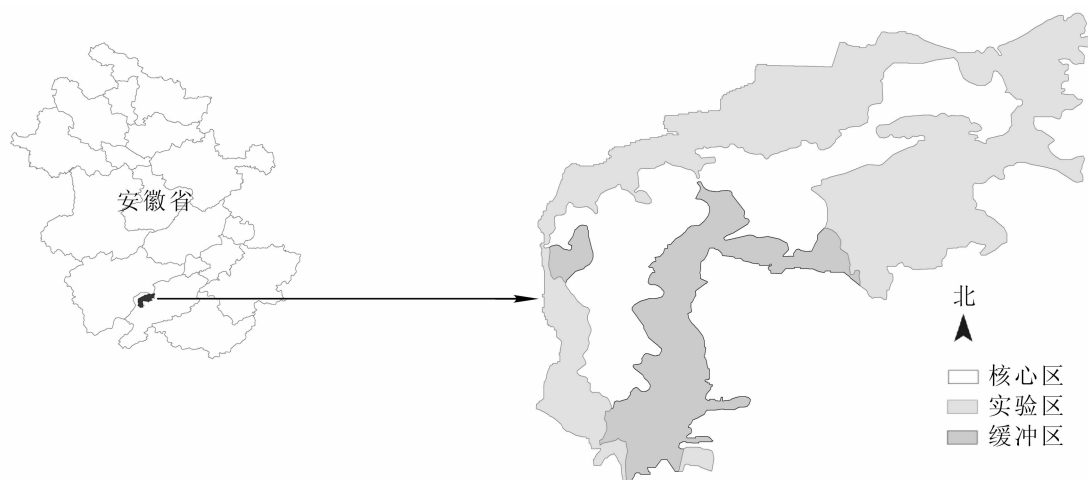


图 1 升金湖湿地的区域位置示意

Figure 1 Shengjin Lake Wetland

2 数据与方法

2.1 数据来源及预处理

土地利用类型数据为升金湖湿地 1986 年、1990 年、1995 年、2000 年、2004 年、2008 年、2011 年和 2015 年 8 期同时相的 TM 遥感影像, 同时参考升金湖鸟类数据^[15], 借鉴《东至县统计年鉴》《池州市统计年鉴》等资料, 分析湿地内越冬期土地利用类型变化, 反映其对越冬鹤类栖息地影响。

8 期 TM 遥感影像成像时间为各年的 12 月或 1 月, 其中 1986 和 1990 年为 Landsat-4 卫星数据,

1995 年、2000 年、2004 年、2008 年和 2011 年为 Landsat-5 数据，2015 年为 Landsat-8 数据，波段空间分辨率均为 30 m。

实地调查鹤类栖息地选择的影响因素，结合《湿地公约》分类系统和《全国湿地资源调查与监测技术规程》，同时根据升金湖保护区湿地土地利用类型的实际情况，将升金湖湿地土地利用类型划分为水域、泥滩地、草滩地、芦苇 *Phragmites australis* 滩地、林地、旱地、水田、建设用地等 8 类(表 1)。采用二元多项式几何校正对遥感影像进行预处理，利用 ERDAS 软件进行遥感影像的初步规则裁剪，然后将图像在 Arc GIS 中对升金湖保护区的行政边界进行精准裁剪，获得升金湖湿地 8 期遥感影像分布图(图 2)。

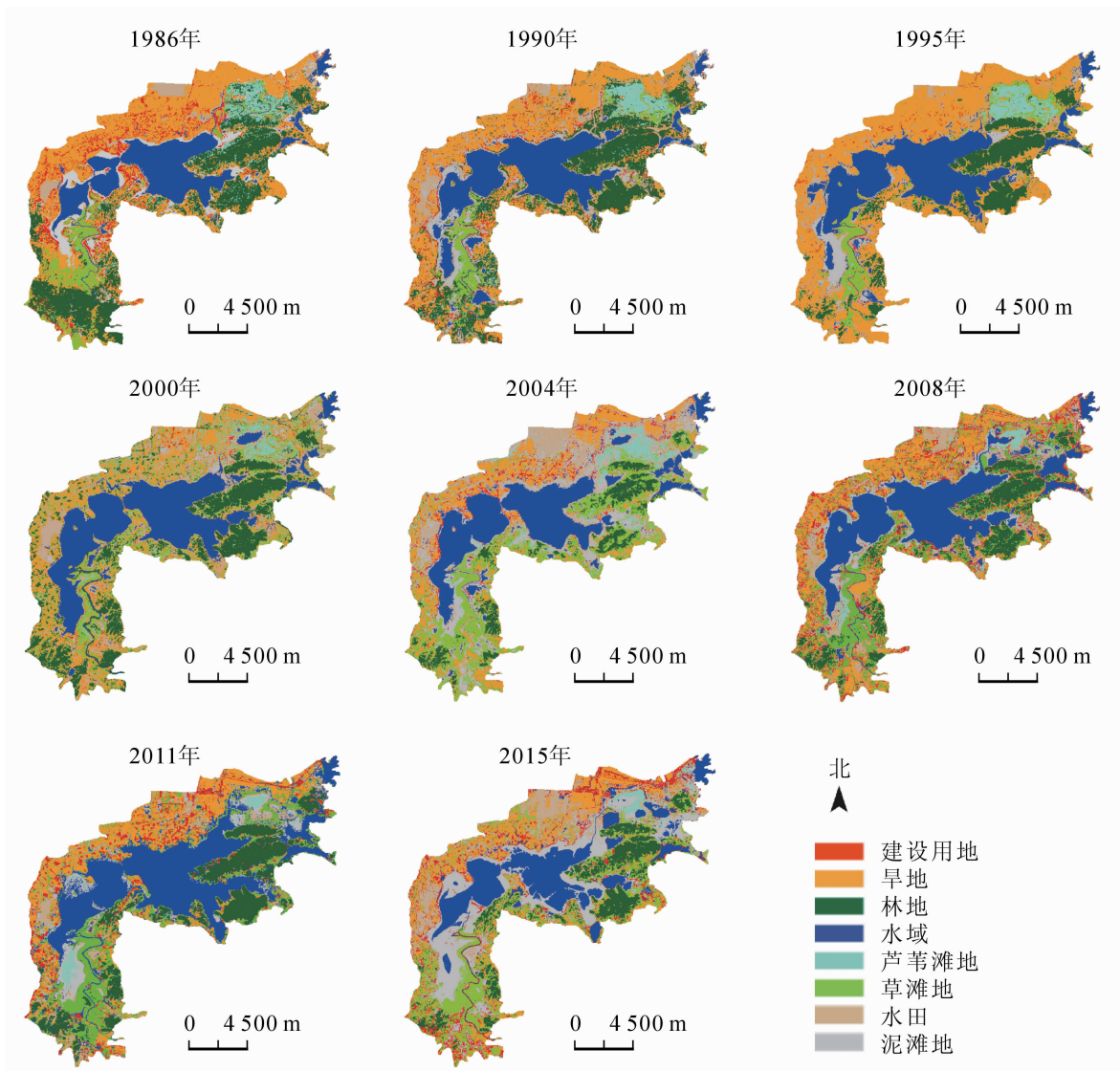


图 2 升金湖湿地 1986–2015 年土地利用分布

Figure 2 Distribution of land-use of Shengjin Lake Wetland in 1986–2015

2.2 土地利用程度变化

根据土地利用类型分类，并结合土地利用类型分级表^[16]，得到表 2。土地利用综合指数模型计算公式为：

$$L=100\% \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad (1)$$

式(1)中： L 为研究区土地利用程度综合指数； A_i 为研究区第*i*类土地利用类型的分级指数； C_i 为研究区第*i*类土地利用类型占整个研究区的面积百分比； n 为土地利用程度的分类种数。

土地利用程度变化计算公式为：

表1 升金湖湿地土地利用类型面积统计

Table 1 Land-use area statistics of Shengjin Lake Wetland

土地利用类型	1986年		1990年		1995年		2000年	
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
水域	5 356.21	16.07	6 493.95	19.48	7 797.78	23.39	8 454.53	25.36
水田	1 519.02	4.56	3 610.35	10.83	2 896.74	8.69	2 915.50	8.74
林地	6 163.64	18.49	6 615.63	19.84	4 085.10	12.25	5 688.74	17.06
芦苇滩地	3 310.70	9.93	1 299.24	3.90	1 163.79	3.49	1 958.40	5.87
旱地	10 195.74	30.58	10 002.70	30.00	12 863.79	38.58	7 836.79	23.51
泥滩地	2 668.95	8.01	2 184.06	6.55	1 008.99	3.03	699.55	2.10
草滩地	2 983.78	8.95	1 950.03	5.85	2 243.16	6.73	4 118.58	12.35
建设用地	1 141.96	3.43	1 184.04	3.55	1 280.65	3.84	1 667.90	5.00

土地利用类型	2004年		2008年		2011年		2015年	
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
水域	7 216.65	21.65	8 592.26	24.77	9 202.16	27.60	5 946.17	17.83
水田	3 547.62	10.64	3 525.23	10.57	2 003.85	6.01	3 186.00	9.56
林地	2 231.37	6.69	3 338.37	10.01	4 286.52	12.86	3 089.88	9.27
芦苇滩地	1 213.47	3.64	1 073.97	3.22	1 753.53	5.26	415.08	1.24
旱地	5 506.92	16.52	5 932.40	17.79	5 875.92	17.62	4 782.90	14.35
泥滩地	5 102.91	15.31	1 990.89	5.97	2 075.58	6.23	6 585.48	19.75
草滩地	6 223.41	18.67	5 872.68	17.61	5 531.85	16.59	5 825.07	17.47
建设用地	2 297.65	6.89	3 014.20	9.04	2 610.59	7.83	3 509.42	10.53

$$\Delta I_{b-a} = I_b - I_a = \left(\sum_{i=1}^n A_i \times C_{ib} - \left(\sum_{i=1}^n A_i \times C_{ia} \right) \right) \times 100. \quad (2)$$

式(2)中: I_a 、 I_b 分别为研究区 a 时期和 b 时期的土地利用程度综合指数; C_{ia} 、 C_{ib} 分别为 a 时期和 b 时期第 i 类土地的土地利用面积。当 $\Delta I_{b-a} > 0$ 时, 表明该地区土地利用处于发展期, 当 $\Delta I_{b-a} < 0$ 时, 表明该区域土地利用处于衰退期。

2.3 土地利用转化率

在土地利用变化研究中, 转移矩阵法用以分析区域中各种地类的转化状况。本研究通过 Arc GIS 对处理好的升金湖影像分布图进行空间分析, 利用组分转移率(T_{ij})来分析土地利用的动态变化。其计算公式为:

$$T_{ij} = \sum_{i=1}^n A_{ji} / A_{T_i}. \quad (3)$$

式(3)中: A_{ji} 为第 j 种组分向第 i 种组分转移的面积, A_{T_i} 为比较初始年份该组分的总面积, n 为地类数量^[17]。

3 结果与分析

3.1 土地利用程度变化对栖息地的影响

从表3可以看出: 1986~2015年升金湖湿地的土地利用程度综合指数介于220~260, 说明升金湖保护区的土地利用以第2等级的林地、草滩地、水域为主。1990年土地利用程度由1986年的224.05增为237.49, 增加了13.43, 1995年又在1990年的基础上增加了10.95, 表明升金湖土地利用在发展利用状态中(表3和表4)。同时, 升金湖林地、草地面积减少, 旱地面积大幅增加, 说明这一时期人类对林地的毁林开垦、开荒活动, 引起了土地利用程度的加大, 草滩地面积减小; 受自然因素影响, 泥滩地、芦苇滩地面积萎缩, 栖息地面积减小(表1)。

1995~2000年、2000~2004年土地利用变化分别为-14.15和-12.29, 土地利用程度降低, 这2个时

表2 土地利用程度分级赋值

Table 2 Land use type classification

地级	土地利用类型	分级指数
未利用地级	泥滩地、芦苇滩地	1
林、草、水用地级	林地、草滩地、水域	2
农业用地级	耕地、水田	3
城镇聚落地级	建设用地	4

表 3 土地利用综合指数

Table 3 Comprehensive index of land use degree

年份	土地利用综合指数	年份	土地利用综合指数
1986	224.05	2004	222.00
1990	237.49	2008	237.28
1995	248.44	2011	227.81
2000	234.28	2015	223.96

表 4 土地利用程度变化

Table 4 Degree of land use change

年份	土地利用程度变化	年份	土地利用程度变化
1986-1990	13.43	2004-2008	15.26
1990-1995	10.95	2008-2011	-9.45
1995-2000	-14.15	2011-2015	-3.85
2000-2004	-12.29	1986-2015	-0.10

间段内旱地的面积大量减少, 从 1995 年占整个保护区的 38.58% 减少到 2004 年的 16.52%, 土地利用活动减少。由于人类利用程度的降低, 草滩地、芦苇滩地、泥滩地面积持续增加。

2004-2008 年土地利用综合指数由 222.00 增加到 2008 年的 237.28, 在这段时间内建设用地面积所占比例越来越高, 其他地类面积变化比例不大; 2008-2011 年、2011-2015 年土地利用程度变化分别为 -9.45 和 -3.85, 土地利用程度降低, 耕地面积总体减少, 泥滩地面积大幅度增加, 栖息地总面积增加。

3.2 土地利用变化对栖息地的影响

升金湖湿地鹤类栖息地中草滩地保留率最高, 达 34.44%(表 5)。在转变为草滩地的地类中林地转移率最高, 达 26.37%; 芦苇滩地转移率较高, 达 23.22%。芦苇滩地与草滩地交错分布(图 2), 因此, 转变为草滩地较高, 为 23.22%。草滩地转变为旱地较高, 达 20.98%。可见, 鹤类栖息地向农业生产用地转化趋势明显。

泥滩地保留率为 17.26%, 由于临近湖区, 枯水期水位较低, 水域转变为泥滩地, 为 21.37%; 丰水期湖水淹没部分区域, 泥滩地转变为水域, 为 31.79%。泥滩地转变为水田概率最高, 达 27.75%, 这与泥滩地土壤养分高和取水便捷有关。芦苇滩地保留率最低, 仅为 15.36%。因为芦苇滩地受水位影响显著, 丰水期和降雨较多年份, 水位上涨, 芦苇滩地面积减少; 枯水期和降雨较少年份, 湖水退去, 芦苇滩地转变为草滩地, 为 23.22%。受人口增加和城镇化影响, 1986-2015 年有 18.16% 的芦苇滩地转变为旱地。

升金湖湿地 8 种土地利用类型中保留率最高的是建设用地 74.16% 和水域 73.39%。因为建设用地开发强度大, 很难转变为其他非建设用地类型; 同时, 随着城镇化的发展, 建设用地面积不断扩张。水域面积受季节降水量和上游来水量影响较大, 年际间变化较小, 且保护区内生态保护较好, 人类占用水域开发建设较少。

3.3 栖息地面积变化与越冬鹤类数量变化趋势

1986-2015 年升金湖湿地越冬鹤类栖息地中草滩地面积总体呈增加趋势(图 3)。其中, 1995-2004 年间增长最快, 2004-2015 年间面积基本保持不变; 泥滩地面积受水位等因素影响趋势起伏较大, 但面积总体呈扩大趋势; 芦苇滩地面积呈持续下降趋势, 趋向于向草滩地和旱地转化。栖息地面积 1986-1995 年持续减少, 1995-2015 年总体持续增加, 越冬鹤类栖息地总面积在 1986-2015 年呈曲折上升的趋势。

近 30 a 的观测及统计表明: 鹤类数量变化急剧, 由顶峰时期近 1 200 只, 下降到如今不足百只。而

表 5 升金湖湿地 1986-2015 年土地利用的转移率

Table 5 Transfer probability of land-use in Shengjin Lake Wetland in 1986-2015

项目	2015 年转移率/%							
	水域	泥滩地	草滩地	芦苇滩地	水田	旱地	林地	建设用地
1986 年	73.39	21.37	0.46	0.17	3.27	0.45	0.02	0.87
	31.79	17.26	6.05	3.00	27.75	9.80	1.00	3.40
	7.84	5.08	34.44	5.59	8.42	20.98	11.44	6.22
	6.51	5.62	23.22	15.36	11.14	18.16	14.51	5.48
	28.96	22.23	5.75	2.53	21.75	10.45	1.23	7.61
	4.88	1.28	19.78	4.81	11.97	39.48	5.76	6.87
	2.75	4.92	26.37	2.86	7.82	19.75	29.55	5.98
	1.75	7.45	6.96	1.61	0.54	3.16	4.37	74.16

2011–2015年升金湖湿地水域面积缩小近3300 hm²。其他年间,越冬鹤类数量与栖息地面积增减趋势同样较为一致,说明栖息地面积的增减很大程度上影响了升金湖越冬鹤类种群和数量。

3.4 栖息地空间格局变化对鹤类影响

对升金湖湿地8种土地利用类型面积统计发现,泥滩地面积从1986年到2015年是波动增加的(表1)。同时,由于升金湖上湖区地势较高以及河流汇入,因此泥滩地主要集中在此;根据1986–2015年8期影像可以判断,草滩地主要集中于升金湖东南方向,即上湖区,东北方向下湖区历年都有零散分布(图2);芦苇滩地30 a间面积变化不大,主要分布在下湖区,其他地方亦有零散分布。综上所述,1986–2015年升金湖湿地鹤类栖息地分布较为集中,泥滩地和草滩地主要聚集于上湖区,芦苇滩地主要聚集于下湖区,这些空间分布特征也符合2008–2009年冬季水鸟调查报告以及实地调查的结果,越冬水鸟主要分布于上湖区,下湖区和沿岸有少量分布。

综上所述,1986–2015年升金湖湿地鹤类栖息地分布较为集中,泥滩地和草滩地主要聚集于上湖区,芦苇滩地主要聚集于下湖区,这些空间分布特征也符合2008–2009年冬季水鸟调查报告以及实地调查的结果,越冬水鸟主要分布于上湖区,下湖区和沿岸有少量分布。

4 讨论

鹤类栖息地的选择应满足易觅食和隐蔽性好2个条件^[10]。鹤类一般选择在有浅水的芦苇沼泽等地栖息,这些地方不仅为其提供丰富的食物资源,也为鹤类提供了良好的隐蔽场所^[18]。由于潮汐和水体的冲淤,泥滩地中保留了大量营养物质和植物果实等,为鹤类生存提供了充足的食物^[19]。升金湖草滩地主要植物种类有藨草 *Phalaris arundinacea* 和愉悦蓼 *Polygonum jucundum* 等^[20]。这些植物广泛分布于升金湖湖区周边,高度为60~150 cm,满足鹤类隐蔽和觅食需求。林地隐蔽条件好,但缺乏鹤类食物资源,不宜作为鹤类主要栖息地。美国佛罗里达州的水鸟研究表明,水鸟有效觅食水深不超过40 cm^[21]。升金湖冬季枯水期虽然水位较低,但大部分水域水位超过50 cm,且湖区隐蔽条件较差,不适宜作为鹤类主要栖息地。由于复杂的食性特性,鹤类能够在多种生境类型中生存,农田也是鹤类重要的觅食地。但是人类生产、生活活动对野生动物觅食、栖息影响很大,故农田和建设用地不宜作为鹤类栖息地。综合以上分析,并结合已有研究表明,鹤类在升金湖湿地保护区内的主要栖息地为芦苇滩地、泥滩地和草滩地。

土地利用程度反映出人类对土地利用的广度和深度,1986–2015年的不同时期由于人类对土地利用程度的不同,引发了不同地类面积的增减变化。1986–1995年土地利用程度持续增加,建设用地面积和耕地面积增加,林地和草滩地面积减少,毁林开垦,围湖造田等人类活动造成鹤类栖息地面积持续减少,鹤类数量由1986年的1199只下降到1995年的256只。因此,升金湖自然保护区在保护鹤类栖息地时,应合理安排工、农业生产活动,减少对越冬水鸟觅食栖息地的影响。

芦苇滩地、泥滩地和草滩地生长大量底栖生物和禾本科 Gramineae 植物,这些都是鹤类重要的觅食资源,因此,这3种主要栖息地的面积变化对鹤类数量变化影响巨大。从30 a整体趋势来看,栖息地面积波动增长而鹤类数量呈现曲折下降,反映出1986–2015年虽然鹤类栖息地面积总体增加,但是鹤类觅食和栖息环境并没有改善,通过鹤类重要的觅食来源的水田和旱地面积看出,农田总面积由1986年的约11714 hm²减少到2015年的约7968 hm²,面积减少近1/3。同时,人类耕作大量使用农药化肥,这些都对鸟类觅食构成严重威胁,这些因素都导致了鹤类数量显著减少。

土地利用格局的相互转化一定程度上反映出土地利用方式的演变。对升金湖湿地1986–2015年土地利用转移矩阵分析可以判断,鹤类栖息地中草滩地保留率最高,因为草滩地主要分布在地势较高的上湖区,且远离水面,受水位影响较小。林地转变为草滩地最高,这反映出当地毁林开荒、乱砍滥伐现象较为严重。泥滩地和芦苇滩地保留率较低,均小于20.00%。这与2种地类均临近水域有关,受水位影响很大,泥滩地在30 a内有31.79%转变为水域。与此同时,草滩地和泥滩地转变为旱地和水田概率较高,农

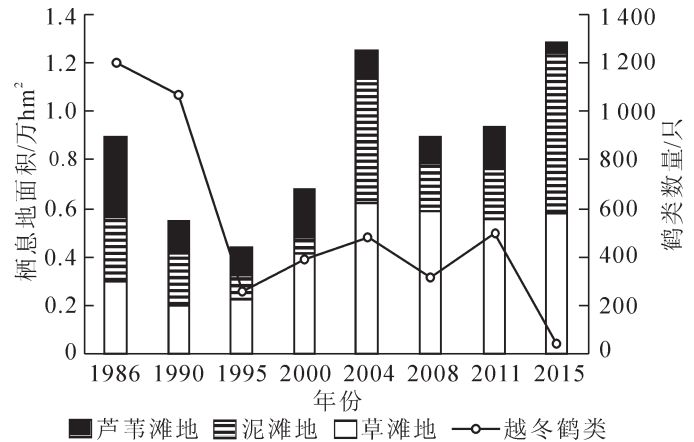


图3 升金湖湿地越冬鹤类数量与栖息地面积变化

Figure 3 Changes of wintering cranes numbers and habitat of Shengjin Lake Wetland

民破坏鹤类栖息地进行农业耕植, 给当地鹤类保护工作带来了严峻的挑战。

栖息地面积大小和质量高低很大程度上影响了越冬鹤类种群数量, 虽然 1986–2011 年各时期鹤类数量与栖息地面积保持相同增减趋势, 但是 2011–2015 年栖息地面积增长, 鹤类数量却急剧减少。这是由于近年来升金湖水产养殖业快速发展, 渔业资源遭到人类掠夺, 影响到鹤类的食物来源, 同时人口增加、城镇化、农业机械化和农药化肥的大量使用都对鹤类栖息环境造成一定的人为干扰。这都对鹤类觅食和隐蔽栖息产生了显著的影响。这反映出升金湖湿地管理单位只注重保护和增加栖息地面积, 但缺乏对于栖息地质量的提高以及湖区整体生态环境的保护。

对鹤类栖息地空间格局变化分析发现, 鹤类栖息地主要集中分布于上湖区和下湖区, 其中泥滩地和草滩地主要分布于上湖区沿岸以及河流周围。因为泥滩地靠近河岸, 受水位影响明显, 因此受年际间的降水量以及长江等河流水位影响很大。同时, 2003 年三峡大坝开始蓄水, 加上冬春季降水较少, 升金湖水持续下降, 湖底裸露形成大面积泥滩地。草滩地的空间分布主要受东南方向张溪河影响, 河流两岸地势平坦且比湖中地势高, 因此形成与河流流向一致的大面积草滩地。而芦苇滩地主要集中于下湖区, 因为下湖区地势较低, 枯水期水资源丰富, 鱼虾密集, 且适宜芦苇等植物生长, 为鹤类提供了隐蔽场所和食物来源。

5 参考文献

- [1] HARRIS J, MIRANDE CLAIRE. A global overview of cranes: status, threats and conservation priorities [J]. *Chin Bird*, 2013, 4(3): 189 – 209.
- [2] SU Liying, BARZEN J A, MOERMOND T C. Spatial and temporal patterns of habitat-use by Sandhill cranes in an agricultural land scape of central Wisconsin [C]// 中国鸟类学会, International Crane Foundation. 国际鹤类学术研讨会论文集摘要. 北京: 中国鸟类学会, International Crane Foundation, 2002: 26.
- [3] FAIRBAIRN S E, DINSMORE J J. Local and landscape-level influences on wetland bird communities of the prairie pothole region of Iowa, USA [J]. *Wetlands*, 2001, 21(1): 41 – 47.
- [4] 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.
FENG Xiaodong. *Conservation Effects Assessment of Zhalong Nature Reserve based on Res-crowned Crane Protection* [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2013.
- [5] JIAO Shengwu, ZENG Qing, SUN Gongqi, et al. Improving conservation of cranes by modeling potential wintering distributions in China [J]. *J Resour Ecol*, 2016, 7(1): 44 – 50.
- [6] 陈锦云. 安徽沿江湖泊越冬水鸟群落结构研究[D]. 合肥: 安徽大学, 2011.
CHEN Jinyun. *Study on the Community Structure of Waterbirds Wintering at the Lakes in Yangtze River Floodplain in Anhui Province* [D]. Hefei: Anhui University, 2011.
- [7] 贾亦飞. 水位波动对鄱阳湖越冬白鹤及其他水鸟的影响研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
JIA Yifei. *Impact of Water Level Fluctuation on Siberian Crane and Other Wintering Waterbirds in Poyang Lake* [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2013.
- [8] 陈锦云, 周立志, 周波, 等. 安徽沿江两个浅水型湖泊越冬水鸟的季节动态[J]. 动物学研究, 2011, 32(5): 540 – 548.
CHEN Jinyun, ZHOU Lizhi, ZHOU Bo, et al. Seasonal dynamics of wintering waterbirds in two shallow lakes along Yangtze River in Anhui Province [J]. *Zool Res*, 2011, 32(5): 540 – 548.
- [9] 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[J]. 动物学杂志, 2005, 40(4): 45 – 50.
ZOU Hongfei, WU Qingming, NIU Maogang. Comparing of feeding habitat selection between the wild and semi-domestic white-naped crane during the pre-breeding period in Zhalong Wetland [J]. *Chin J Zool*, 2005, 40(4): 45 – 50.
- [10] 吴庆明, 邹红菲, 金洪阳, 等. 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[J]. 生态学报, 2013, 33(20): 6470 – 6477.
WU Qingming, ZOU Hongfei, JIN Hongyang, et al. A multi-scale feeding habitat selection of red-crowned crane during spring migration at the Shuangtaikou Nature Reserve, Liaoning Province, China [J]. *Acta Ecol Sin*, 2013, 33(20): 6470 – 6477.

- [11] 王兵兵. 土地格局时空变化对黄河口湿地鹤类的生境影响研究[D]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2012.
WANG Bingbing. *Land Pattern Temporal-spatial Dynamics and Effects on Crane Suitable in Yellow River Delta Wetland* [D]. Qingdao: China University of Petroleum (East China), 2012.
- [12] 国家林业局湿地保护管理中心, 中华人民共和国国际湿地公约履行办公室. 湿地中国[EB/OL]. (2017-08-11). <http://www.shidi.org/>.
- [13] 汪庆. 基于土地利用变化下的生态系统服务价值评估: 以升金湖国家自然保护区为例[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2015.
WANG Qing. *Research on Evaluation of Ecosystem Services Value Based on Land-use Change: Take National Nature Reserve in Shengjin Lake as an Example* [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2015.
- [14] 程元启, 何山春, 徐文彬, 等. 升金湖湿地资源与保护对策研究[J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2008, 32(2): 90 - 94.
CHENG Yuanqi, HE Shanchun, XU Wenbin, *et al.* The study on wetland resources and protection strategies in Shengjin Lake [J]. *J Anhui Univ Nat Sci Ed*, 2008, 32(2): 90 - 94.
- [15] 张永. 安徽升金湖国家级自然保护区鸿雁越冬生态学研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2009.
ZHANG Yong. *Preliminary Research of Swan Geese (Anser cygnoides) Wintering Ecology at Shengjin Lake* [D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2009.
- [16] 吴秋敏, 吕恒. 江苏省近 30 年来的土地利用变化的区域差异分析[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(5): 670 - 676.
WU Qiumin, LÜ Heng. Analysis on differences of regional land use change in Jiangsu Province over recent 30 years [J]. *J Geo-Inform Sci*, 2009, 11(5): 670 - 676.
- [17] BARBIER E B, KOCH E W, SILLIMAN B R, *et al.* Coastal ecosystem-based management with nonlinear ecological functions and values [J]. *Science*, 2008, 319(5861): 321 - 323.
- [18] 杨李, 董斌, 汪庆, 等. 安徽升金湖国家级自然保护区水鸟生境适宜性变化[J]. 湖泊科学, 2015, 27(6): 1027 - 1034.
YANG Li, DONG Bin, WANG Qing, *et al.* Habitat suitability change of water birds in Shengjinhu National Nature Reserve, Anhui Province [J]. *J Lake Sci*, 2015, 27(6): 1027 - 1034.
- [19] 刘靓靓, 周忠泽, 田焕新, 等. 升金湖自然保护区维管植物群落类型及区系研究[J]. 生物学杂志, 2016, 33(5): 40 - 46.
LIU Jingjing, ZHOU Zhongze, TIAN Huanxin, *et al.* Vascular plant community types and flora in Shengjin Lake National Nature Reserve [J]. *J Biol*, 2016, 33(5): 40 - 46.
- [20] 许李林, 徐文彬, 孙庆业, 等. 升金湖植物区系及其群落演变[J]. 武汉植物学研究, 2008, 26(3): 264 - 270.
XU Lilin, XU Wenbin, SUN Qingye, *et al.* Flora and vegetation in Shengjin Lake [J]. *J Wuhan Bot Res*, 2008, 26(3): 264 - 270.
- [21] 夏少霞, 于秀波, 范娜. 鄱阳湖越冬季候鸟栖息地面积与水位变化的关系[J]. 资源科学, 2010, 32(11): 2072 - 2078.
XIA Shaoxia, YU Xiubo, FAN Na. The wintering habitats of migrant birds and their relationship with water level in Poyang Lake, China [J]. *Resour Sci*, 2010, 32(11): 2072 - 2078.