湿地公园水稻田冬季水鸟分布及其栖息地特征*

刘琳琳[1] 朱 颖[1,2] 李 欣[2,3] 谢 冬[4] 王任翔[5] 冯育青[2,3]

1 苏州科技大学建筑与城市规划学院 江苏苏州 215011
2 江苏太湖湿地生态系统国家定位观测站 江苏苏州 215000
3 苏州市湿地保护管理站 江苏苏州 215000
4 南京林业大学生物与环境学院 南京 210037
5 苏州市林学会 江苏苏州 215011

摘要：稻田是我国人工湿地的重要组成部分。为探究冬季稻田管理模式对湿地水鸟多样性保护及栖息生境改善的重要意义，2017 年 12 月至 2018 年 2 月及 2018 年 11 月，采用样带法对天福国家湿地公园冬季休耕蓄水区和传统稻田的水鸟种群进行调查，对比水鸟种群及栖息地特征。结果表明：1）冬季休耕蓄水区记录 4 目 7 科 25 种水鸟，鸻鹬类占 36%，鹭类占 28%，雁鸭类占 24%；传统稻田湿地共 3 目 5 科 10 种，其中鸻鹬类和鹭类分别占 30%，无雁鸭类水鸟。2）冬季蓄水区水鸟多样性及物种丰富度较高，水鸟优势种群数量明显增多，Shannon-Wiener 多样性指数（1.64）高于传统稻田（1.50），水鸟均匀度指数（0.84）低于传统稻田（1.37），相似性系数为 0.51。3）冬季休耕蓄水区的水面面积、水位、食物、植被覆盖度是影响水鸟种数增多的重要因子，营巢地、停歇点也是影响冬季水鸟栖息的因素。因此，冬季稻田休耕蓄水管理的实施能够对生物多样性保护与提升发挥积极作用。

关键词：稻田；冬季休耕蓄水区；冬季水鸟；栖息地；天福国家湿地公园
DOI：10.12169/zgcsly.2022.08.10.0001

Wintering Waterfowl Distribution at Paddy Fields in Wetland Park and Their Habitat Characteristics

Liu Linlin[1] Zhu Ying[1,2] Li Xin[2,3] Xie Dong[4] Wang Renxiang[5] Feng Yuqing[2,3]

(1. School of Architecture and Urban Planning, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215011, Jiangsu, China; 2. National Positioning Observatory of Taihu Lake Wetland Ecosystem, Suzhou 215000, Jiangsu, China; 3. Suzhou Wetland Conservation Management Station, Suzhou 215000, Jiangsu, China; 4. College of Biology and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 5. Suzhou Society of Forestry, Suzhou 215011, Jiangsu, China)

Abstract: Paddy fields are an important part of constructed wetland in China, and exploring the management mode of paddy fields in winter is of great significance to the protection of waterfowl diversity and the improvement of their habitats in wetland. From December 2017 to February 2018 and November 2018, the waterfowl population was investigated using belt transect method at the winter fallow area for water storage and at traditional paddy field in Tianfu National Wetland Park, and the waterfowl population

收稿日期：2022-08-10
* 基金项目：教育部人文社会科学研究项目（17YJAZH137）；苏州科技大学风景园林学学科建设项目；江苏省企业研究生工作站项目；江苏省太湖湿地生态系统国家定位观测研究站项目
第一作者：刘琳琳（1997-），女，硕士，研究方向为地域生态环境与景观规划。E-mail：Liulinlin725@163.com
通信作者：朱颖（1973-），女，博士，教授，研究方向为地域生态环境与景观规划。E-mail：zhuying@mail.usts.edu.cn
冯育青（1970-），研究员级高级工程师，博士，从事苏州市湿地保护与修复实践。E-mail：szwetland@163.com

and their habitat characteristics at the two sites are also compared. The results show that: 1) In the winter fallow area for water storage, 25 species of waterfowl in 4 orders and 7 families are recorded , of which cormorants, herons and geese and ducks account for 36%, 28% and 24%, respectively, while 10 species in 3 orders and 5 families are found in the traditional paddy field wetland, of which cormorants and herons take up 30%, respectively, and no geese and ducks are recorded; 2) The diversity and species richness of waterfowls in the winter fallow area for water storage are higher, with the significant increase in dominant population of waterfowls. Its diversity index of Shannon-Wiener (1.64) is higher than that of traditional paddy fields (1.50), the uniformity index of waterfowls (0.84) is lower than that of traditional paddy fields (1.37), and the similarity coefficient is 0.51; and 3) The water surface area, water level, food and vegetation coverage of the winter fallow area for water storage are important factors affecting the increase of waterfowl species, and nesting site and stop point are also factors affecting the inhabitation of waterfowls in winter. Therefore, adopting fallow management for water storage in winter would play a positive role in the conservation and improvement of biodiversity.

Keywords: paddy field; winter fallow area for water storage; wintering waterfowl; habitat, Tianfu National Wetland Park

水鸟在湿地生态系统处于食物链的顶端，其中冬季水鸟对越冬栖息地的变化具有重要指示作用[1-2]。水稻田不仅拥有多种食物资源，且其特殊的蓄水灌溉方式也可为水鸟提供适宜的栖息场所。当前，已有学者提出农田的合理利用能够对水鸟栖息地起到有效地补充作用[3]。因此，水稻田作为我国人工湿地的重要组成部分[4]，探析其休耕期生境对冬季水鸟种群组成及分布的影响，对水鸟多样性的保护具有积极意义。

水稻田的休耕管理方式对水鸟栖息地的生境状态具有一定的影响，因而导致其与生物多样性保护之间存在矛盾关系[5]。Elphick 等[6]研究表明，冬季淹没稻田可以提供适宜水鸟栖息的生境条件，并提出水位和水面面积是关键影响因子。Reynolds 等[7]基于加利福尼亚地区稻田休耕期灌水作为越冬水鸟中转站的实践经验，实施共享稻田方案，为近 18 万只水鸟提供了越冬栖息地，地区生物多样性显著提高。莫英敏等[8]研究崇明东滩冬季水稻田的水鸟群落时发现，水位在 10 cm 以下有利于鸻鹬类觅食，15～20 cm 时雁鸭类较多。钟毅峰[9]探明蓄水稻田生境中存在的残留谷物、水生动植物、底栖动物、昆虫等能够为水鸟提供丰富食源。当前，针对冬季水鸟栖息地的研究多聚焦在湖泊、河流湿地及自然保护区，有关水稻田的水鸟研究较少，且多关注于水鸟群落多样性方面，而在水稻田休耕期对冬季水鸟栖息生境的影响方面的研究相对缺乏。

水稻田是长三角地区的主要农业用地，面积达 807.04 万 hm^2[10]，约占总农业用地面积的 30%。该地区水稻田耕种模式为一年两熟，一般在冬季收割后种植其他农作物或休耕。冬季水鸟因水稻田栖息条件不足，其数量及种类不多。天福国家湿地公园是湿地公园中少有的以大片区水稻田为主的保护案例。2017 年苏州湿地共记录水鸟达 100 种，其中天福国家湿地公园水鸟种数约占 68%[11]，在苏州地区湿地中名列前茅。因此，选取人工干预水鸟栖息保护地的重要典范——2017 年实施冬季休耕蓄水稻田的试验区为研究对象，探讨冬季蓄水稻田生境与水鸟种群的关系，以期为今后冬季稻田水鸟栖息地营造提供参考依据。

1 研究区概况

天福国家湿地公园（121° 05′ 22.32″—121°07′44.08″ E，31°19′18.28″—31°21′13.53″N）地处长江三角洲太湖平原，位于苏州昆山市花桥经济开发区北部，由河流、沼泽、林地、池塘、人工湖和稻田组成，总面积 791.20 hm^2，水稻田面积约 533.33 hm^2，占总面积的 67.41%。2017 年，天福国家湿地公园开始对部分水稻田采取冬季休耕蓄水管理模式，以此作为水鸟栖息地的补充。

研究样区位于湿地公园东部稻田区域，总面积约 85 hm^2，由水稻田和水塘共同组成斑块状场地，其中传统管理模式水稻田面积约 40 hm^2，冬季休耕蓄水稻田面积约 45 hm^2。

2　研究方法

2.1　鸟类调查

研究在 2017 年 12 月至 2018 年 2 月及 2018 年 11 月晨、昏 2 个时段进行鸟类调查，由 2 名调查人员同时以 1～2 km · h^{-1} 的速度行进，对样线及样点 100 m 范围内样带进行鸟类记录。鸟类鉴别依据《中国鸟类野外手册》《Birds of East Asia》，鸟类分类依据《中国鸟类分类与分布名录》（第三版）。

2.2　栖息地生境因子调查

因栖息地的环境因子及其质量的高低会直接影响水鸟分布及群落特征[12]，研究选取水稻田水位、水面面积、食物资源、植被覆盖度等关键因素，通过实地调研及相关文献资料获取数据，分析稻田冬季水鸟适宜的生境条件。

2.3　数据分析

选择鸟类优势度（P）作为水鸟优势种类特征指标，即每种鸟类数量占鸟类总数量比例，当 P≤1%时，为少见种和偶见种；当 1%<P≤10%时，为常见种；当 P>10%时，为优势种[13]。

选择 Shannon-Wiener 多样性指数（H′）、Pielou 物种均匀度指数（E）、Jaccard 相似性系数（X）[14]，分析水鸟群落多样性及其群落特征。

数据通过 Excel 2019 和 SPSS 26.0 软件分析完成。

3　结果与分析

3.1　稻田湿地水鸟群落组成

3.1.1　冬季蓄水稻田湿地水鸟群落特征

由表 1 可知，冬季蓄水稻田湿地中共记录到 4 目 7 科 25 种水鸟，其中鹳形目和雁形目分别占物种总数的 68%和 20%。鸻鹬类、鹭类、雁鸭类分别占总种数的 36%、28%、24%。冬候鸟占总种数的 56%，留鸟占 20%。水鸟优势种 4 种，占总种数的 16%；常见种 10 种，占 40%；少见种 5 种，占 20%；偶见种 7 种，占 28%。

表 1　冬季休耕稻田湿地水鸟种类优势度汇总情况

目	科	种	类型		冬季蓄水稻田		传统稻田	
					记录	优势度	记录	优势度
鸡形目	雉科	雉鸡 *Phasianus colchicus*	留鸟	雉鸡类	√	++++	√	++++
鹤形目	秧鸡科	黑水鸡 *Gallinula chloropus*	留鸟	秧鸡类	√	++++	√	++++
鹳形目	鹲鹈科	小鹲鹈 *Tachybapus ruficollis*	留鸟	鹳类	√	++++	√	++++
鹳形目	鹭科	白鹭 *Egretta garzetta*	留鸟	鹭类	√	+++	√	+++
鹳形目	鹭科	夜鹭 *Nycticorax nycticorax*	留鸟	鹭类	√	+++	√	+++
雁形目	鸭科	绿头鸭 *Anas platyrhynchos*	冬候鸟	雁鸭类	√	+++		
雁形目	鸭科	斑嘴鸭 *Anas poecilorhyncha*	冬候鸟	雁鸭类	√	+++		
雁形目	鸭科	绿翅鸭 *Anas crecca*	冬候鸟	雁鸭类	√	+++		
雁形目	鸭科	翘鼻麻鸭 *Tadorna tadorna*	冬候鸟	雁鸭类	√	+		
雁形目	鸭科	罗纹鸭 *Anas falcata*	冬候鸟	雁鸭类	√	+		
雁形目	鸭科	花脸鸭 *Anas formosa*	冬候鸟	雁鸭类	√	+		
鹳形目	丘鹬科	白腰草鹬 *Tringa ochropus*	冬候鸟	鸻鹬类	√	+++	√	++
鹳形目	鹭科	苍鹭 *Ardea cinerea*	冬候鸟	鹭类	√	++	√	++
鹳形目	鹭科	大白鹭 *Casmerodius albus*	冬候鸟	鹭类	√	+++		
鹳形目	丘鹬科	扇尾沙锥 *Gallinago gallinago*	冬候鸟	鸻鹬类	√	++	√	++
鹳形目	鸻科	凤头麦鸡 *Vanellus vanellus*	冬候鸟	鸻鹬类	√	+		
鹳形目	丘鹬科	鹤鹬 *Tringa erythropus*	冬候鸟	鸻鹬类	√	++		
鹳形目	丘鹬科	青脚鹬 *Tringa nebularia*	冬候鸟	鸻鹬类	√	++	√	++
鹳形目	丘鹬科	黑腹滨鹬 *Calidris alpina*	冬候鸟	鸻鹬类	√	+		
鹳形目	鹭科	池鹭 *Ardeola bacchus*	夏候鸟	鹭类	√	+++		
鹳形目	鸻科	金眶鸻 *Charadrius dubius*	过境鸟	鸻鹬类	√	+		
鹳形目	鹭科	中白鹭 *Mesophoyx intermedia*	夏候鸟	鹭类	√	++++		
鹳形目	鹭科	牛背鹭 *Bubulcus ibis*	夏候鸟	鹭类	√	+++		
鹳形目	丘鹬科	青脚滨鹬 *Calidris temminckii*	过境鸟	鸻鹬类	√	+		
鹳形目	丘鹬科	林鹬 *Tringa glareola*	过境鸟	鸻鹬类	√	+++		
鹤形目	秧鸡科	白胸苦恶鸟 *Amaurornis phoenicurus*	夏候鸟	秧鸡类			√	++

注：“++++”代表优势种，“+++”代表常见种，“++”代表少见种，“+”代表偶见种；“√”代表记录到的水鸟种类。

3.1.2　传统稻田湿地冬季水鸟群落特征

表 1 还显示，传统稻田湿地区域共记录到 3 目 5 科 10 种水鸟，其中鹳形目占水鸟物种总数的 70%，鸻鹬类和鹭类分别占总种数的 30%。留鸟占总种数的 50%，冬候鸟占 40%。由优势度可知，水鸟优势种 3 种，占总种数的 30%；常见种 2 种，占总种数的 20%；少见种 5 种，占总种数的 50%。尚未发现稀有水鸟种类。

3.2 稻田湿地水鸟群落多样性

Shannon-Wiener 多样性指数越高代表研究区域的水鸟多样性越高。由图 1 可知，调查期间每月冬季蓄水区的水鸟多样性指数均高于传统稻田，最高值（1.75）出现在 2017 年 12 月。冬季蓄水区总体水鸟多样性指数（1.64）高于传统稻田（1.50），表明冬季蓄水营造栖息生境水位变化对水鸟多样性提升具有积极作用。

Pielou 物种均匀度指数反映不同物种个体数量分配的均匀程度，物种均匀度越低，丰富度越高。由图 2 可知，冬季蓄水稻田水鸟均匀度指数在 2017 年 12 月较低于传统稻田除外，1、2 及次年 11 月均高于传统稻田。但冬季蓄水区总体水鸟均匀度指数（0.84）低于传统稻田（1.37），表明传统稻田的物种均匀程度高，代表冬季蓄水区的物种丰富度高。

Jaccard 相似性系数可以衡量不同群落结构间的相似程度。根据金杰锋等[15]对相似性程度的划分可知，两群落间的相似性系数为 0.51，表明冬季蓄水稻田与传统稻田的水鸟物种群落间的相似性程度属于中等相似。

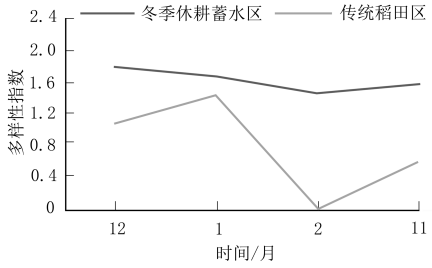


图 1 Shannon-Wiener 多样性指数

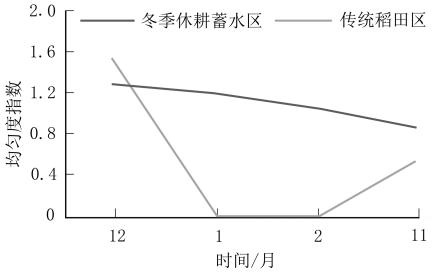


图 2 Pielou 物种均匀度指数

3.3 水鸟群落对栖息生境变化的响应

3.3.1 稻田湿地水面面积

1）鸻鹬类。唐承佳和陆健健[16]提出当栖息地水面面积小于 20%时，鸻鹬类数量几乎为零。岳峰等[17]表明，水面面积比例为超过 60%的生境更吸引鸻鹬类栖息。冬季蓄水稻田面积为 45 hm^2，除部分田埂基本被水体覆盖，水面面积比例超过 95%，能够满足鸻鹬类冬季水鸟生境偏好需求。

2）雁鸭类。鲁斌等[18]提到当水面面积达到整体区域的 60%时，有利于雁鸭类水鸟栖息。冬季蓄水区主要由狭长沟渠与开阔水域构成，整个稻田湿地基本由水体覆盖，为雁鸭类栖息提供了足够的水面面积，是吸引雁鸭类栖息的关键生境因子。

3.3.2 稻田湿地水位

1）鸻鹬类。Baker[19]发现，水鸟可栖息水位与其跗跖长度呈正相关。据《中国鸟类志》可知，鸻鹬类跗跖长一般不超过 10 cm[20]。研究区域中处于 0~10 cm 水位环境的稻田湿地，可以为鸻鹬类水鸟提供适宜的停留觅食区域，是鸻鹬类种群数量增多的关键因素。

2）鹭类。季缘[21]提出鹭类主要在浅水处觅食，水深一般不超过 30 cm。杨云峰[22]提出水鸟休憩和繁衍多选择高大挺水植物群落区域，其周围为 80~100 cm 水深条件，有利于保障鹭类的休憩及繁殖安全。冬季蓄水稻田能够为鹭类水鸟的觅食活动提供适宜的水位条件，但在休憩和繁衍方面基本无法满足其生境需求。

3）雁鸭类。马志军等[23]将雁鸭类分为喜水位 25~40 cm 的潜水鸭和喜 5~25 cm 水域栖息的溅水鸭。冬季蓄水稻田湿地中水位为 5~20 cm 的区域可以为溅水类雁鸭水鸟提供适宜的栖息环境。徐海婷[24]研究发现，适宜雁鸭类游憩活动的水深为 50~200 cm。冬季蓄水稻田湿地区域内的沟渠水深约 80~100 cm，也可以为雁鸭类栖息提供一定的生境需求。

3.3.3 稻田湿地食物资源

1）鸻鹬类。鸻鹬类水鸟主要以泥滩和浅水中的底栖动物为食。冬季蓄水营造的浅滩湿地中拥有密度较高的底栖动物群落，为鸻鹬类提供了主要的能量补充。残留的谷物种子以及稻田蓄水后无法呼吸而漂浮于水面的有害昆虫，亦可供部分鸻鹬类食用。

2）鹭类。鹭类多以鱼类、底栖动物、昆虫等为食物补充能量。稻田因冬季灌溉河道水将少量的鱼类引入，为鹭类水鸟提供了一定的食物资源。文祯中等[25]研究表明由于鹭类喙较长，不仅可以

食用稻田浅滩区域表层的食物，其沉积层以下的底栖动物亦可食用；同时稻田中存在的有害昆虫、水生昆虫也可为其提供食物资源等。

3）雁鸭类。叶思嘉[26]提出雁鸭类因潜水及捕食能力差异，对食物种类的需求也不同。潜水型雁鸭类水鸟以鱼虾为主食，溅水鸭类以水生植物、藻类为主食的。稻田湿地区域因引入河道水提供了鱼类、水藻等食物资源，同时稻田收割后残留植物的茎、杆、谷物种子等均可满足其觅食需求。

3.3.4　稻田湿地植被覆盖度

1）鸻鹬类。王成等[27]指出鸻鹬类更偏好低覆盖度生境。唐承佳和陆健健[16]、宋伦等[28]也表明，鸻鹬类更倾向于无植被覆盖的浅滩区域活动，多选择植被覆盖度<25%的开阔区域活动，而当植被覆盖率>60%时，基本不出现。由此可见，控制植被蔓延是营造鸻鹬类栖息生境的关键措施。冬季休耕后的稻田湿地基本无植被覆盖，成为鸻鹬类的适宜栖息地。

2）鹭类。杨云峰[22]提出鹭类水鸟多喜中低盖度植被生境，当水面的挺水植物覆盖率达到40%~60%时，有利于为鹭类繁育期间提供隐蔽场所。冬季蓄水稻田基本无挺水植被覆盖，虽能够满足鹭类水鸟的亲水需求，但未能为其提供隐蔽空间。

3）雁鸭类。杨云峰[22]、王成等[27]表明，大部分雁鸭类优先选择中低盖度植被生境，倾向于在水生植物覆盖度为 50%~75%生存。潜水觅食的雁鸭类一般会选择避开水生植被较为密集的区域。冬季蓄水稻田区因基本无植被覆盖成为吸引雁鸭类栖息的重要生境因子。

3.3.5　稻田湿地其他生境因子

1）营巢地。营巢地是鹭类的重要生境因子，多依附于高大挺水植物群落、乔木及灌丛生境。因冬季休耕蓄水稻田基本无植被覆盖，不符合鹭类营巢条件。分析出现较多鹭类的原因是稻田周边有为其提供营巢条件的高大乔木和灌木丛，且鹭类繁殖期一般在 5—7 月，但不属于本研究的冬季时段。

2）停歇点。鲁斌等[18]指出鹭类水鸟常站立在水中的木桩、漂浮物以及周边的围栏上休憩或伺机觅食，表明停歇休憩点是吸引鹭类的主要栖息因素。经调查发现，冬季蓄水稻田区的鹭类多分布在裸露的田埂、泥滩地及植物残体等位置，基本满足鹭类水鸟的栖息需求。

4　讨论

4.1　稻田湿地栖息生境对水鸟种群的影响

冬季蓄水稻田湿地的鸻鹬类、鹭类水鸟种类数量均有明显增长，且新增雁鸭类水鸟，说明水面面积和水位条件对水鸟栖息地选择具有重要影响作用。这与 Elphick 等[6]对加州冬季水稻田管理与水鸟关系的研究结论一致。冬季蓄水稻田湿地不仅为水鸟提供了残留的谷物、植物茎秆等食物，蓄水后也为水生植物、水生昆虫和底栖动物等提供有利的生存条件，为水鸟提供了丰富的植物性食物和动物性食物，形成了一定规模的生物链，说明丰富多样的食物资源是吸引水鸟栖息的重要生境因子。这与钟毅峰[9]对鄱阳湖水稻田鸟类及生境关系的研究相符。不同类型水鸟对植被覆盖度的具体要求存在一定的差异性表现，但多倾向于植被覆盖度较低的蓄水稻田湿地区域，这也验证了王成等[27]在研究盐城滨海湿地水鸟类群与栖息地景观关系时的相关结论。

4.2　人为活动对稻田湿地栖息生境的影响

因冬季传统稻田种植其他农作物，人为活动会在一定程度上对稻田栖息环境造成影响，稻田基本无水体覆盖，人类可进入性高，不能满足水鸟对栖息地的生境条件与安全性要求。冬季稻田蓄水管理则基本被水体完全覆盖，营造了适宜水鸟栖息的生境条件，且人类可进入性不高，从而限制了人为活动对水鸟栖息生境的影响。因此，冬季休耕期对稻田进行蓄水管理不仅能够达到水鸟对稻田栖息条件的需求，也为人与水鸟的安全距离提供保障，有利于提升区域水鸟多样性。

4.3　冬季休耕蓄水稻田作为保护地补充的可行性

自然保护地是保护生物多样性及其栖息地的重要载体。当前，由于大规模围垦等人类活动，我国自然保护地严重不足，影响到生物多样性的丰富及保护[29]。在自然保护地高度缺失的背景下，对水稻田进行人工干预生态化处理，实施冬季休耕蓄水可以提高水稻田作为水鸟栖息地的生态价值，将农业生产与生物多样性功能复合，有助于实现人与候鸟“共享稻田”的模式。因此，

在未来的生物多样性保护及提升中将水稻田作为保护地补充是值得探索的路径。

5 结论

相比传统稻田，冬季蓄水稻田湿地的水鸟种类数量增加了150%，且水鸟优势种数量也有明显增加。鸻鹬类、鹭类水鸟种数分别增加了200%、133%，并新增有雁鸭类，说明冬季蓄水稻田对区域的水鸟种类增加具有积极影响。

冬季蓄水稻田水鸟多样性指数高于传统稻田（1.61 > 1.50），水鸟均匀度指数低于传统稻田（0.84<1.37），二者相似性系数为0.51，表明冬季蓄水区水鸟多样性及物种丰富度较高，且群落间处于中等相似程度。

冬季蓄水稻田区域的水面面积、水位、食物、植被覆盖度是影响水鸟觅食休憩的关键生境因子，营巢地、停歇点因素也是影响水鸟栖息的生境条件。

参考文献

[1]王怡,朱颖,冯育青,等.土地利用结构对湿地公园水环境质量的影响[J].中国城市林业,2022,20(3):48-53.

[2]肖科沂,朱颖,周敏军,等.基于鸟类生物完整性指数的苏州湿地健康评价[J].中国城市林业,2022,20(1):114-119.

[3]LI L,HUR C,HUANG J K,et al.A farmland biodiversity strategy is needed for China[J].Nature Ecology & Evolution,2020,4(6):772-774.

[4]国家林业局《湿地公约》履约办公室.湿地公约履约指南[M].北京:中国林业出版社,2001.

[5]宋昀微.升金湖湿地景观和农业活动对越冬水鸟群落结构的影响[D].合肥:安徽大学,2019.

[6]ELPHICK C S,TAFT O,LOURENCO P M.Management of rice fields for birds during the non-growing season[J].Waterbirds,2010,33:181.

[7]REYNOLDS M D,SULLIVAN B L,HALLSTEIN E,et al.Dynamic conservation for migratory species[J].Science Advances,2017,3(8):e1700707.

[8]莫英敏,谢汉宾,李贲,等.崇明东滩冬季不同管理模式下水稻田水鸟群落特征及其生境分析[J].动物学杂志,2017,52(4):583-591.

[9]钟毅峰.鄱阳湖水稻田鸟类多样性及其生境选择研究[D].南昌:江西师范大学,2020.

[10]梁新强,杨姣,何霜,等.关于长江三角洲地区推进稻田退水零直排工程建设的建议[J].中国科学院院刊,2021,36(7):814-822.

[11]苏州市林业局.2017 苏州市湿地保护情况年报[R/OL].(2019-12-11)[2022-08-10].http://ylj.suzhou.gov.cn/szsylj/sdnb/202001/6f6f4ddbd1a64049a62fd5f699f6e90f.shtml

[12]王新建,周立志,陈锦云,等.长江下游沿江湿地升金湖越冬水鸟觅食集团结构及生态位特征[J].湖泊科学,2021,33(2):518-528.

[13]郑光美,张正旺,宋杰,等.鸟类学[M].北京:北京师范大学出版社,1995.

[14]马克平,刘玉明.生物群落多样性的测度方法 Ⅰα 多样性的测度方法(下)[J].生物多样性,1994,2(4):231-239.

[15]金杰锋,刘伯锋,余希,等.福建省兴化湾滨海养殖塘冬季水鸟的栖息地利用[J].动物学杂志,2008,43(6):17-24.

[16]唐承佳,陆健健.围垦堤内迁徙鸻鹬群落的生态学特性[J].动物学杂志,2002,37(2):27-33.

[17]岳峰,任文玲,罗祖奎,等.山东曲阜大沂河春季鸻鹬类的初步调查[J].四川动物,2011,30(2):247-250.

[18]鲁斌,潘珉,李滨,等.滇池常见水鸟形态特征及生境需求选择分析[J].环境科学导刊,2022,41(2):15-19.

[19]BAKER M C.Morphological correlates of habitat selection in a community of shorebirds (charadriiformes)[J].Oikos,1979,33(1):121.

[20]赵正阶.《中国鸟类志》[M].吉林:吉林科学技术出版社,2001.

[21]季缘.广州海珠国家湿地公园二期水鸟栖息地改造设计研究[D].广州:华南理工大学,2020.

[22]杨云峰.城市湿地公园中鸟类栖息地的营建[J].林业科技开发,2013,27(6):89-94.

[23]MA Z J,CAI Y T,LI B,et al.Managing wetland habitats for waterbirds:an international perspective[J].Wetlands,2010,30(1):15-27.

[24]徐海婷.城市公园中兼顾水鸟栖息地恢复的湿地景观设计:以北京市玉渊潭公园为例[D].北京:中国林业科学研究院,2017.

[25]文祯中,王庆林,孙儒泳.鹭科鸟类种间关系的研究[J].生态学杂志,1998,17(1):27-34.

[26]叶思嘉.上海浦东东滩越冬雁鸭类空间行为与栖息地利用特征研究[D].上海:华东师范大学,2019.

[27]王成,刘红玉,李玉凤,等.盐城滨海湿地水鸟类群生境适宜性及生态阈值研究:对栖息地景观结构恢复的启示[J].生态与农村环境学报,2022,38(7):897-908.

[28]宋伦,杨国军,李爱,等.鸭绿江口湿地鸻鹬类停歇地的生物生态研究[J].生态学报,2011,31(24):7500-7510.

[29]MA Z J,CHEN Y,MELVILLE D S,et al.Changes in area and number of nature reserves in China[J].Conservation Biology,2019,33(5):1066-1075.