

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

莫英敏^① 谢汉宾^① 李贲^① 张伟^① 汤臣栋^② 钮栋梁^② 王天厚^{①*}

^① 华东师范大学生命科学学院, 上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室 上海 200062;

^② 上海崇明东滩鸟类国家级自然保护区管理处 上海 202813

摘要: 崇明东滩是亚太地区候鸟迁徙路线的重要中转站, 也是上海地区促淤圈围的重点区域。水稻 (*Oryza sativa*) 田作为当地分布广泛且重点改造的人工湿地, 研究其是否具有水鸟招引效果具有重要意义。本研究于 2013 和 2014 年冬季采用样方法对崇明东滩两种不同管理模式的水稻田, 即 2013 年开始改造的传统模式水稻田和改造多年的机械化模式水稻田, 进行了水鸟群落及生境因子调查, 以探究不同管理模式下水稻田内生境差异, 水鸟对不同生境的利用程度及其不同生境中的关键因子对水鸟分布的影响。调查期间共记录到水鸟 5 目 7 科 18 种 1 795 只次, 其中传统模式水稻田记录到水鸟 5 目 6 科 17 种 1 756 只次, 优势种为绿翅鸭 (*Anas crecca*)、斑嘴鸭 (*A. poecilorhyncha*)、鹤鹑 (*Tringa erythropus*); 机械化模式水稻田记录到水鸟 4 目 5 科 6 种 39 只次, 优势种为小鹧鸪 (*Tachybaptus ruficollis*) 和凤头麦鸡 (*Vanellus vanellus*)。T 检验结果显示, 传统模式水稻田对水鸟的招引效果 (即多度和物种丰富度) 显著优于机械化模式水稻田, 2014 年改造后传统模式水稻田的水鸟招引效果显著优于 2013 改造初期。多元回归分析显示, 明水面面积比例是影响水稻田水鸟种类、数量分布的最重要因子。结果表明, 明水面面积和适合的水位高度是影响冬季水稻田水鸟招引效果的主要因素, 为提高冬季水稻田水鸟保育效果, 应注重营造、维护冬季水稻田中水文条件。

关键词: 崇明东滩; 水稻田; 水鸟; 生境分析

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2017) 04-583-09

Community Characteristics and Habitat Analysis of Wintering Waterfowls between Different Manage Patterns of Rice Paddy in Chongming Dongtan

MO Ying-Min^① XIE Han-Bin^① LI Ben^① ZHANG Wei^① TANG Chen-Dong^②
NIU Dong-Liang^② WANG Tian-Hou^{①*}

^① School of Life Sciences, East China Normal University, the Shanghai Key Lab for Urban Ecological Processes and Eco-Restoration, Shanghai

200062; ^② Chongming Dongtan National Nature Reserve, Shanghai 202183, China

基金项目 上海市科委崇明专项项目 (No. 12231204703);

* 通讯作者, E-mail: thwang@bio.ecnu.edu.cn;

第一作者介绍 莫英敏, 女, 硕士研究生; 研究方向: 湿地生态学; E-mail: moyingmin92@163.com。

收稿日期: 2016-09-26, 修回日期: 2017-02-09 DOI: 10.13859/j.cjz.201704005

Abstract: Chongming Dongtan is one of the important transit points of Asia-Pacific Flyway, as well as a key coastal reclamation area in Shanghai. As a kind of artificial wetland, rice (*Oryza sativa*) paddy-field is widely distributed in this area and the main goal of restoration management, it's necessary to find out whether the paddy-field is attractive to the waterfowls. In our study area, there are two different manage patterns (traditional and mechanized) of rice paddy-field. The traditional paddy-field samples region located in Chongming Dongtan National Nature Reserve (Fig. 1), composed of rice paddies and diversion trench, and farming in traditional manual administration with low density of cultivation. Traditional manage patterns rice paddy retained some rice and guarantee water conditions with the depth of 0.5 - 15 cm in winter. Mechanized manage pattern rice paddy sample region located in Yaoquan farm (Fig. 1), a typical coastal farmland ecosystem, managed in large scale mechanization farm mode, with high density cultivation. It is also composed of rice paddies and diversion trench. Mechanized manage pattern rice paddy-field is normally abandoned or planted as rotation in winter, with no water in rice paddies. Quadrat methods were taken to measure the differences of waterfowl diversity and habitat factor of two patterns of rice paddy in winters of 2013 and 2014, and we tried to find out which manage pattern of the rice paddy would attract more waterfowls and analyzed the environmental factors impacting the waterfowls' distribution. During the two-year investigation, up to 1 795 waterfowl individuals were recorded, subordinated in 5 orders, 7 families and 18 species. In traditional manage pattern of paddy field, there were 1 756 waterfowl individuals subordinated in 5 orders, 6 families and 17 species, and the dominant species were Common Teal (*Anas crecca*), Spot-billed Duck (*A. poecilorhyncha*), Spotted Redshank (*Tringa erythropus*). In mechanized manage pattern of rice paddy, 39 waterfowl individuals were counted, subordinated in 4 orders, 5 families and 6 species, and the dominant species were Little Grebe (*Tachybaptus ruficollis*) and Northern Lapwing (*Vanellus vanellus*). *T*-test analysis indicated that firstly the paddy fields under traditional manage pattern performed better than another kind of fields in terms of abundance, richness of waterfowls, and secondly the paddy fields after transformation in 2014 performed better effect of waterfowl attraction than the ones in early transformation in 2013. Linear Regression (Backward Elimination) showed that the proportion of open water area being the most important factor to influence waterfowl species and abundance. Our study suggested that hydrological condition of rice fields is the main factor of attracting waterfowls in winter, and it is important for waterfowl biodiversity conservation.

Key word: Chongming Dongtan; Rice paddy; Waterfowl; Habitat analysis

在 20 世纪中, 围垦导致自然滨海湿地大量丧失 (LeDee et al. 2008, Walker et al. 2008), 目前全球已有超过 50% 的湿地丧失, 剩下的湿地也发生了不同程度的退化 (Balcombe et al. 2005, Fraser et al. 2005)。在自然湿地高度缺失的情况下, 人工湿地被视为水鸟的补充栖息地 (Elphick et al. 1998, Gordon et al. 1998, Fujiokam et al. 2001), 而如何通过有效管理为水鸟提供高质量的栖息地, 成为了水鸟保护中

的关键问题 (Weber et al. 1996, Taft et al. 2002, Comín et al. 2012)。水鸟生境变化及其对水鸟群落特征的影响一直是国内外学者关注的焦点。

崇明东滩位于上海崇明岛东端, 地处长江入海口, 处于东亚-澳大利亚鸟类迁徙路线中部, 是候鸟迁徙停歇, 补充能量的重要中转站, 对于候鸟完成长距离的迁徙活动具有不可替代的重要作用 (徐宏发等 2005, 王卿 2011)。每

年有将近百万只次的迁徙鸟类停经上海，仅崇明岛上曾记录到国家重点保护的水鸟种类就将近 10 种（张美等 2013）。崇明东滩水鸟以冬候鸟和旅鸟为主，冬季水鸟主要为雁形目（Anseriformes）、鸻形目（Ciconiiformes）和鹤形目（Gruiformes）种类，数量上尤以雁形目居多。1992 年崇明东滩被列入《中国保护湿地名录》，1998 年被上海市批准成立保护区，2001 年正式列入“拉姆萨国际湿地公约”，2005 年被国家林业局批准成立国家级鸟类自然保护区。

崇明东滩作为上海地区促淤圈围的重点区域之一，围垦后自然滩涂主要用作多种农业、养殖业发展，直接导致能够作为水鸟栖息地的自然滩涂的生态功能大大降低，致使水鸟物种多样性急剧下降（施俊杰等 2005，阮关心 2012）。受围垦活动影响，崇明东滩的水鸟生境可分为自然生境与人工生境两种。已有研究证明，崇明东滩地区水鸟可以利用人工修复地作为对自然湿地丧失的补充（葛振鸣等 2006，刘昊 2006，张美等 2013）。但针对崇明东滩的鸟类生态学研究主要集中在堤外的自然滩涂（周慧等 2005）、修复后的类自然生境（金欣等 2013，张姚等 2014）以及人工鱼蟹塘（杨晓婷等 2013），而对于农业用地对水鸟的招引和保育效果研究较少。

当地围垦后农业用地主要为水稻田。按照管理模式的不同，可分为传统模式水稻田与机械化模式水稻田。传统模式水稻田指按照传统人工耕种模式管理，使用人工播种、收割的水稻田，机械化模式水稻田指使用现代化机械进行管理、播种、收割的水稻田。由于管理模式上的差别，二者在水位控制、种植密度等方面均有差别，本研究旨在探究不同管理模式下水稻田的生境状况及水鸟群落特征差异，并分析影响水鸟群落的主要生境因子。

1 研究区域概况与研究方法

1.1 研究区域概况

崇明岛（ $31^{\circ}25' \sim 31^{\circ}28'N$ ， $121^{\circ}50' \sim 122^{\circ}05'E$ ）是我国第三大岛，位于长江与黄海、东海交汇处，具有复杂的生态结构和独特的生态功能。属北亚热带海洋性气候，温和湿润，四季分明，年平均气温 $15.3^{\circ}C$ 。崇明东滩三面环水，受水的热效应影响，冬季温度比崇明岛西部高出 $1^{\circ}C$ ，水域不冻结，非常有利于水禽越冬（张美等 2012）。

本研究中传统模式水稻田样区位于崇明东滩鸟类自然保护区内（图 1）。保护区南起奚家港，北至北八淤地。样区由水稻田、引水沟渠组成斑块状区域，水稻田周边设置高约 2 m 的芦苇（*Phragmites australis*），提高水稻田内部的隐蔽性

机械化模式水稻田样区位于耀全农场，共选取了 5 个样方（图 1）。耀全农场为典型的海岸带农田生态系统，采用大规模机械化生产的农场管理模式，种植密度大，产量高。样区由农田、人工河流、沟渠、稀疏植物构成。

由于管理模式的不同，传统模式水稻田与机械化模式水稻田生境存在较大差别。传统模式水稻田管理方法为一年一种，春种秋收，人工插秧，低密度种植，混种其他植物。冬季打水休耕，留存部分水稻，保持一定水位。对应生境状况为：水位保持在 $0.5 \sim 15$ cm，水域面积比例约为 $50\% \sim 100\%$ ，明水面面积比例为 $20\% \sim 90\%$ ，多种植被，包括水稻（*Oryza sativa*）、芦苇、海三棱藨草（*Scirpus mariqueter*）。冬季植被盖度为 $10\% \sim 70\%$ ，植被高度为 $30 \sim 50$ cm，可供水鸟食用的食物包括留存水稻、植物球茎及其他地下部分、底栖动物。周边有狭长型引水沟渠，沟渠的水深范围为 $30 \sim 70$ cm。

机械化模式水稻田管理方法为一年一种，春种秋收，机械播种，机械插秧，水稻密度高，植被单一。冬季轮耕蚕豆（*Vicia faba*）等作物或休耕，偶尔灌溉。对应生境状况为：常处于无水状态，水域面积比例未下雨时为 0，雨后为 $10\% \sim 20\%$ ，明水面面积比例未下雨时为 0，

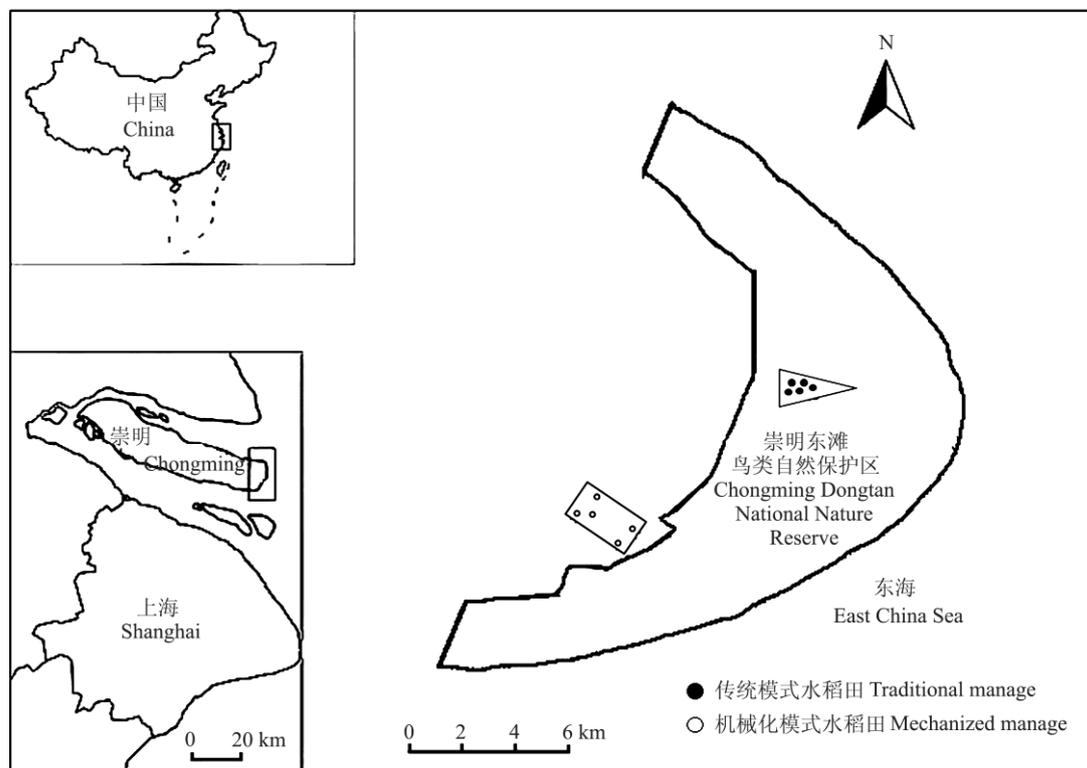


图 1 研究区域示意图

Fig. 1 The location of the study area and sites

雨后为 10% ~ 20%，轮耕时植被为蚕豆、苜蓿 (*Medicago hispida*) 幼苗，休耕时无植被。周边狭长型引水沟渠水深范围 50 ~ 70 cm。

1.2 研究方法

1.2.1 野外调查方法

2013 年和 2014 年冬季，分别于传统模式水稻田、机械化模式水稻田样区内选取 5 个样方，样方面积均为 0.7 hm²。选择天气适宜，光线充足时进行野外调查。将每年的 11 月、12 月、次年 1 月定义为该年度冬季，每个月份调查 2 次，每年度冬季共进行 6 次调查。野外调查包括水鸟群落状况调查及生境调查。每次调查至少 2 人，保证 1 人观察 1 人记录。野外调查时使用双筒望远镜 (Kowa, 8 × 42)、单筒望远镜 (Carl Zeiss, Diascope 85 T* FL) 观察，生境测量采用刻度尺和 GPS 测量仪 (哥伦布 A6H)，利用《上海水鸟》(蔡友铭等 2008) 鉴定鸟种。

水鸟群落调查时观察记录水鸟的种类、数

量，以观察期间持续停留在样方内的水鸟种类及数量为准，几个样方区域内来回飞行停留的水鸟按照初次停留区域计，不重复计数。

生境调查于实地勘察时测量水深，测量时每个样方内选取 3 点进行测量。同时调查样方内水域面积比例、明水面比例、裸地面积比例、水稻面积比例、其他植被面积比例及人为干扰。

水域面积比例：样方内含水区域面积占样方总面积的比例。

明水面比例：样方内无植被分布的水面面积占样方总面积的比例。

裸地面积比例：样方内无植被分布的裸露泥滩占样方总面积的比例。

水稻面积比例：样方内水稻的地上部分垂直投影面积占样方总面积的比例。

其他植被面积比例：样方内除水稻外其他植被的地上部分垂直投影面积占样方总面积的比例。

人为干扰: 分为 4 级, 1 级指干扰极少, 每次调查遇见的人数少于 1 人, 无机动车行驶; 2 级指干扰较少, 每次调查遇见的人数为 1~3 人, 无机动车行驶; 3 级为干扰较大, 每次调查遇见的人数为 4~6 人, 机动车较少; 4 级为干扰极大, 有大量人员干扰, 机动车较多。

1.2.2 统计分析方法 根据记录到的个体数占调查中统计到鸟类总数的百分比确定水鸟的数量等级, 其中, 小于 1% 定义为少见种, 1%~10% 定义为常见种, 大于 10% 定义为优势种 (Howe et al. 1989)。多度表示一个种在群落中的个体数目 (李博等 2000)。本研究中采用记名计算法, 记录实际观察到的每个物种的数目。物种丰富度指物种数目的多少。由于每月 2 次的调查时间间隔较小, 取每月的水鸟调查数据的平均值进行群落特征分析。

取样方中 3 个点水深数值的标准差作为该样方的水深变异值。生境异质性指数 (habitat heterogeneity index, H) 代表该样方内生境类型多样性, 根据公式 $H = -\sum P_i \ln P_i$ 计算, 其中, H 为生境异质性指数, P_i 为某一景观单元类型占景观总面积的比例 (肖笃宁等 2003)。

数据先通过 Kolmogorov-Smirnov 检验是否符合正态分布 (杜荣骞 2009), 所有数据符合正态分布, 用 T 检验比较传统模式水稻田与机械化模式水稻田冬季水鸟多度、物种丰富度的差异以及同一样区年际间水鸟群落特征的差异性。

水鸟群落特征与生境因子之间的关系采用多元线性回归进行分析, 首先通过 Pearson 相关性分析检验各生境因子间的相关性, 包括水域面积比例、明水面面积比例、裸地面积比例、水稻面积比例、其他植被面积比例、生境异质性指数、水深、水深变异、人为干扰, 若彼此间相关性显著, 则将相关因子进行聚类分析, 并从每一类中挑选出一个典型指标, 典型指标的选取通过做同类指标间的 Pearson 相关检验, 计算每一个因子与其他因子相关系数平方的平均值, 数值最大的因子保留为该类因子的典型

指标, 同类其他因子剔除 (李志辉 2003, 周慧等 2005, 裴恩乐等 2012)。剔除后保留 5 个生境因子, 分别为明水面面积比例、生境异质性指数、水稻面积比例、水深变异、人为干扰。通过多元线性回归确定影响水鸟群落特征的主要生境因子, 并拟合出相关方程, 分析各项主要生境因子与水鸟群落特征的作用。

数据通过 SPSS19.0 软件进行统计分析。文中数据均采用平均值 \pm 标准误 (Mean \pm SE) 表示, $P < 0.05$ 视为差异显著, $P < 0.01$ 视为差异极显著。

2 结果

2.1 不同模式下水稻田冬季水鸟群落特征比

传统模式水稻田中, 2013、2014 两年冬季调查共记录到水鸟 1 756 只次, 隶属于 5 目 6 科 17 种。水鸟数量, 雁形目最多 (1 194 只次, 占总数量的 68%), 鸻形目 (Charadriiformes) 次之 (334 只次, 占总数量的 19%)。水鸟种类, 雁形目 6 种, 鸻形目 5 种, 鹤形目 2 种, 鸻形目 3 种, 鹬形目 (Podicipediformes) 仅 1 种。绿翅鸭 (*Anas crecca*)、斑嘴鸭 (*A. poecilorhyncha*) 和鹤鹑 (*Tringa erythropus*) 为优势种。

机械化模式水稻田中, 2013、2014 年两年度冬季调查共记录到水鸟 39 只次, 隶属于 4 目 5 科 6 种。水鸟数量, 鹬形目和鸻形目最多, 均为 16 只次, 占总数量的 41%。水鸟种类, 鸻形目和鹤形目均记录到 2 种, 鹬形目和鸻形目分别为 1 种。小鹬 (*Tachybaptus ruficollis*) 和凤头麦鸡 (*Vanellus vanellus*) 为优势种。

两年度冬季水鸟群落特征的均值结果 ($n = 62$): 传统模式水稻田的水鸟多度为 (10.90 ± 2.20) 只次/样方, 物种丰富度为 (3.65 ± 0.52) 种/样方, 机械化模式水稻田的水鸟多度为 (1.30 ± 0.53) 只次/样方, 物种丰富度为 (0.43 ± 0.12) 种/样方。传统模式水稻田的多度 ($t = 4.226$, $df = 36.803$, $P < 0.01$)、物种丰富度 ($t = 5.058$, $df = 51.522$, $P < 0.01$) 均极显著大于机械化模

式水稻田。2013 年 ($n = 30$) 冬季传统模式水稻田的水鸟多度为 (4.38 ± 2.49) 只次/样方, 物种丰富度为 (1.07 ± 0.34) 种/样方, 机械化模式水稻田的水鸟多度为 (1.13 ± 0.46) 只次/样方, 物种丰富度为 (0.53 ± 0.17) 种/样方, 传统模式水稻田的多度 ($t = 1.282$, $df = 14.940$, $P > 0.05$)、物种丰富度 ($t = 1.396$, $df = 20.115$, $P > 0.05$) 与机械化模式水稻田均无显著性差异。2014 年 ($n = 32$) 冬季传统模式水稻田的水鸟多度为 (16.04 ± 2.97) 只次/样方, 物种丰富度为 (5.68 ± 0.55) 种/样方, 机械化模式水稻田的水鸟多度为 (1.47 ± 0.98) 只次/样方, 物种丰富度为 (0.33 ± 0.19) 种/样方, 传统模式水稻田的多度 ($t = 4.654$, $df = 21.790$, $P < 0.01$)、物种丰富度 ($t = 6.123$, $df = 32$, $P < 0.01$) 均极显著大于机械化模式水稻田。

2.2 水鸟群落特征年际变化

2.2.1 传统模式水稻田水鸟群落特征年际变化

2013 年冬季传统模式水稻田内共记录到水鸟 159 只次, 隶属于 3 目 3 科 6 种, 其中斑嘴鸭、绿头鸭 (*A. platyrhynchos*) 为优势种; 2014 年该样区共记录到水鸟 1 580 只次, 隶属于 5 目 6 科 17 种, 其中绿翅鸭、斑嘴鸭和鹤鹑为优势种。

传统模式水稻田 2013 年记录到的水鸟, 雁形目 142 只次, 占总数量的 89%, 鹤形目 14 只次, 占总数量的 9%, 鸻形目仅 3 只次, 占总数量的 2%。水鸟种类雁形目 3 种, 鹤形目 2 种, 鸻形目 1 种, 未发现鹬形目和鹤形目物种。

传统模式水稻田 2014 年记录到的水鸟数量, 以雁形目最多 (1 121 只次, 占总数量的 71%), 鸻形目次之 (379 只次, 占总数量的 24%), 鹬形目最少 (12 只次, 占总数量的比例 < 1%)。水鸟种类雁形目 6 种, 鹤形目 5 种, 鸻形目 3 种, 鹬形目 2 种, 鹬形目 1 种。

传统模式水稻田水鸟多度 ($t = -2.905$, $df = 32$, $P < 0.01$) 和物种丰富度 ($t = -2.863$, $df = 32$, $P < 0.01$) 均为 2014 年度冬季极显著大于 2013 年冬季。

2.2.2 机械化模式水稻田水鸟群落特征年际变化

2013 年冬季机械化模式水稻田内共记录到水鸟 17 只次, 包括鹬形目小鹬 13 只次, 鹤形目的白鹭 (*Egretta garzetta*) 和苍鹭 (*Ardea cinerea*) 共 3 只次, 鹤形目的骨顶鸡 (*Fulica atra*) 1 只次, 其中小鹬和白鹭为优势种。2014 年该样区共记录到水鸟 22 只次, 鹤形目的黑水鸡 (*Gallinula chloropus*) 15 只次, 鸻形目的凤头麦鸡 4 只次, 鹬形目的小鹬 3 只次。

机械化模式水稻田水鸟多度 ($t = -0.308$, $df = 28$, $P > 0.05$) 和物种丰富度 ($t = 0.802$, $df = 28$, $P > 0.05$) 在 2013 年与 2014 年间均差异不显著。

2.3 生境分析

多元回归分析结果显示, 明水面面积比例 (proportion of open water area, O) 是影响冬季水稻田中水鸟多度 (abundance, B)、物种丰富度 (richness, R) 的最重要生境因子, 水鸟多度的回归方程为 $B = 13.976 O + 3.318$ ($R^2 = 0.249$, $F = 8.781$, $P < 0.01$), 物种丰富度的回归方程为 $R = 2.569 O + 0.100$ ($R^2 = 0.518$, $F = 38.759$, $P < 0.01$)。雁形目多度 (Anseriformes abundance, B_A) 与明水面面积比例呈极显著正相关, 回归方程为 $B_A = 20.622 O - 0.211$ ($R^2 = 0.539$, $F = 42.017$, $P < 0.01$)。鹤形目多度 (Ciconiiformes abundance, B_C) 与人为干扰 (human disturbance coefficient, H)、明水面面积比例呈显著负相关, 回归方程为 $B_C = -0.968 H - 2.263 O + 5.804$ ($R^2 = 0.284$, $F = 3.265$, $P < 0.05$)。鹤形目多度 (Gruiformes abundance, B_G) 与人为干扰呈显著正相关, 与明水面面积比例呈显著负相关, 回归方程为 $B_G = 0.631 H - 1.222 O + 0.366$ ($R^2 = 0.302$, $F = 3.398$, $P < 0.05$)。鹬形目多度 (Podicipediformes abundance, B_P) 与水深变异 (variation of water depth, D) 呈极显著正相关, 与明水面面积比例呈极显著负相关, 回归方程为 $B_P = 0.194 D - 0.751 O + 0.430$ ($R^2 = 0.491$, $F = 10.916$, $P < 0.01$)。鸻形目多度 (Charadriiformes abundance)

与 5 种生境因子均无显著相关性 ($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 水鸟群落特征结果分析

本研究结果表明, 水稻田管理模式不同, 生境状况不同, 水鸟招引效果存在差异, 且传统模式水稻田的水鸟招引效果显著优于机械化模式水稻田。2013 年传统模式水稻田与机械化模式水稻田的水鸟群落特征差异不显著, 而 2014 年传统模式水稻田的水鸟多度、物种丰富度明显优于机械化模式水稻田。这可能是由于, 2013 年冬季传统模式水稻田区域处于改造初期, 二者生境特征无太大差异, 经过一年的改造, 生境差异显著, 也就出现了较明显的水鸟群落特征差异。

水鸟群落特征年际变化结果显示, 传统模式水稻田 2014 年冬季水鸟多度、物种丰富度显著优于 2013 年冬季; 机械化模式水稻田两年度差异不显著。根据 2013 年度崇明东滩鸟类自然保护区冬季水鸟专项调查简报及上海市第二次野生动物资源调查报告, 两年度间水鸟总数及水鸟种类结构并无显著差异, 推测样方中的水鸟多度、物种丰富度差异不是因为该地区水鸟状况存在年际差异。说明了机械化模式水稻田 2013 年、2014 年两年度水鸟招引效果较为稳定一致, 而传统模式水稻田经过改造后, 水鸟招引效果提高, 证明传统模式水稻田的改造、管理措施对水鸟招引有效。

对比可发现, 不同模式水稻田的水鸟种类与数量组成结构差异显著。传统模式水稻田种类以雁形目、鸕形目为主, 雁形目物种数量占优势; 机械化模式水稻田水鸟种类以鸕形目、鸕形目为主, 数量以鸕形目、鸕形目为主。研究表明, 水鸟的种群数量、分布等与生境密切相关(衡楠楠等 2011, 张斌等 2011), 由于体型、喙长、腿长等因素的作用, 水域面积、水深条件等很大程度上影响不同类型水鸟的觅食生境(Powell 1987, Darnell et al. 2004)。传统模式水稻田冬季管理时, 保证了田中一定的水

深条件及明水面面积, 因此能够招引雁鸭类。机械化模式水稻田冬季疏于管理或是处于轮耕状态, 水稻田一般处于无水状态(张姚等 2014), 其主要种类组成为鸕形目、鸕形目物种, 多为白鹭、苍鹭(*Ardea cinerea*)、黑水鸡、骨顶鸡(*Fulica atra*), 数量组成主要为鸕形目、鸕形目, 多为白鹭、小鸕。白鹭和苍鹭多为崇明东滩常见留鸟, 分布广泛; 小鸕、黑水鸡、骨顶鸡多发现于引水沟渠, 沟渠水深一般大于 50 cm 小于 70 cm, 水深条件满足潜水类游禽需求, 但面积狭长, 容纳量较小, 与雁鸭类生境偏好不符, 因此未能吸引雁鸭类。

3.2 生境分析

生境分析结果显示, 明水面面积比例是影响水鸟种类、数量分布的最主要因子。生境因子聚类分析中, 该因子与水域面积比例、水深聚为一类, 因此本研究中, 明水面面积比例较高也代表着水域面积比例较高, 水深条件较好。由此推断, 符合上述条件的水稻田具有较好的水鸟招引效果。这与前人研究结果, 稻田能为迁徙水鸟和一些繁殖鸟类提供适宜的生境, 但是要确保稻田内的水位管理适当(Elphick et al. 1998, 2003)一致。此外, 崇明东滩冬季水鸟以雁鸭类为主, 雁鸭类多为集群活动(赵平等 2003), 种类与数量较为集中, 而研究也表明, 雁鸭类倾向于选择浅滩生境和开阔水面生境栖息觅食(牛俊英等 2011, 裴恩乐等 2012)。该结果与雁形目的生境分析结果一致。

不同类型水鸟的生境分析结果显示, 雁形目多度与明水面面积积极显著相关, 这与雁形目生境偏好有关。鸕形目多度与鸕形目多度都与明水面面积比例呈显著负相关。推测原因为鸕形目、鸕形目属涉禽, 喜在湿润的光滩觅食, 本研究中明水面面积比例较大也代表水深较深, 不符合涉禽的生境选择偏好, 且实际野外调查发现, 鸕形目、鸕形目多为单独活动, 更倾向于选择水鸟密度较低的生境活动, 而明水面面积比例较大的区域往往雁形目数量较多, 密度较大。鸕形目多度与人为干扰呈显著负相

关, 鹤形目常见种类为白鹭、苍鹭、夜鹭 (*Nycticorax nycticorax*), 警惕性高, 人为干扰对其活动影响较大。鹤形目多度与人为干扰呈显著正相关, 鹤形目常见种类为黑水鸡、骨顶鸡, 警惕性低, 不畏惧人类活动, 人为干扰高的区域其他种类水鸟数量较少, 反而利于此类水鸟觅食。鸕鹚目多度与水深变异呈极显著正相关, 与明水面面积比例呈极显著负相关, 本研究中鸕鹚目仅发现小鸕鹚, 水深变异大的区域内水深变化程度较大, 可满足小鸕鹚栖息、觅食、潜水等多种水位条件需求。鹤形目多度与 5 种生境因子均无显著相关性, 可能是因为鹤鹑类在崇明东滩地区迁徙高峰期 3 ~ 5 月及 7 ~ 10 月, 11 月至次年 2 月是上海市鹤鹑类越冬稳定期, 数量变化相对较小(惠鑫等 2009, 裴恩乐等 2012), 且鹤鹑类偏好沿海面积较大的浅滩光滩(牛俊英等 2011), 出现在水稻田属于偶发性事件, 因此无法明确本研究所选生境因子对其影响。

3.3 冬季水稻田管理建议

根据本研究结果, 注重营造一定的水域面积及水深条件的传统模式水稻田的水鸟招引效果显著优于缺乏水位管理的机械化模式水稻田。由此观之, 提高崇明东滩水稻田冬季的水鸟招引与保育效果, 关键在于冬季保留一定比例的水域面积、明水面面积, 保证一定的水深条件。

崇明东滩是冬季鸟类迁徙路线上重要的停歇地和水鸟越冬地, 近年来, 当地自然湿地的丧失和退化造成水鸟种类和数量的下降。尽管人工湿地的结构和功能与自然湿地仍然存在差异, 但通过针对性的管理, 分布广泛的水稻田能够最大程度地发挥生态保育作用, 减缓自然湿地丧失对水鸟的不利影响。

致谢 感谢崇明东滩鸟类自然保护区管理处对野外工作的支持, 感谢刘晶、张姚、吕嘉敏、杜科霏等人在野外调查工作中给予的帮助。

参 考 文 献

- Balcombe C K, Anderson J T, Fortney R H, et al. 2005. Aquatic macroinvertebrate assemblages in mitigated and natural wetlands. *Hydrobiologia*, 541(1): 175–188.
- Com ú F A, Hurlbert S H. 2012. Preface: perspectives on progress in ornitholimnology. *Hydrobiologia*, 697(1): 1–4.
- Darnell T M, Smith E H. 2004. Avian use of natural and created salt marsh in Texas. *Waterbirds*, 27(3): 355–361.
- Elphick C S, Oring L W. 1998. Winter management of Californian rice fields for waterbirds. *Journal of Applied Ecology*, 35(1): 95–108.
- Elphick C S, Oring L W. 2003. Conservation implications of flooding rice fields on winter waterbird communities. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 94(1): 17–29.
- Fraser L H, Keddy P A. 2005. *The World's Largest Wetlands: Ecology and Conservation*. Cambridge: Cambridge University Press, 1–10.
- Fujioka M, Armacost Jr J W, Yoshida H, et al. 2001. Value of fallow farmlands as summer habitats for waterbird in a Japanese rural area. *Ecological Research*, 16(3): 555–567.
- Gordon D H, Kaminski R M. 1998. Dabbling duck-habitat associations during winter in coastal South Carolina. *Journal of Wildlife Management*, 62(2): 569–580.
- Howe S J, Bakewell D. 1989. *Shorebird Studies Manual*. Kuala Lumpur: Asian Wetland Bureau Publication, 143–147.
- LeDee O E, Cuthbert F J, Bolstad P V. 2008. A remote sensing analysis of coastal habitat composition for a threatened shorebird, the piping plover (*Charadrius melodus*). *Journal of Coastal Research*, 24(3): 719–726.
- Powell G V N. 1987. Habitat use by wading birds in a subtropical estuary: implications of hydrography. *The Auk*, 104(4): 740–749.
- Taft O W, Colwell M A, Isola C R, et al. 2002. Waterbird responses to experimental drawdown: implications for the multispecies management of wetland mosaics. *Journal of Applied Ecology*, 39(6): 987–1001.
- Walker B K, Riegl B, Dodge R E. 2008. Mapping coral reef habitats in southeast Florida using a combined technique approach. *Journal of Coastal Research*, 24(5): 1138–1150.
- Weber L M, Haig S M. 1996. Shorebird use of South Carolina

- managed and natural coastal wetlands. *Journal of Wildlife Management*, 60(1): 73–82.
- 蔡友铭, 袁晓. 2008. 上海水鸟. 上海: 上海科学技术出版社.
- 杜荣骞. 2009. 生物统计学. 北京: 高等教育出版社.
- 葛振鸣, 王天厚, 周晓, 等. 2006. 上海崇明东滩堤内次生人工湿地鸟类冬春季生境选择的因子分析. *动物学研究*, 27(2): 144–150.
- 衡楠楠, 牛俊英, 张斌, 等. 2011. 鸻形目鸟类对南汇滨海滩涂的生境选择. *复旦学报: 自然科学版*, 50(3): 296–301.
- 惠鑫, 马强, 向余劲攻, 等. 2009. 崇明东滩鸻鹬类迁徙路线的环志分析. *动物学杂志*, 44(3): 23–29.
- 金欣, 任晓彤, 彭鹤博, 等. 2013. 崇明东滩鸟类栖息地优化区越冬水鸟的栖息地利用及影响因子. *动物学杂志*, 48(5): 686–692.
- 李博, 杨持, 林鹏. 2000. 生态学. 北京: 高等教育出版社, 118–119.
- 李志辉. 2003. PASW/SPSS Statistics 中文版统计分析教程. 3版. 北京: 电子工业出版社, 425–428.
- 刘昊. 2006. 人工湿地生境在水鸟保护中的作用研究——以崇明东滩地区为例. 上海: 华东师范大学博士学位论文, 12–22.
- 牛俊英, 衡楠楠, 张斌, 等. 2011. 上海市南汇东滩围垦后海岸带湿地冬春季水鸟生境选择. *动物学研究*, 32(6): 624–630.
- 裴恩乐, 袁晓, 汤臣栋, 等. 2012. 上海地区水鸟群落结构和动态分布特征. *生态学杂志*, 31(10): 2599–2605.
- 阮关心. 2012. 崇明东滩互花米草生态控制与鸟类栖息地优化工程生态效益探讨. *安徽农业科学*, 40(23): 11799–11801.
- 施俊杰, 张振声, 张诗履, 等. 2005. 崇明滩涂湿地的保护措施. *上海建设科技*, (1): 28–29, 37.
- 王卿. 2011. 互花米草在上海崇明东滩的入侵历史、分布现状和扩张趋势的预测. *长江流域资源与环境*, 20(6): 690–696.
- 肖笃宁, 李秀珍, 高峻, 等. 2003. 景观生态学. 北京: 科学出版社, 52–59.
- 徐宏发, 赵云龙. 2005. 上海市崇明东滩鸟类自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社.
- 杨晓婷, 牛俊英, 罗祖奎, 等. 2013. 崇明东滩抛荒鱼塘的自然演替过程对水鸟群落的影响. *生态学报*, 33(13): 4050–4058.
- 张斌, 袁晓, 裴恩乐, 等. 2011. 长江口滩涂围垦后水鸟群落结构的变化——以南汇东滩为例. *生态学报*, 31(16): 4599–4608.
- 张美, 牛俊英, 杨晓婷, 等. 2013. 上海崇明东滩人工湿地冬春季水鸟的生境因子分析. *长江流域资源与环境*, 22(7): 858–864.
- 张姚, 谢汉宾, 曾伟斌, 等. 2014. 崇明东滩人工湿地春季水鸟群落结构及其生境分析. *动物学杂志*, 49(4): 490–504.
- 赵平, 袁晓, 唐思贤, 等. 2003. 崇明东滩冬季水鸟的种类和生境偏好. *动物学研究*, 24(5): 387–391.
- 周慧, 仲阳康, 赵平, 等. 2005. 崇明东滩冬季水鸟生态位分析. *动物学杂志*, 40(1): 59–65.