

崇明东滩冬季水鸟生态位分析

周慧 仲阳康 赵平 葛振鸣 王天厚*

(华东师范大学生命科学学院 上海 200062)

摘要: 依据 2003 年冬季对崇明东滩自然保护区越冬水鸟的种类、数量、生境类型分布的最新调查数据, 以及上海农林局 10 年来积累的越冬水鸟食性与形态的数据, 采取聚类分析方法对崇明东滩冬季鸟类的群落生态进行研究, 从鸟类的取食空间生态位、食性生态位以及形态生态位三个维度确认其生态资源分配状况, 并由此确认了占据优势种群地位的鸟类在不同生态位维度上的分离是群落结构处于稳定状态的主要原因。

关键词: 生态位分析; 水鸟; 崇明东滩; 群落结构

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2005)01-59-07

Niche Analysis of Wintering Waterbirds at the Eastern End of Chongming Island (Shanghai)

ZHOU Hui ZHONG Yang-Kang ZHAO Ping GE Zhen-Ming WANG Tian-Hou

(College of Life Sciences, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract Ecological niche of wintering waterbirds was analyzed by using agglomerative clustering method. Two set of data were employed in this analysis, the field survey made on bird species, bird abundance, habitat use at the Eastern End of Chongming Island in winter 2003, and the accumulated information about diet, morphological characteristics of waterbirds collected by Shanghai Farming Bureau during the last ten years. We evaluated the overlaps of ecological niche for wintering waterbirds by measuring their feeding location, diet, bill length and tarsus length, then performed agglomerative clustering analysis. We found out that the reason for the waterbirds keep their community structure stably in winter is that these species use resources efficiently in different dimension at the ecological niches level.

Key words Niche analysis; Waterbirds; Chongming Island (Shanghai); Community structure

崇明东滩位于长江入海口, 地处上海市崇明岛东端, 是长江口地区最大的仍然保持自然本底状态的河口滩涂湿地, 也是迁徙于南北半球之间国际性候鸟停歇和补充营养的中转站、越冬地。1998 年 11 月, 崇明东滩建立了东滩鸟类自然保护区, 2000 年, 东滩鸟类自然保护区成功申请为国际重要湿地^[1], 2002 年 1 月, 崇明东滩由湿地公约正式指定为“国际重要湿地”。对于湿地生态系统中水鸟的区系组成以及生态分布, 国内学者和相关单位已开展了一定量的研究^[2,3]。不少学者在崇明东滩开展了鸟类生态学研究, 主要集中在某一濒危物种的种群分析^[4]以及对崇明东滩水鸟群落环境因子的分析上^[5]。此次研究以崇明东滩鸟类自然保护区为基地, 用聚类分析的方法从 3 个生态位维度对冬季

鸟类生态资源的分配利用进行阐述, 旨在保护当地的生物多样性, 维护鸟类生态资源分配合理的延续。

崇明东滩是重要的水鸟越冬区, 每年有数万只水鸟于 10 月~次年 2 月在崇明东滩越冬, 群落结构相对稳定。一般生态位的研究多集中在稳定的群落, 目的是考察在长期的进化中, 物种能长期共处的内在原

基金项目: 国家林业局国家重点湿地恢复项目, 国家“211”工程子项目, 上海市科委重大科研项目(No. 04DZ19303);

* 通讯作者, E-mail: thwang@sh163.net;

第一作者介绍: 周慧, 女, 硕士研究生; 研究方向: 鸟类生态学。

收稿日期: 2004-03-29, 修回日期: 2004-11-22

因^[6]。在本次研究中,选择 13 种水鸟进行分析,主要是考虑到这些物种是崇明东滩湿地鸟类自然保护区内处于优势地位的物种^[7],是对食物和空间资源的主要利用者和竞争者。在越冬区,鸟类一般是混群栖息的,这对鸟类抵抗恶劣的气候带来很大的益处。在此期间,鸟类的密度增大,取食空间的重要性也随之增加,种间竞争也因此加剧。这些鸟类如何合理分配生态资源,以获得最大的食物来源和休息时间,这对完成来年的正常迁徙,以便维持种群繁衍是至关重要的。因此通过对优势种鸟类的取食生态位分析,阐述这些群落中各种群的内在关系以及它们对本地生态资源的利用状况尤显重要。本文从鸟类的取食空间生态位、食性生态位以及形态生态位三个维度,对冬季占据优势地位的鸟类种群的生态资源分配进行考察,并说明其群落相对稳定的主要原因。

1 研究地点与方法

1.1 研究地点 崇明东滩保护区(31°25' ~ 31°28' N, 121°50' ~ 122°05' E)位于上海东端,是由长江携带的泥沙沉积而形成的滩涂。崇明东滩属北亚热带南缘,是东亚季风盛行地区,年平均温度 15.3℃,冬季因三面受水面热效应的影响,气温要比崇明岛的西部高出 1℃,水域不冻结,非常有利于水禽越冬;年降雨量 1 100 cm,降水主要集中在夏季,无霜期达 229 d,年平均日照时数达 2 129.5 h。因此,崇明东滩滩涂气候温和、湿润,阳光充足,雨量充沛,有利于动植物的生长和有机物质的积累。

由于地处长江入海口,受潮水周期性涨落的强烈影响,崇明东滩属于非正规半日潮型。2002 年平均潮差 2.66 m,多年平均潮差 2.43 ~ 3.08 m,每日潮滩有昼夜两次变化。土壤母质为河口沉积物,基底多为壤土,熟化程度较高,一般含盐量 0.2% ~ 0.6%。崇明东滩是一个迅速淤涨性滩涂,每年在东旺沙滩地向外淤沙 120 ~ 180 m。1998 年围垦滩涂的平均滩宽为 3 100 m,2002 年底已经成为平均滩宽 3 700 m 的半成熟潮间滩。由海向陆地方向生境分类如下:

I. 低潮盐沼光滩带,宽度为 2 000 m 左右。

II. 海三棱藨草外带,宽度为 150 m 左右,盖度为 20% ~ 50%。

III. 海三棱藨草内带,宽度为 200 ~ 250 m,盖度为 50% 左右。

IV. 堤外芦苇群落,宽度为 200 m 左右。

V. 堤内鱼塘-芦苇区,盖度为 50% 以上,以芦苇群落为优势群落斑块状分布。

1.2 研究方法 由于冬季的鸟类群落结构比迁徙季节稳定,因而调查时间选择在 2003 年冬季。为避免冬季调查的数据重复,在崇明东滩的鸟类数据统计中,采用最大值保留法^[8],以确保统计的准确性。即从同种鸟类数次调查的统计数值中保留最大值的那一次,以代表该鸟类在崇明东滩越冬时曾出现的数量,剔除其余低于该数量者。

鸟类数量和分布采用样线法,每种生境设 3 条样线调查。在不同区域内考察队以 1 ~ 3 km/h 的速度行进,每条样线长 2 000 m,统计左右两边 50 m 内所看到的鸟类,并记录鸟类所在的生境特点。为避免重复记录,由前向后飞的鸟计数,而由后向前飞的鸟不予计数。如果遇到鸟类数量集中的地方,或难以辨认的鸟群,考察队必须尽可能地接近鸟群,采用特定地区样点法取得完整统计数据。若是碰到无法辨认的鸟类,则统计数量,并注明是哪一类。

取食空间的分布统计:重点调查 I. 低潮盐沼光滩带;II. 海三棱藨草外带;III. 海三棱藨草内带;IV. 堤外芦苇群落;V. 堤内鱼塘-芦苇区,依据各种鸟类的取食个体数以及出现频率确定处于优势地位的种群(数据统计结果见表 1)。

食性生态位原始数据,自 1988 年至今 10 余年的数据统计(所取样品为上海自然保护部门收缴的非法猎杀鸟,每种鸟类标本数量均在 20 只左右,数据统计结果见表 2)。

食性分析:据食物在鸟胃内出现的频率为形态指标的测定;喙长、跗长能确切地反映出种的形态特征,喙长与取食方式有关^[9],跗长与偏好的取食地性质有关^[10](所取样品均与食物分析样本一致,数据统计结果见表 3)。

1.3 聚类分析 本文采用系统聚类方法,分析软件选用 SPSS 软件,样本距离测量方法中选择欧氏距离法。系统聚类是将类由多变少的一种方法,分类的步骤是:计算各样方间的欧氏距离 D,得到样方间相似矩阵。将距离最近的两个样方归为一新类,计算新类与其余类的欧氏距离,再将距离最近的两类合并,这时各类的个数仍大于 1,则继续重复上述步骤,直到所有的样地归为一类,则停止。

2 结果

2.1 鸟类的数量与分布 2003 年 12 月在崇明东滩鸟类自然保护区共调查到鸟类 49 种,共 28 715 只,隶属于 7 目 11 科。参考常规的鸟类群落优势度划分方法^[8],将种群数量超过水禽总数 5% 的与种群数量超过水禽

总数 10% 的优势种一并筛选出,作为崇明东滩鸟类自然保护区处于主要竞争地位的鸟类种群进行分析。结果见表 1。

表 1 崇明东滩冬季鸟类优势种群觅食生境中的数量调查

种类	数量(只)	觅食生境出现率(%)				
		I	II	III	IV	V
白鹭 <i>Egretta garzetta</i>	1 524	1	5	9	0	85
绿翅鸭 <i>Anas crecca</i>	2 120	67	0	0	0	33
绿头鸭 <i>A. platyrhynchos</i>	1 513	98	1	0	0	1
斑嘴鸭 <i>A. poecilorhyncha</i>	3 790	83	2	0	0	15
赤颈鸭 <i>A. penelope</i>	1 478	64	2	0	0	34
骨顶鸡 <i>Fulica atra</i>	1 469	0	0	0	0	100
凤头麦鸡 <i>Vanellus vanellus</i>	1 537	0	20	30	0	50
环颈鸻 <i>Charadrius alexandrinus</i>	2 389	56	11	15	5	13
鹤鹑 <i>Tringa erythropus</i>	1 678	64	0	0	0	36
青脚鹬 <i>T. nebularia</i>	1 517	29	28	0	0	43
黑腹滨鹬 <i>Calidris alpina</i>	2 103	98	1	1	0	0
黑尾鸥 <i>Larus crassirostris</i>	2 500	100	0	0	0	0
银鸥 <i>L. argentatus</i>	2 817	100	0	0	0	0

2.2 取食空间生态位聚类分析 根据 13 种鸟的生境偏好与选择,进行聚类分析,可得到其取食空间生态位的分布(图 1)。

由图 1 可见,这些占据优势种群地位的鸟类在取食空间生态位上可分为 4 个类群。

第 1 类由黑尾鸥、银鸥、绿头鸭、黑腹滨鹬组成,集中在低潮盐沼光滩带附近取食。它们各自在低潮盐沼

光滩带取食的概率一般达 98% 左右。所以生态位宽度较狭窄。

第 2 类由赤颈鸭、鹤鹑、绿翅鸭组成,集中在 I 和 V 即:低潮盐沼光滩带和堤内鱼塘-芦苇区附近取食。它们各自在两区取食的概率不等。大多在低潮盐沼光滩带取食的概率偏高。

第 3 类由斑嘴鸭、环颈鸻、白鹭、骨顶鸡组成,分别出现在低潮盐沼光滩带、海三棱藨草外带、海三棱藨草内带、堤外芦苇带、堤内鱼塘-芦苇区的概率不等。除骨顶鸡为生态位甚窄的一种鸟类外,其他三者均可归为生态位较宽的类群。

第 4 类由凤头麦鸡、青脚鹬组成,它们在海三棱藨草外带、堤内鱼塘-芦苇区出现的频率比上述其他鸟类高出许多,成为取食空间生态位的独立者。

2.3 食性生态位聚类分析 解剖胃体,可发现这些鸟的胃中食物大体可分为 11 类(小坚果、茎类、草屑、草籽、螺类、贝类、甲壳类、昆虫、鱼类、贝壳沙砾、卵壳及雏鸟的骨骼),食物出现的相对频率见表 2。

由图 2 (食性生态位聚类结果)可见,这些占据优势种群地位的鸟类在食性生态位上可分为 3 个类群。

第 1 类由绿翅鸭、斑嘴鸭、绿头鸭组成,取食于植物根茎叶、杂草种子,部分食螺、昆虫,这是一类活动性较强的鸟类。

第 2 类由环颈鸻、鹤鹑、青脚鹬组成,是一类均匀地取食于螺、贝、蟹等食物的种类,食性较广,同时它们胃中草屑出现频率偏高,这与它们在海三棱藨草带中出现频率较高有关。

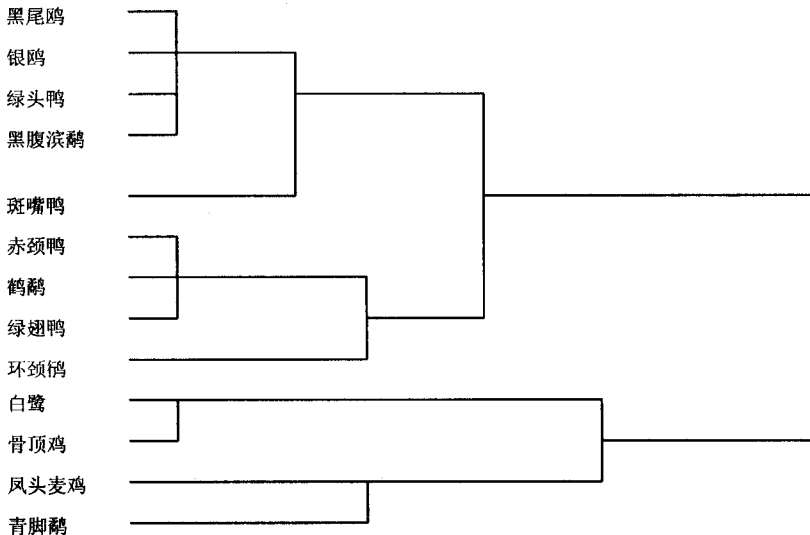


图 1 取食空间生态位聚类结果

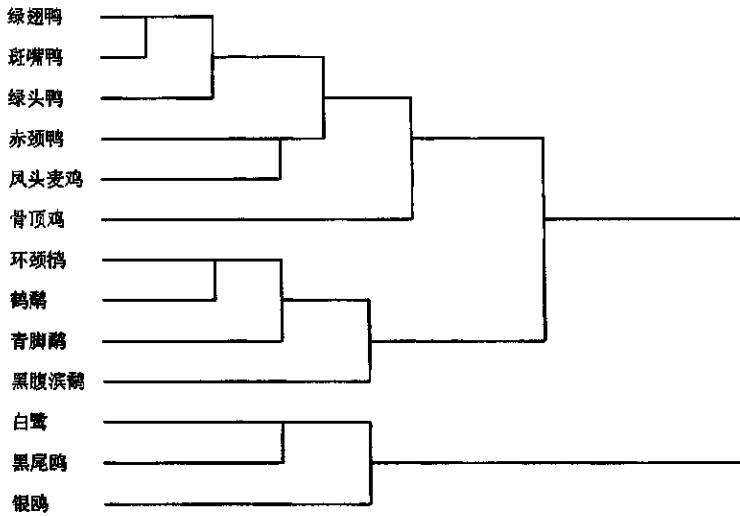


图 2 食性生态位聚类结果

表 2 鸟胃中食物出现频率(%)

种类	小坚果	茎类	草屑	草籽	螺类	贝类	甲壳类	昆虫	鱼类	贝壳砂砾	卵壳*
白鹭	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.0	6.0	56.0	0.0	0.0
绿翅鸭	52.8	16.7	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	0.0
绿头鸭	78.3	0.8	0.0	0.0	7.1	0.1	1.1	0.0	0.0	5.6	0.0
斑嘴鸭	30.4	16.5	0.0	0.0	5.9	0.3	2.4	0.0	0.3	13.7	0.0
赤颈鸭	6.0	35.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.9	0.0
骨顶鸡	18.0	37.0	0.0	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
凤头麦鸡	34.0	32.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0
环颈鸪	0.0	0.0	43.5	4.4	4.4	4.4	13.0	4.4	0.0	26.1	0.0
鹤鹑	0.0	0.0	50.0	0.0	25.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
青脚鹬	0.0	0.0	33.3	0.0	33.3	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0
黑腹滨鹬	0.0	0.0	3.7	7.3	14.3	31.9	5.9	2.6	0.0	34.4	0.0
黑尾鸥	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	76.0	0.0	0.0
银鸥	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	47.0	0.0	45.0

* 代表胃中出现的卵壳和雏鸟的骨骼

第 3 类由赤颈鸭、凤头麦鸡、骨顶鸡、黑腹滨鹬、白鹭、黑尾鸥、银鸥构成,是一群食性生态位上的相对独立者,通过聚类分析发现,它们之间的欧氏距离 D 差别较大,即所占据的食性生态位与别的种类鸟选择结果明显分开。

2.4 形态生态位聚类分析 将喙长与跗蹠长进行统计,列表如下(表 3)。

由表 3 可见,这些占据优势种群地位的鸟类在形态生态位上可分为 3 个类群。

第 1 类由鹤鹑、青脚鹬、黑尾鸥、绿头鸭、斑嘴鸭组成。由图 4 的喙长排序和图 5 的跗蹠长排序发现,这些鸟类在做喙长比较时,都比较接近,皆处于 50 ~ 60 mm 的范围,同样在跗蹠长比较时,处于 47 ~ 60 mm 的范围。

表 3 喙长与跗蹠长数据表

种类	具蹠 (+)	喙长 (mm)	标准差	跗蹠长 (mm)	标准差	样本数
白鹭	-	75.63	7.33	96.44	7.25	23
绿翅鸭	+	37.22	1.67	30.37	1.58	35
绿头鸭	+	57.43	1.28	47.69	0.98	36
斑嘴鸭	+	53.12	1.44	45.78	0.73	35
赤颈鸭	+	36.45	1.64	36.48	1.59	35
骨顶鸡	-	33.36	2.21	48.84	2.45	22
凤头麦鸡	-	25.64	2.33	46.37	2.26	20
环颈鸪	-	16.54	1.28	27.29	0.98	24
鹤鹑	-	57.48	3.30	57.44	3.34	26
青脚鹬	-	58.39	2.77	60.11	5.10	23
黑腹滨鹬	-	34.54	1.67	26.21	1.53	21
黑尾鸥	+	50.76	2.47	55.35	1.31	15
银鸥	+	57.54	2.81	71.53	1.96	18

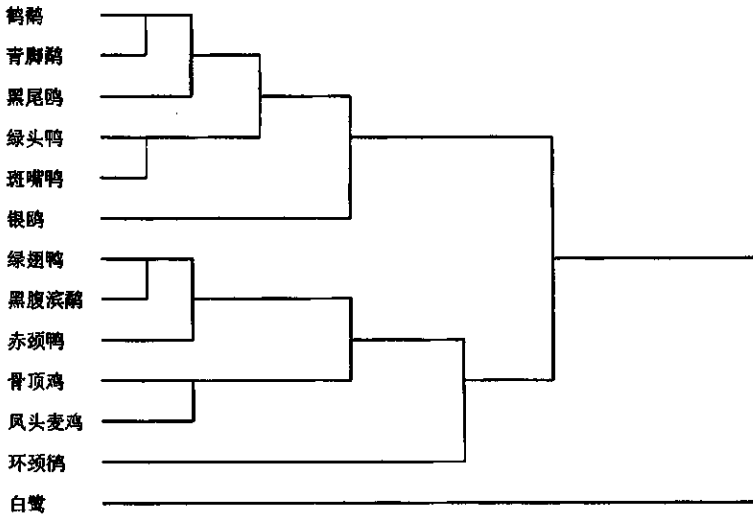


图 3 形态生态位聚类结果

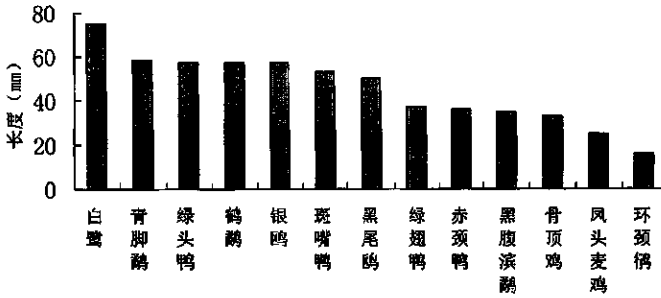


图 4 喙长排序结果

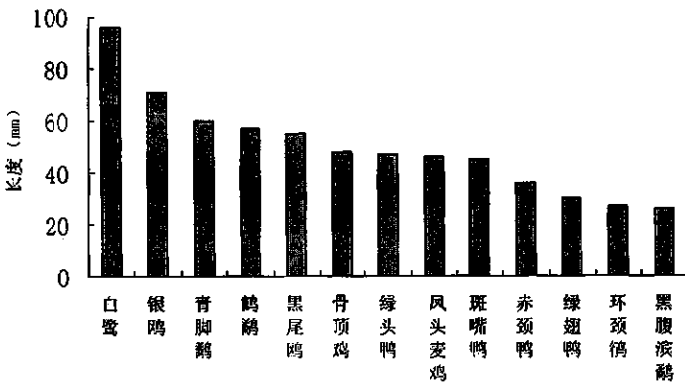


图 5 跗蹠长排序结果

对形态特征中喙长度与跗蹠长度的数据进行聚类分析,可得形态生态位聚类分析结果(图 3)。

第 2 类由绿翅鸭、黑腹滨鹬、赤颈鸭、骨顶鸡、凤头麦鸡组成。它们的喙长在 25 ~ 38 mm 的范围,它们的跗蹠长在 25 ~ 45 mm 的范围。

第 3 类由银鸥、环颈雉、白鹭组成。白鹭的喙长、跗蹠长突出,居第 1 位。环颈雉则喙长、跗蹠长皆较短,银鸥在这些鸟类的跗蹠长排序中仅次于白鹭,这些结果与其他鸟类的排序结果可明显分开,因此将它们归为独立的一群。

3 讨论

由取食空间生态位聚类分析的结果确定的第一类群中,黑尾鸥、银鸥、绿头鸭、黑腹滨鹬取食空间生态位接近,在食性生态位这一维度上却能够明显分开,即食性生态位能够作为它们在取食空间生态位较接近情况下的生态位隔离手段(图2)。如图3所示的形态生态位可得知,形态生态位也可作为此取食空间相似的种群生态位隔离手段,即在取食空间生态位接近的种类之中,食性生态位或形态生态位往往会存在明显差异,因而可以作为生态位维度上分离的内因之一。同样,验证可知由取食空间生态位聚类分析的结果确定的第2类群的赤颈鸭、鹤鹑、绿翅鸭,若以喙长和跗蹠长的形态指标再次作生态位分析,将发现其形态生态位可以作为生态位隔离的手段(图3)。由此可见,最终这些占据优势种群地位鸟类的生态位能够错开,它们在食物资源系列以及生存空间中的利用是相对均匀的,仍可较稳定地共存。

鸟类的食性、喙长与跗蹠长度、是否具蹼等特征是经过长期进化形成的。在进化过程中,动物选择了适应本身条件发展的最佳觅食策略。对个体较大的鸟类而言,往往选择一种活动性较小,觅食成功率较大,所觅食物个体较大的方式发展,以减少体型较大所带来的活动能耗,故它们食性单调,生态位宽度较狭(如白鹭)。而中小型的鸟类(如黑腹滨鹬)则以提高觅食活动率,增加食物量为其觅食策略,他们的食物选择性较小,食性生态位较宽^[11,12]。一般认为在一个栖息地或取食空间的群落中,共存种往往具有一定的形态差异,以增加生态隔离,减少种间竞争^[13]。一般说来,喙长往往意味着能啄食匿藏较深的底栖动物,也意味着对食物选择的分化^[14]。图4表明,白鹭、绿头鸭、青脚鹬、鹤鹑、银鸥的喙较长,其取食空间的选择与喙的形态功能相一致。而涉禽的跗蹠长度对涉禽的栖息地的选择也有一定关系,跗蹠较长的种类在浅水处和草丛中出现频率较高,而跗蹠较短的种类在裸露地带出现的频率较高^[14]。由图5知,白鹭、银鸥、青脚鹬、鹤鹑、黑尾鸥的跗蹠长排名靠前,这些种类在浅水处和草丛中出现的频率的确较高,因此也可以验证形态结构是与功能相一致的。

不同的生态特征之间互相关联,同时,鸟类对栖息地的选择行为也同样表明了可供选择的栖息地之间存在差异,而这些有差异的栖息地恰为不同种群提供了不同的生态环境,从而影响着他们的生存与繁衍^[15,16]。自从 Grinnell (1917) 研究了加州嘲鸫 (*Toxostoma*

redivivum) 的生态位后,在确信某一物种的分布(或存在)与其栖息地的特征之间有可预测的关联性这一前提下,众多生态学家致力于栖息地选择的研究工作^[17]。

另外,某些种类以种群数量出现高峰的交错来达到生态位分离的目的,因此多维生态位空间的存在,为形态相似种的共存提供了条件。在取食空间划分时,用植被类型人为划分5个地带,如果将5个地带划分更细的话,则取食空间的重叠度会小一些,这同时也反映出这些占据优势种群地位的鸟类在食物资源系列中的利用是相对均匀的。在调查中观察到生态位分离是相对的,种间竞争仍在进行。在涨潮时,鸟类被赶到较小的取食栖息场所,其觅食行为明显减少,种间直接攻击屡有发现,这可能是空间资源的减少,群落相对不稳定因素增加的缘故。在退潮期,无论空间资源还是食物资源都处于相对丰富状态,在这种状态下,滩涂各种鸟类在不同的生态位维度上的分离保证了这些鸟类稳定的共存于一个群落之中。

参 考 文 献

- [1] 国家林业部. 中国湿地保护行动计划. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [2] 贾少波, 贾鲁, 陈建秀. 山东聊城水鸟组成及其生态分布. 动物学杂志, 2003, 38(5): 91-94.
- [3] 吴诗宝, 柯亚永, 吴桂生等. 雷州半岛湿地水鸟区系组成及生态分布的初步研究. 动物学杂志, 2002, 37(2): 1-5.
- [4] 敬凯, 唐仕敏, 陈家宽等. 崇明东滩白头鹤的越冬生态. 动物学杂志, 2002, 37(6): 29-34.
- [5] Van den Wyngaert I J J, Wienk L D, Sollie S, et al. Long-term effects of yearly grazing by moulting Greylag geese on reed (*Phragmites australis*) growth and nutrient dynamics. *Aquatic Botany*, 2003, 75: 229-248.
- [6] Recher H F, Recher J A. Some aspects of the ecology on migrant shorebirds aggression. *The Wilson Bulletin*, 1969, 81(2): 140-154.
- [7] 上海市农林局. 上海市崇明东滩鸟类自然保护区科学考察集. 上海: 华东师范大学出版社, 2002.
- [8] Howes J, Bakewell D. *Shorebird Studies Manual*. Kuala Lumpur: AWB Publication, 1989, 143-147.
- [9] Brown W L, Wilson E O. Character displacement on systematic waterbird community. *Zool*, 1956, 5(2): 49-64.
- [10] Baker M Charles. Morphological correlates of habitat selection in a community of shorebirds. *Oikos*, 1981, 33(1): 121-126.
- [11] Holmes R T, Pitelka F A. Food overlap among coexisting sandpipers on northern Alaskan tundra. *Syst Zool*, 1968, 17: 305-318.

- [12] Guss custard J D , Jones R E , Newbery P E . The ecology of the wash. I. distribution and diet of wader birds. *J Appl Ecol* , 1977 , **14** :681 ~ 700.
- [13] Davidson N C , West R , Scott D A , *et al* . WSG project on the effects of severe weather on waders—second progress report. *Wader Study Group Bull* , 1985 , **38** :8 ~ 9.
- [14] 王天厚 , 钱国桢 . 长江口杭州湾鸻形目 鸟类 . 上海 : 华东师范大学出版社 , 1988 , 112 ~ 119.
- [15] Parsons P . Ecobehavioral genetics : habitats and colonists. *Ann Ecol Syst* , 1983 , **14** :35 ~ 55.
- [16] Cody M L . Habitat Selection in Bird . London : Academic Press , 1985 .
- [17] Rotenberry J T . Why measure bird habitats ? In : Capen D E ed . The Use of Multivariate Statistics in Studies of Wildlife Habitat . USA : Fort Collins CO , 1981 , 33 ~ 37 .
- [18] 钱国桢 , 崔志兴 , 王天厚 . 长江口、杭州湾北部的鸻形目 鸟类群落 . 动物学报 , 1985 , **31** (1) :96 ~ 97 .
- [19] 赵雨云 , 冯志军 , 陈家宽 . 崇明东滩越冬白头鹤食性研究 . 复旦学报 (自然科学版) , 2002 , **41** (6) :609 ~ 613 .
- [20] 高玮 . 鸟类生态学 . 长春 : 东北师范大学出版社 , 1993 .
- [21] 王玲玲 , 周纪芎编著 . 常用统计方法 . 上海 : 华东师范大学出版社 , 1994 , 114 ~ 123 .
- [22] Hands H M , Ryan M R , Smith J W . Migrant shorebird use of marsh , moist soil , and flooded agricultural habitats. *Wildlife Society Bulletin* , 1991 , **19** :457 ~ 464 .
- [23] Barter D , Tonkinson . Wader departures from Chongming Dao (Near Shanghai , China) During March April . *Silt* , 1997a , **31** :12 ~ 17 .