

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第18期 Vol.31 No.18 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 18 期 2011 年 9 月 (半月刊)

目 次

高寒矮嵩草草甸冬季 CO ₂ 释放特征	吴 琴, 胡启武, 曹广民, 等 (5107)
开垦对绿洲农田碳氮累积及其与作物产量关系的影响	黄彩变, 曾凡江, 雷加强, 等 (5113)
施氮对几种草地植物生物量及其分配的影响	祁 瑜, 黄永梅, 王 艳, 等 (5121)
浙江天台山甜槠种群遗传结构的时空自相关分析	祁彩虹, 金则新, 李钧敏 (5130)
大兴安岭林区不同植被对冻土地温的影响	常晓丽, 金会军, 于少鹏, 等 (5138)
樟子松树轮不同组分的稳定碳同位素分析	商志远, 王 建, 崔明星, 等 (5148)
内蒙古不同类型草地叶面积指数遥感估算	柳艺博, 居为民, 朱高龙, 等 (5159)
杭州西湖北里湖荷叶枯落物分解及其对水环境的影响	史 绮, 焦 锋, 陈 莹, 等 (5171)
火干扰对小兴安岭落叶松-苔草沼泽温室气体排放的影响	于丽丽, 牟长城, 顾 韩, 等 (5180)
黄河中游连伯滩湿地景观格局变化	郭东罡, 上官铁梁, 白中科, 等 (5192)
黄土区次生植被恢复对土壤有机碳官能团的影响	李 婷, 赵世伟, 张 扬, 等 (5199)
我国东北土壤有机碳、无机碳含量与土壤理化性质的相关性	祖元刚, 李 冉, 王文杰, 等 (5207)
黄土旱塬裸地土壤呼吸特征及其影响因子	高会议, 郭胜利, 刘文兆 (5217)
宁南山区典型植物根际与非根际土壤微生物功能多样性	安韶山, 李国辉, 陈利顶 (5225)
岩溶山区和石漠化区表土孢粉组合的差异性——以重庆市南川区为例	郝秀东, 欧阳绪红, 谢世友 (5235)
夏蜡梅及其主要伴生种叶的灰分含量和热值	金则新, 李钧敏, 马金娥 (5246)
苏柳 172 和垂柳对 Cu ²⁺ 的吸收特性及有机酸影响	陈彩虹, 刘治昆, 陈光才, 等 (5255)
导入 <i>TaNHX2</i> 基因提高了转基因普那菊苣的耐盐性	张丽君, 程林梅, 杜建中, 等 (5264)
空气湿度与土壤水分胁迫对紫花苜蓿叶表皮蜡质特性的影响	郭彦军, 倪 郁, 郭芸江, 等 (5273)
黄土高原旱塬区土壤贮水量对冬小麦产量的影响	邓振镛, 张 强, 王 强, 等 (5281)
咸阳地区近年苹果林地土壤含水量动态变化	赵景波, 周 旗, 陈宝群, 等 (5291)
苗药大果木姜子挥发油成分变化及其地理分布	张小波, 周 涛, 郭兰萍, 等 (5299)
环境因子对小球藻生长的影响及高产油培养条件的优化	丁彦聪, 高 群, 刘家尧, 等 (5307)
不同基质对北草蜥和中国石龙子运动表现的影响	林植华, 樊晓丽, 雷焕宗, 等 (5316)
安徽沿江浅水湖泊越冬水鸟群落的集团结构	陈锦云, 周立志 (5323)
黑胸散白蚁肠道共生锐滴虫目鞭毛虫的多样性分析与原位杂交鉴定	陈 文, 石 玉, 彭建新, 等 (5332)
基于熵权的珠江三角洲自然保护区综合评价	张林英, 徐颂军 (5341)
专论与综述	
中小尺度生态用地规划方法	荣冰凌, 李 栋, 谢映霞 (5351)
土地利用变化对土壤有机碳的影响研究进展	陈 朝, 吕昌河, 范 兰, 等 (5358)
海洋浮游植物与生物碳汇	孙 军 (5372)
多年冻土退化对湿地甲烷排放的影响研究进展	孙晓新, 宋长春, 王宪伟, 等 (5379)
生源要素有效性及生物因子对湿地土壤碳矿化的影响	张林海, 曾从盛, 仝 川 (5387)
生态网络分析方法研究综述	李中才, 徐俊艳, 吴昌友, 等 (5396)
研究简报	
不同群落中米氏冰草和羊草的年龄结构动态	金晓明, 艾 琳, 刘及东, 等 (5406)
主题分辨率对 NDVI 空间格局的影响	黄彩霞, 李小梅, 沙晋明 (5414)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 314 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-09



封面图说: 在树上嬉戏的大熊猫——大熊猫是中国的国宝, 自然分布狭窄, 数量极少, 世界上仅分布在中国的四川、陕西、甘肃三省的部分地区, 属第四纪冰川孑遗物种, 异常珍贵。被列为中国国家一级重点保护野生动物名录, 濒危野生动植物种国际贸易公约绝对保护的 CITES 附录一物种名录。瞧, 够得上“功夫熊猫”吧。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

陈锦云,周立志. 安徽沿江浅水湖泊越冬水鸟群落的集团结构. 生态学报, 2011, 31(18): 5323-5331.

Chen J Y, Zhou L Z. Guild structure of wintering waterbird assemblages in shallow lakes along Yangtze River in Anhui Province, China. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(18): 5323-5331.

安徽沿江浅水湖泊越冬水鸟群落的集团结构

陈锦云^{1, 2}, 周立志^{1, *}

(1. 安徽大学资源与环境工程学院, 安徽大学生物多样性与湿地生态研究所, 合肥 230601;

2. 淮南师范学院生命科学系, 淮南 232001)

摘要:长江中下游湖泊是越冬水鸟的重要栖息地,随着湖泊渔业养殖强度的不断加大,湖泊湿地严重退化,水鸟的越冬生态受到影响。为揭示长江中下游浅水湖泊越冬水鸟对湿地资源的利用特征,2008 年 12 月至 2009 年 3 月,通过扫描取样法采集安徽省长江沿江升金湖、菜子湖和武昌湖 3 个浅水湖泊 30 种越冬水鸟的取食行为百分比数据,利用聚类分析法对越冬水鸟进行集团划分,并采用无倾向对应法(DCA)分析越冬水鸟的取食特征。聚类分析结果表明,安庆沿江湖泊越冬水鸟群落可分为 4 个集团,即深水取食集团 G1、挖掘和啄取集团 G2、浅水取食集团 G3 和泥滩拾取集团 G4。G2 集团的鸟种最多,共有 13 种,优势种为鸿雁(*Anser cygnoides*)、豆雁(*Anser fabalis*); G3 集团次之,共 6 种,优势种为小天鹅(*Cygnus columbianus*)、白琵鹭(*Platalea leucorodia*); G4 集团共 5 种,优势种为黑腹滨鹬(*Calidris alpina*)、鹤鹑(*Tringa erythropus*)和红脚鹑(*Tringa totanus*); G1 集团水鸟种类有 6 种。这些水鸟的觅食生境主要在湖泊滩涂和浅水区域,其食物资源的可利用性和觅食对策共同决定群落组成结构。DCA 分析表明,取食方式及取食时运动方式组成的觅食对策决定了集团食物资源的分割,草滩中取食鸟类主要采用静止取食和啄取方式,泥滩取食集团主要采取拾取及奔-停取食,深水区取食集团则主要采用潜水方式取食,因此,维持湖泊不同区域的丰富食物资源对于保护湖泊丰富的水鸟资源具有重要意义。

关键词:水鸟;集团;取食行为;资源分割

Guild structure of wintering waterbird assemblages in shallow lakes along Yangtze River in Anhui Province, China

CHEN Jinyun^{1, 2}, ZHOU Lizhi^{1, *}

1 School of Resources and Environmental Engineering, Institute of Biodiversity and Wetland Ecology, Anhui University, Hefei 230601, China

2 Life Science Department of Huainan Normal University, Huainan 232001, China

Abstract: Shallow lakes in the middle and lower Yangtze River floodplain are important habitats for wintering waterbirds. In recent years, with the impact of fisheries increasing in the lakes, the wetland has become seriously degraded, which has adversely affected the foraging ecology of the wintering waterbirds. To gain insight into the characteristics of inland wetland resource partitioning of the waterbird assemblages in the shallow lakes, we collected data on foraging behavior of 30 waterbird species by instantaneous scan sampling during fieldwork from December 2008 to March 2009. Study sites were in Shenjin Lake, Caizi Lake and Wuchang lake, which are along the Yangtze River in Anhui Province, China. Clustering analysis was used to classify the wintering waterbird assemblages into different guilds. Detrended correspondence analysis (DCA) was also used to analyze the resource partitioning characteristics of the waterbirds. The results showed that the wintering waterbirds could be divided into four groups: deep water foragers (G1), shallow water foragers (G2), peckers and diggers (G3), and pickers in the mudflat (G4). G2 was the largest group with a total of 13 bird species, and of these the dominant species were swan geese and bean geese. The second largest group was G3 with six species, and the dominant

基金项目:国家自然科学基金项目(30870317); 中欧生物多样性项目(00056783); 安徽大学人才队伍项目

收稿日期:2011-02-11; **修订日期:**2011-07-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhoulz@ahu.edu.cn

species were tundra swan and Eurasian spoonbill. G4 was composed of five bird species, and the dominant birds were dunlin, spotted redshank and common redshank. The smallest group was G1, with only six species. The foraging substrates of the guilds were mainly mud flats and littoral zones. The first main axis of the DCA analysis was associated with wintering waterbird feeding behavior and movement ability; the second axis was associated with waterbird feeding space and foraging mechanism. The results showed that the foraging strategies and foraging sites together explain the partitioning of resources. Foraging behavior, movement pattern and foraging substrate were associated; the wintering waterbirds used different foraging strategies. Marsh birds mainly stayed feeding and pecking, mudflats birds used pause-travel foraging, and deep water birds mainly dived to forage. Thus, feeding behavior and food resources together with foraging strategy determined the characteristics of resources partitioning of the wintering waterbirds in the shallow lakes. Waterbirds in the grasslands mainly foraged by pecking, those in the mudflats used pause-travel foraging while the deep water birds foraged by diving.

The results of this study showed that the large number of wintering waterbirds mainly foraged in the lake beach and shallow waters zone, which provide wintering food resources for waterbirds throughout the wintering season. During the wintering period, the decrease in abundance of vegetation and zoobenthos in the shallow lakes of the middle and lower Yangtze River floodplain severely impacts the wintering ecology of migrating waterbirds. We believe that it is important to maintain food availability in the different lake zones during the winter to maintain high waterbird diversity. However, further investigation is required to determine the type of food resources required in the inland lakes along Yangtze River during different periods.

Key Words: waterbirds; guild; foraging behavior; resource partitioning

中纬度湖泊是迁徙水鸟的重要栖息地^[1],每年冬季大量的越冬水鸟聚集在这些湿地中^[2]。由于水鸟密度增大,食物资源利用的强度增加,种间竞争加剧,因此获得丰富的食物资源和有效地利用食物和空间资源是水鸟安全地渡过越冬期并顺利返回繁殖地前提条件。在湖泊越冬生境中水鸟在有限的范围内以相似的方式进行资源有效分割,可能是其大量集群的重要原因^[3]。因此,水鸟资源分割机制令人关注。水鸟种间的形态学差异影响资源利用^[4],而在形态相似的水鸟群落中,水鸟对资源的发现和利用方式体现觅食对策,如通过不同的运动方式和视觉或者触觉组合探测不同深度基质中食物资源。觅食策略细微差别可能导致水鸟更为细致的资源分割,从而实现湖泊中多种水鸟共存,维持水鸟群落稳定^[3]。集团则是采用相同对策对资源利用的物种集合,越冬栖息地食物的可利用性^[5]、觅食风险^[6]以及非生物因子^[7]等影响着越冬水鸟群落的组成及空间分布,对水鸟集团结构产生影响^[8]。通过水鸟取食集团的研究有助于进一步认识湿地环境变化对水鸟群落结构的影响^[8-9]。

长江中下游浅水型通江湖泊是东亚—澳大利亚迁徙路线上迁徙水鸟的重要越冬地和中途停歇地^[10],每年超过 110 多种越冬水鸟在这些湖泊中觅食,包括数量巨大的雁鸭类和鸕鹚类^[2]。近年来,该区域快速的经济发展使湖泊受到前所未有的巨大开发压力,围湖养殖面积迅速扩大,湖泊中越冬水鸟的觅食生境受到严重的人为扰动不断退化^[11],水鸟数量不断减少^[12]。水鸟对湖泊湿地退化的响应往往在群落结构和组成上有所体现,因此越冬水鸟觅食集团的研究对了解湖泊食物资源变化,监测湿地环境的变化,并采取积极的资源保护措施具有重要意义。

于 2008—2009 年冬季选择长江中下游安徽安庆沿江的 3 个浅水性湖泊,通过越冬水鸟取食基质和取食行为的分析,了解长江中下游湖泊越冬水鸟群落结构组成和资源利用特征,探讨湖泊湿地变化对越冬水鸟群落的影响。

1 研究方法

1.1 研究地点

研究区域处于中国内陆长江中下游地区 3 个沿江湖泊:武昌湖、升金湖和菜子湖(E116.56°—117.30°,

N30.23°—30.97°)。该区域地处亚热带湿润气候区,年均气温为16.5—16.7℃,冬季湖区气温0℃以下天数较少,湖面有少量结冰而无全湖冰封期;年降水量为1291.33—1322.23 mm,冬季的降水量少。每年夏季8月为湖泊丰水期,此后水位逐渐下降,12月份进入冬季水位枯水期,第2年4月水位恢复上涨。冬季湖泊水位较低,裸露出大面积的滩涂,为越冬鸟类提供良好的栖息觅食生境。湖区夏季主要植被挺水植物芦苇(*Phragmites australis*)、菰(*Zizania latifolia*),香蒲(*Typha orientalis*)和荆三棱(*Bolboschoenus yagara*),漂浮植被有马来眼子菜(*Potamogeton malaianus*)、荇菜(*Nymphaea peltata*),沉水植被主要有苦草(*Vallisneria spiralis*)、黑藻(*Hydrilla verticillata*)、金鱼藻(*Ceratophyllum demersum*)等,这些植被在冬季露出水面死亡;枯萎植被留下的块茎、根以及湖区底栖动物为越冬水鸟提供丰富的可供利用的食物资源。底栖动物主要有水蚯蚓(*Oligochaeta limnodrilus*)、螺类主要为环棱螺(*Bellamya* sp.)和水生昆虫。由于湖泊养殖模式和利用强度不同,各湖泊的植被和底栖生物有较大差异。武昌湖为全湖养鱼经营性湖泊,湖中的水生植被退化严重,而菜子湖则是分片经营性湖泊,挺水植物和沉水植物相对较为丰富^[13]。

根据3个湖泊滩涂植被,泥滩宽度和水位,在水鸟觅食的典型生境中,选择8个代表性固定点作为观察鸟类取食行为的取样地点,其中武昌湖2调查点:1,马山 N30°17', E116°37';2,陈家湾 N30°06', E116°46';升金湖3个调查点:3,大坝 N30°18', E116°59';4,联合 N30°19', E116°59';5,横洲 N30°22', E116°59';菜子湖3个调查点:6,松山 N30°49', E117°05';7,珠檀 N30°52', E117°04';8,先让, N30°51', E117°06'(图1)。

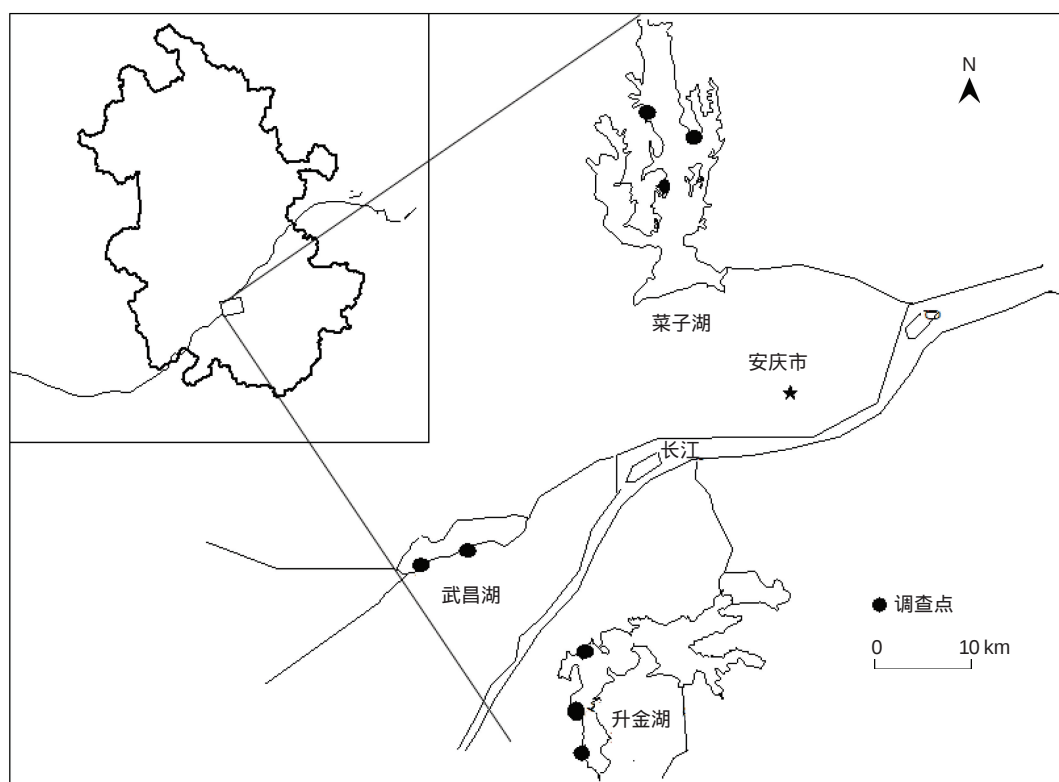


图1 安徽沿江湖泊中的研究地点

Fig.1 Study sites in the lakes along Yangtze River in Anhui Province, China

1.2 数据采集

数据收集时间从2008年12月1日开始至2009年3月30日结束,以单筒望远镜(BOSMA, ST16-48×65B)(远距离)和双筒望远镜(PANDA, 10×42)(近距离)进行扫描取样法^[7]记录水鸟群落的取食行为数据。每月每个调查样点进行3次鸟类取食行为调查,每次调查完成1个样点为一个样本,共获得96个样本。调查时间为7:00—11:00, 13:00—17:00。扫描时从水鸟群落左侧按顺序向右侧扫描,看到鸟类取食活动时识辨

水鸟的种类、记录取食方式、运动方式和取食基质。每个取食行为观察时间为 15 s, 确定该行为为取食活动并只记录该种取食活动, 无取食活动的鸟种类和数量不记录到样本数据中。

参考 Paszkowski^[6]和 Gatto^[7]的研究将取食方式定义如下:

取食方式 (1) 潜水取食, 整个身体潜入水面下取食; (2) 头部入水取食, 头部没入水中, 滤取水中的食物; (3) 拾取, 用喙直接拾取基质表面或者浅层食物; (4) 探取, 用喙刺探基质深层食物; (5) 啄取, 用喙快速攫取运动中的食物, 或者植物的叶、芽; (6) 挖掘, 掘开泥土, 取食基质底层的植物根茎; (7) 飞捕, 在空中飞翔捕捉食物或者空中俯冲取食水表面食物。

运动方式 (1) 静止取食, 取食时身体处于静止状态, 仅用喙飞快啄取食物; (2) 奔-停取食, 取食时跑动和静止交替进行, 在基质上搜寻食物; (3) 不间断运动取食, 在取食基质上取食时不停地运动。

取食基质 (1) 草滩, 草质基底, 主要分布的食物为植物叶芽、地下根茎, 少量无脊椎动物; (2) 泥滩, 湖泊水位退出不久留下的光滩, 主要分布的食物为无脊椎动物; (3) 浅水区, 紧邻水线, 水深不超过 0.5 m 的区域, 主要食物为无脊椎动物和浮游生物; (4) 深水区, 水深超过 0.5 m 的区域, 主要食物为鱼类和大型的无脊椎动物。

1.3 数据分析

在不影响分析越冬水鸟群落特征的情况下, 将观察到取食行为次数少于 15 次的鸟种数据舍弃后^[8], 共 30 种常见越冬水鸟 9667 只次取食行为数据用于资源利用分析。将鸟种-取食行为频次转化为资源利用百分比数据矩阵, 输入生态学软件 PC-ORD 5.0 (Version 5.0, MjM Software) 进行聚类, 聚类方法采用欧式距离的离差平方和法, 分析鸟类资源集团的构成, 将同一集团内取食次数超过该集团取食总次数 10% 的鸟种, 定义为该集团的优势种。同时进行 DCA 分析水鸟集团基于行为的资源分割方式, 其中取食变量与主轴之间采用 Pearson 相关系数, 分析主轴和变量之间的关系^[14], 各变量之间其夹角越小, 其相关性越高^[15]。

2 结果

2.1 越冬水鸟群落取食集团种类构成

根据水鸟在越冬地的取食行为和基质, 沿江 3 个湖泊越冬的水鸟群落可划分为 4 个取食集团 (图 2)。

G1 深水取食集团, 取食湖泊深水区域内的大型无脊椎动物和鱼类, 采取的捕食方式是潜水捕食或者像银鸥 (*Larus argentatus*) 飞捕水面的食物, 包括的水鸟种类有 6 种: 小鸕鹚 (*Trachybaptus ruficollis*)、凤头鸕鹚 (*Podiceps cristatus*)、白骨顶 (*Fulica atra*)、白秋沙鸭 (*Mergus albellus*)、普通秋沙鸭 (*Mergus merganser*)、银鸥, 白骨顶为 G1 集团内优势种。

G2 挖掘和啄取集团, 在水域和滩涂内啄取食物, 主要取食植物的根和种子或者啄取基质表面食物, 共有 13 种: 苍鹭 (*Ardea cinerea*)、大白鹭 (*Egretta alba*)、东方白鹳 (*Ciconia boyciana*)、鸿雁 (*Anser cygnoides*)、赤麻鸭 (*Tadorna ferruginea*)、绿头鸭 (*Anas platyrhynchos*)、斑嘴鸭 (*Anas poecilorhyncha*)、绿翅鸭 (*Anas crecca*)、豆雁 (*Anser fabalis*)、白头鹤 (*Grus monacha*)、白额雁 (*Anser albifrons*)、黑水鸡 (*Gallinula chloropus*)、青脚鹬 (*Tringa nebularia*), 本集团优势种为鸿雁、豆雁。

G3 浅水取食集团, 采取的主要取食方式是挖掘或者头部入水取食浅水湖区食物, 共 6 种: 白琵鹭 (*Platalea leucorodia*)、小天鹅 (*Cygnus columbianus*)、罗纹鸭 (*Anas falcata*)、白眉鸭 (*Anas querquedula*)、反嘴鹬 (*Recurvirostra avosetta*)、针尾鸭 (*Anas acuta*), 集团优势种为白琵鹭和小天鹅。

G4 泥滩拾探集团, 采用的取食方式是拾取湖区表层的食物, 如无脊椎动物等, 共 5 种: 金眶鸻 (*Charadrius dubius*)、环颈鸻 (*Charadrius alexandrinus*)、黑腹滨鹬 (*Calidris alpina*)、鹤鹬 (*Tringa erythropus*)、红脚鹬 (*Tringa totanus*), 黑腹滨鹬、鹤鹬和红脚鹬为优势种。

2.2 觅食对策与取食空间利用

根据取食基质与取食行为百分比数据无趋势对应分析 (DCA) 分析表明, 第 1 轴与取食变量中的啄取 ($r=0.934$, $n=30$, $P=0.001$) 和运动方式静止取食 ($r=0.877$, $n=30$, $P=0.006$) 极显著正相关, 靠近这一轴取食

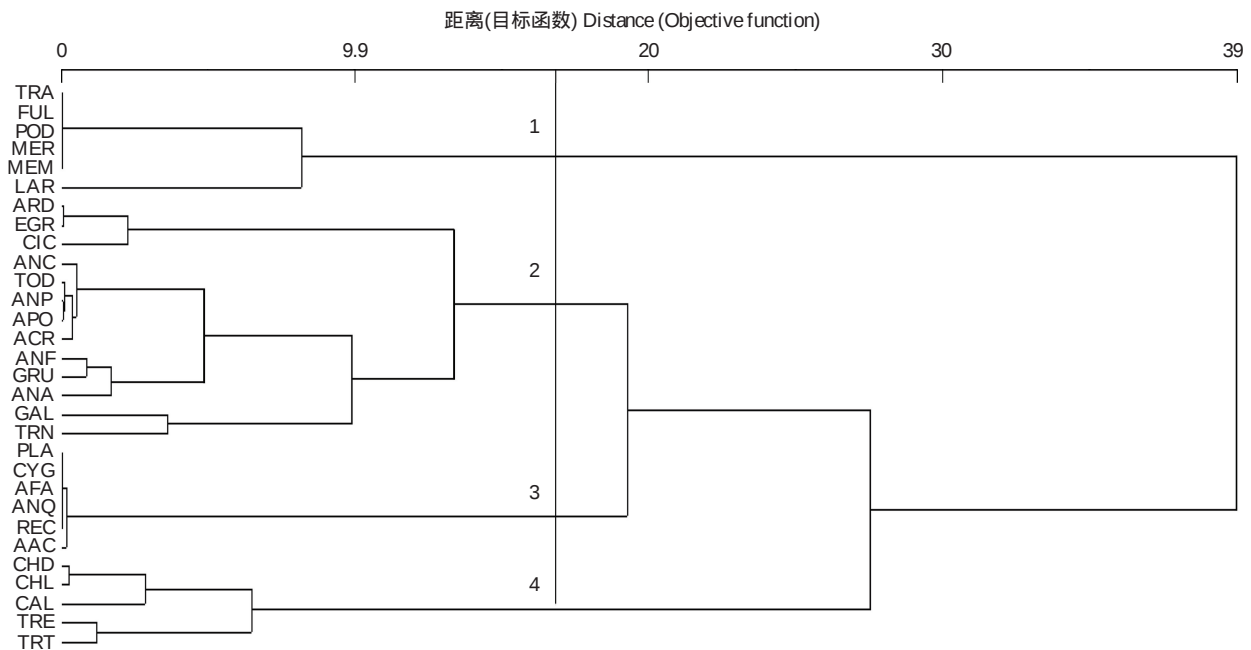


图2 安徽沿江湖泊越冬水鸟取食集团结构的聚类分析

Fig. 2 Cluster dendrogram of the foraging guilds of waterbirds in the lakes along Yangtze River in Anhui Province

TRA: 小鸊鷉; POD: 凤头鸊鷉; FUL: 白骨顶; MER: 白秋沙鸭; MEM: 普通秋沙鸭; LAR: 银鸥; ARD: 苍鹭; EGR: 大白鹭; CIC: 东方白鹳; ANC: 鸿雁; TOD: 赤麻鸭; ANP: 绿头鸭; APO: 斑嘴鸭; ACR: 绿翅鸭; ANF: 豆雁; GRU: 白头鹤; ANA: 白额雁; GAL: 黑水鸡; TRN: 青脚鹬; PLA: 白琵鹭; CYG: 小天鹅; AFA: 罗纹鸭; ANQ: 白眉鸭; REC: 反嘴鹬; AAC: 针尾鸭; CHD: 金眶鸻; CHL: 环颈鸻; CAL: 黑腹滨鹬; TRE: 鹤鹬; TRT: 红脚鹬

对策的集团为 G2 和 G3;主要的种类有鸿雁、豆雁、小天鹅等;第 2 轴与取食基质泥滩($r=0.902$, $n=30$, $P=0.002$)、取食方式中的拾取($r=0.883$, $n=30$, $P=0.004$)极显著正相关,与运动方式中的奔停取食($r=0.851$, $n=30$, $P=0.022$)显著相关,靠近这一轴取食对策的集团为 G4,主要的种类为鸻鹬类中黑腹滨鹬、鹤鹬和环颈鸻等;第 3 轴与取食方式中的潜水取食($r=0.802$, $n=30$, $P=0.006$)、取食基质深水区域极显著正相关($r=0.812$, $n=30$, $P=0.000$),靠近这一轴的种类有银鸥、白骨顶和小鸊鷉等(表1、图3a,b);因此,第1

表1 各取食变量与 DCA 前三轴的相关性系数

Table 1 Pearson correlations between foraging variables and the first three axes of the DCA

取食变量 Foraging variables	轴 Axes		
	1	2	3
潜水取食 Diving feeding	-0.317	-0.361	0.802 **
头部入水取食 Submerging feeding	-0.315	-0.393	-0.811 *
拾取 Picking feeding	-0.152	0.883 **	0.023
探取 Probing feeding	-0.048	0.440	0.134
啄取 Pecking feeding	0.934 **	-0.089	0.035
挖掘 Digging feeding	-0.094	-0.015	-0.082
飞捕 Plunging feeding	-0.093	-0.096	0.127
静止取食 Stay feeding	0.877 **	-0.066	-0.099
奔-停取食 Pause-travel feeding	-0.090	0.851 **	0.036
不间断运动取食 Continuously moving feeding	-0.657	-0.624	0.053
草滩 In grassland	0.301	-0.062	0.012
泥滩 In mudflat	0.221	0.902 **	0.040
浅水 In littoral zones	-0.064	-0.346	-0.866 *
深水 In profundal zones	-0.276	-0.413	0.812 **

* $0.01 < P < 0.05$; ** $P < 0.01$ 。相关分析为泊松相关分析

轴主要代表的越冬水鸟取食行为和运动机制信息,第2轴主要代表水鸟取食空间和食物发现机制信息。结果表明,取食方式及取食时运动方式组成的觅食对策和取食空间中的资源共同决定了集团的资源分割。对取食行为、运动方式与取食基质 DCA 相关性分析表明,越冬水鸟在不同的取食基质与其采用觅食对策具有相关性:草滩中取食鸟类主要采用静止取食和啄取方式,泥滩取食集团主要采取拾取及奔-停取食,深水区取食集团则主要采用潜水方式取食(表1,图3)。

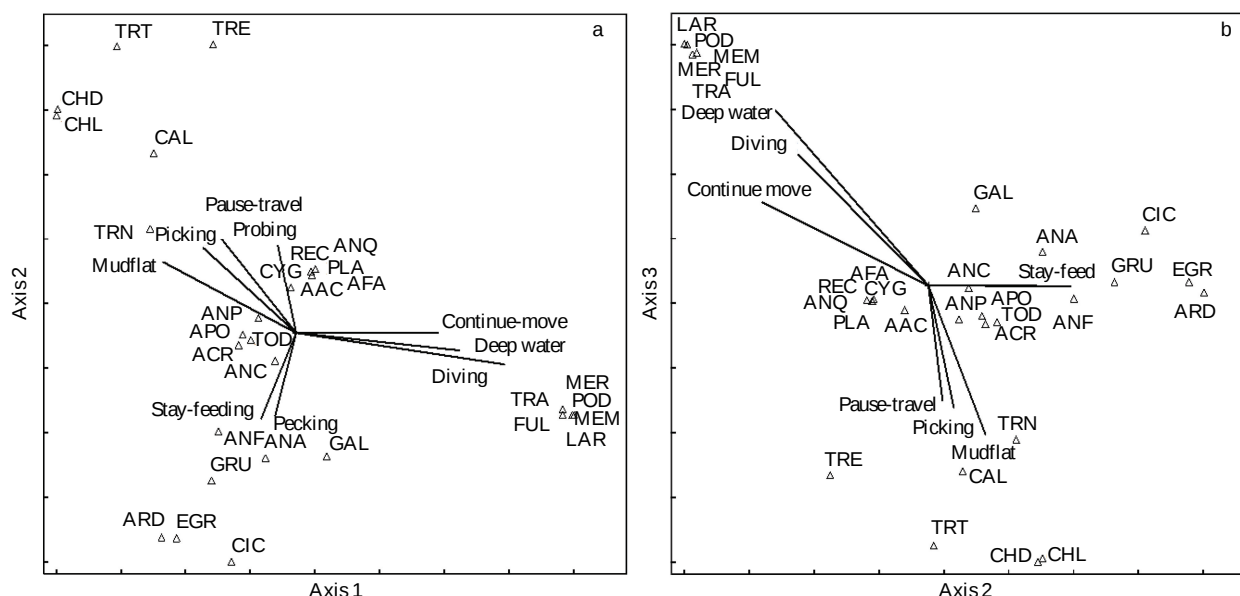


图3 沿江湖泊越冬水鸟食物资源利用的 DCA 分析

Fig. 3 DCA analysis on food resource utilization of the waterbirds in the lakes along Yangtze River

a: 取食水鸟和变量在 DCA 第1、2轴上的排序; b: 取食水鸟和变量在 DCA 第2、3轴上的排序

4 讨论

4.1 越冬水鸟集团的结构

集团是采用相似方式利用相同资源的物种集合,作为集团划分的主要依据是物种资源利用特征^[16]。而水鸟发现食物和加以取食是其资源利用的基本特征,在食物资源数据难以获取的情况下,利用其取食行为可以较好区分取食集团的结构。不同栖息地越冬水鸟集团的结构存在着差异^[3, 7-8]。本研究聚类分析结果可以看出,长江中下游浅水湖泊越冬水鸟可分为4个取食集团,最大的觅食集团是滩涂啄取和挖掘集团(G2),涉及到涉禽和游禽2个生态类型的众多鸟类,包括苍鹭、大白鹭等鹭类,东方白鹳、白头鹤等鹳鹤类;鸿雁、赤麻鸭、绿头鸭、斑嘴鸭、绿翅鸭、豆雁、白额雁等雁鸭类,鸿雁和豆雁是本取食集团的优势种类,在最大集团观察到取食频数最高的种类,说明长江中下游湖泊是雁鸭类重要越冬觅食地。而一些大型珍稀涉禽如东方白鹳、白头鹤等,湖泊滩涂是其成群觅食活动区,其主要食物是水生植物根、茎。G3和G4集团种类中都有6种水鸟, G3集团包括浅水区域取食的小天鹅、白琵鹭等,小天鹅采用最多的取食方式是挖掘,白琵鹭取食方式为滤食,但其取食的区域都大多在浅水区域,因此小天鹅和白琵鹭滤食水鸟划归同一个集团,该集团采用不同取食方式可以充分利用湖泊浅水区的食物资源。同样,在泥滩取食的G4包括以拾取方式取食的黑腹滨鹬和以刺探方式取食的鹤鹬、红脚鹬等鸻鹬类(图2)。G1集团则是位于湖泊深水区鸥类或者鸬鹚类,各种类取食频数较为平均。在调查期间,经常发现两种鸬鹚在湖面养殖深水区活动,而鸥类飞翔在深水区的上方,因此局部湖区水位不同有利于维持越冬水鸟多样性。

水鸟依赖湿地丰富的食物资源如底栖生物和植物渡过越冬期。不同类型的湿地以及湿地的不同区域的食物资源分布不同存在差异,因而影响水鸟的空间分布。如东方白鹳主要在浅水中取食,有时也会到滩涂中去取食,银鸥也会去浅水中去取食,只是其取食的频率低于其主要取食区域(附表1)。泄湖和海岸迁徙停歇

地底栖生物资源丰富,主要为潮间带底栖动物,因而觅食水鸟集团主要由鸕鹚类组成^[7, 15],而长江中下游湖泊中越冬水鸟集团种类主要以雁鸭类为主,这些水鸟主要分布于湖泊滩涂及水深不超过 0.5 m 的湖区,大量取食滩涂动植物^[10, 17],而冬季供其它生态类群能利用的资源底栖生物量较少^[18]。因此,枯水季节湖泊滩涂内植被和底栖生物的资源状况对水鸟越冬生态有重要影响。

4.2 越冬水鸟觅食对策与取食空间的关系

越冬水鸟觅食集团空间结构主要受空间资源和对食物发现程度的影响^[3]。在长江中下游湖泊中,首先是由于取食基质的不同,使得各集团分割了浅水性湖泊中的取食空间和食物资源^[19],如分别在深水区、浅水区和干滩涂上的取食集团;其次,各集团内部在相同的基质上,采取不同的取食方式和运动方式,使得集团内部能对所占有的食物资源得以充分利用。如在泥滩和草滩上觅食集团,分别采取啄取和挖掘的方式,进一步细分集团内部的取食空间和食物资源^[20]。这种资源利用方式可能是长江中下游湖泊能在较短时间能够容纳种类众多,密度较大的越冬水鸟物种的原因。集团是由于对资源分割而存在^[9],对资源细致的划分和充分利用才能使得群落中的所有种类,在资源利用上达到动态平衡,使竞争性物种也能得以共存^[3, 21]。

水鸟取食时的运动方式和取食方式被认为是发现和利用食物的觅食对策^[3]。觅食策略受其觅食的中食物可利用性^[5]、季节变化^[14]以及群落内部结构^[24]等的影响。本研究结果显示,在一定的取食基质(空间)上,取食运动方式组成的觅食策略和不同集团具有显著的相关性(表 1,图 3)。鸕鹚类(G4)主要觅食基质为泥滩,其在泥滩上取食次数占有所有取食空间总取食次数 75% 以上(附表 1),采用的觅食策略为奔-停运动、拾取的方法,这主要是鸕鹚类利用滩涂表层上的食物为主^[14],而探测等方式利用滩涂底层的食物资源的较少,这与滨海滩涂湿地上鸕鹚类多样性的利用策略存在差异^[3],可能与长江中下游湖泊底栖动物资源和滨海滩涂底栖动物资源在滩涂中的垂直分布存在差异有关^[22-24],且这种食物资源差异主要受水文影响,长江中下游湖泊水位变化缓慢,而滨海潮间带日夜潮水水位变化较大,底栖生物垂直分布明显。雁鸭类为长江中下游湖泊越冬水鸟的主要类群,觅食生境多样,利用的食物有植物的根、叶、无脊椎动物和脊椎动物,其食性具有广泛性^[22-24]。但在特定的生境中,雁鸭类采用的觅食对策具有很强的专一性,在草滩上主要采用啄取和挖掘的取食方式,浅水区则采用滤食的取食方式。

本研究表明,越冬水鸟种类和数量主要分布在湖泊的滩涂和浅水区域,这些区域为数量巨大的水鸟提供越冬期所需要的食物资源^[22-24],但内陆湖泊究竟有哪些种类,食物资源的变化情况等需要进一步的调查。而近年来,长江中下游湖泊中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)的养殖势头迅猛,所利用的湖泊区主要就是滩涂和浅水区,滩涂植被和浅水区底栖生物数量锐减^[17-18],这些湿地资源的退化和丧失都会给水鸟越冬造成不利影响^[1]。湖泊深水区在一定水位时可提供食物资源,而且在水位下降后,不停地补充滩涂食物资源,因而在保护一定滩涂面积不被开发利用外,并且在枯水期内仍维持一定大小水域面积对于水鸟度过漫长的越冬期同样具有十分重要的意义。内陆湖泊自然淤积和人为围坝后水位改变对越冬水鸟群落的作用还有待于深入研究。
致谢:安庆沿江湿地水禽自然保护区朱文中和张宏先生、升金湖国家自然保护区管理局程元启和徐文彬局长在野外工作过程中给予支持,刘彬先生对写作给予帮助,特此致谢。

References:

- [1] Fang J Y, Wang Z H, Zhao S Q, Li Y K, Tang Z Y, Yu D, Ni L Y, Liu H Z, Xie P, Da L G, Li Z Q, Zheng C Y. Biodiversity changes in the lakes of the central Yangtze. *Front Ecology Environment*, 2006, 4(7): 369-377.
- [2] Barter M, Chen L W, Cao L, Lei G. *Waterbird Survey of the Middle and Lower Yangtze River Floodplain in Late January and February 2004*. Beijing: China Forestry Publishing House, 2004.
- [3] Jing K, Ma Z J, Li B, Li J H, Chen J K. Foraging strategies involved in habitat use of shorebirds at the intertidal area of Chongming Dongtan, China. *Ecological Research*, 2007, 22(4): 559-570.
- [4] Nebel S. Latitudinal clines in bill length and sex ratio in a migratory shorebird: a case of resource partitioning? *Acta Oecologica*, 2005, 28(1): 33-38.
- [5] Backwell P R Y, O'Hara P D, Christy J H. Prey availability and selective foraging in shorebirds. *Animal Behaviour*, 1998, 55(6): 1659-1667.

- [6] Duriez O, Fritz H, Binet F, Tremblay Y, Ferrand Y. Individual activity rates in wintering Eurasian woodcocks: starvation versus predation risk trade-off? *Animal Behaviour*, 2005, 69(1): 39-49.
- [7] Paszkowski C A, Tonn W M. Foraging guilds of aquatic birds on productive boreal lakes: environmental relations and concordance patterns. *Hydrobiologia*, 2006, 567(1): 19-30.
- [8] Gatto A, Quintana F, Yorio P. Feeding behavior and habitat use in a waterbird assemblage at a marine wetland in coastal Patagonia, Argentina. *Waterbirds*, 2008, 31(3): 463-471.
- [9] Zhou F. Guild structure of the forest bird community in Dinghushan. *Acta Ecologica Sinica*, 1987, 7(2): 176-184.
- [10] Ge Z M, Wang T H, Zhou X, Wang K Y, Shi W Y. Changes in the spatial distribution of migratory shorebirds along the Shanghai shoreline, China, between 1984 and 2004. *Eastern Michigan University*, 2007, 107(1): 19-27.
- [11] Zhou B, Zhou L Z, Chen J Y, Cheng Y Q, Xu W B. Diurnal time-activity budgets of wintering hooded Cranes (*Grus monacha*) in Shengjin Lake, China. *Waterbirds*, 2010, 33(1): 110-115.
- [12] Fox A D, Cao L, Zhang Y, Barter M, Zhao M J, Meng F J, Wang S L. Declines in the tuber-feeding waterbird guild at Shengjin Lake National Nature Reserve — a barometer of submerged macrophyte collapse. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2011, 21(1): 82-91.
- [13] Zhu W Z, Zhou L Z. Biodiversity and Conservation in Anqing Floodplain Wetlands. Hefei: Hefei University of Technology Press, 2010.
- [14] Liu B, Zhou L Z, Wang W G, Sheng S B, Han D M. Seasonal dynamics of the avian guild structure of mountain secondary forest in Dabieshan Mountain. *Zoological Research*, 2009, 30(3): 277-287.
- [15] Ge Z M, Wang T H, Shi W Y, Zhou X. Seasonal change and habitat selection of shorebird community at the south Yangtze River Mouth and north Hangzhou Bay. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(1): 40-47.
- [16] de Casenave J L, Cueto V R, Marone L. Seasonal dynamics of guild structure in a bird assemblage of the central Monte desert. *Basic and Applied Ecology*, 2008, 9(1): 78-90.
- [17] Gao P, Zhou Z Z, Ma S Y, Sun Q Y, Xu R X. Vegetation distribution pattern and community succession in the transition from macrophyte-to phytoplankton-dominated state in shallow lakes, a case study of Lake Caizi in Anhui Province. *Journal of Lake Science*, 2011, 23(1): 13-20.
- [18] Xu X Y, Zhou L Z, Zhu W Z, Xu R X, Cao L L, Chen J Y, Wang X. Community structure of macrozoobenthos in Caizi Lake, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(4): 943-953.
- [19] Connor K J, Gabor S. Breeding waterbird wetland habitat availability and response to water-level management in Saint John River floodplain wetlands, New Brunswick. *Hydrobiologia*, 2006, 567(1): 169-181.
- [20] McKinney R A, Raposa K B, Kutcher T E. Use of urban marine habitats by foraging wading birds. *Urban Ecosystems*, 2009, 13(2): 191-208.
- [21] Weimerskirch H, Cherel Y, Cuenot-Chaillet F, Ridoux V. Alternative foraging strategies and resource allocation by male and female wandering albatrosses. *Ecology*, 1997, 78(7): 2051-2063.
- [22] Zheng C X, Li R G, Jiang J X, Zheng F W, Wang J J, Huang X G, Lin J H. An ecological study on the benthos of the rocky intertidal zone in Quanzhou Bay I. Species diversity and its distribution. *Biodiversity Science*, 2004, 12(6): 594-610.
- [23] Sandsten H, Klaassen M. Swan foraging shapes spatial distribution of two submerged plants, favouring the preferred prey species. *Oecologia*, 2008, 156(3): 569-576.
- [24] Zhang Y, Cao L, Barter M, Fox A D, Zhao M J, Meng F J, Jiang Y, Zhu W Z. Changing distribution and abundance of Swan Goose *Anser cygnoides* in the Yangtze River floodplain: the likely loss of a very important wintering site. *Bird Conservation International*, 2010, 21(1): 1-13.

参考文献:

- [9] 周放. 鼎湖山森林鸟类群落的集团结构. *生态学报*, 1987, 7(2): 176-184.
- [13] 朱文中, 周立志. 安庆沿江湖泊湿地生物多样性及其保护与管理. 合肥: 合肥工业大学出版社, 2010.
- [14] 刘彬, 周立志, 汪文革, 沈三宝, 韩德民. 大别山山地次生林鸟类群落集团结构的季节变化. *动物学研究*, 2009, 30(3): 277-287.
- [15] 葛振鸣, 王天厚, 施文斌, 周晓. 长江口杭州湾鸕形目鸟类群落季节变化和生境选择. *生态学报*, 2006, 26(1): 40-47.
- [17] 高攀, 周忠泽, 马淑勇, 孙庆业, 许仁鑫. 浅水湖泊植被分布格局及草-藻型生态系统转化过程中植物群落演替特征: 安徽菜子湖案例. *湖泊科学*, 2011, 23(1): 13-20.
- [18] 徐小雨, 周立志, 朱文中, 许仁鑫, 曹玲亮, 陈锦云, 王勋. 安徽菜子湖大型底栖动物的群落结构特征. *生态学报*, 2011, 31(4): 943-953.
- [22] 郑成兴, 李荣冠, 江锦祥, 郑凤武, 王建军, 黄心光, 林俊辉. 泉州湾岩相潮间带底栖生物生态研究 I. 物种多样性与分布特征. *生物多样性*, 2004, 12(6): 594-610.

附表 1 沿江湖泊越冬水鸟群落取食行为/%
Appendix 1 The foraging behavior of waterbirds in the lakes along Yangtze River

取食变量 Foraging variable	TRA	POD	ARD	EGR	CIC	PLA	CYG	ANC	ANF	ANA	TOD	AFA	ACR	ANP	APO
取食方式 Foraging model															
潜水取食 Diving	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
头部入水取食 Submerging	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	98.03	72.28	30.61	73.33	65.05	100.00	44.23	71.84	61.11
拾取 Picking	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.97	3.51	36.79	0.00	22.33	0.00	21.15	21.36	24.60
探取 Probing	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
啄取 Pecking	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.67	12.62	0.00	34.62	6.80	14.29
挖掘 Digging	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.21	32.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
飞捕 Plunging	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
运动方式 Move model															
静止取食 Stay feeding	0.00	0.00	100.00	83.78	90.79	3.98	1.97	27.72	52.10	26.67	47.57	0.00	38.46	33.01	34.13
奔-停取食 Pause-travelling	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
不间断运动取食 Continuously moving	100.00	100.00	0.00	16.22	9.21	96.02	98.03	72.28	47.90	73.33	52.43	100.00	61.54	66.99	65.87
取食基质 Foraging matrix															
草滩 Grassland	0.00	0.00	11.11	24.32	2.63	0.00	0.66	17.73	45.24	71.11	0.00	0.00	0.00	6.80	14.29
泥滩 Mudflat	0.00	0.00	72.22	67.57	3.95	0.00	1.31	10.67	24.15	13.33	24.27	0.00	38.46	21.36	24.60
浅水 Shallow water	7.14	0.00	16.67	8.11	73.68	100.00	98.03	71.60	30.61	15.56	75.73	100.00	61.54	71.84	61.11
深水 Deep water	92.86	100.00	0.00	0.00	19.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
取食方式															
潜水取食	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	0.00	96.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
头部入水取食	90.52	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
拾取	8.53	0.00	0.00	0.00	47.15	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	27.27	38.46	6.90	100.00	0.00
探取	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.73	61.54	31.03	0.00	0.00
啄取	0.95	0.00	0.00	0.00	50.87	100.00	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.07	0.00	0.00
挖掘	0.00	0.00	0.00	0.00	1.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
飞捕	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
运动方式															
静止取食	16.11	0.00	0.00	0.00	38.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.19	6.90	0.00	0.00
奔-停取食	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	92.00	0.00	52.75	68.97	29.27	0.00
不间断运动取食	83.89	100.00	100.00	100.00	61.29	100.00	100.00	100.00	0.00	8.00	100.00	34.07	24.14	70.73	100.00
取食基质															
草滩	0.95	0.00	0.00	0.00	68.98	11.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
泥滩	8.53	0.00	0.00	0.00	25.81	0.00	0.00	0.00	76.19	100.00	86.36	90.11	27.59	100.00	0.00
浅水	90.52	100.00	0.00	0.00	5.21	56.99	3.37	100.00	23.81	0.00	13.64	9.89	72.41	0.00	0.00
深水	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	31.18	96.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

CONTENTS

CO ₂ emission from an alpine <i>Kobresia humilis</i> meadow in winters	WU Qin, HU Qiwu, CAO Guangmin, et al (5107)
Effect of cultivation on soil organic carbon and total nitrogen accumulation in Cele oasis croplands and their relation to crop yield	HUANG Caibian, ZENG Fanjiang, LEI Jiaqiang, et al (5113)
Biomass and its allocation of four grassland species under different nitrogen levels	QI Yu, HUANG Yongmei, WANG Yan, et al (5121)
Small-scale spatial patterns of genetic structure in <i>Castanopsis eyrei</i> populations based on autocorrelation analysis in the Tiantai Mountain of Zhejiang Province	QI Caihong, JIN Zexin, LI Junmin (5130)
Influence of vegetation on frozen ground temperatures the forested area in the Da Xing'anling Mountains, Northeastern China	CHANG Xiaoli, JIN Huijun, YU Shaopeng, et al (5138)
Analysis of stable carbon isotopes in different components of tree rings of <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i>	SHANG Zhiyuan, WANG Jian, CUI Mingxing, et al (5148)
Retrieval of leaf area index for different grasslands in Inner Mongolia prairie using remote sensing data	LIU Yibo, JU Weimin, ZHU Gaolong, et al (5159)
Decomposition of lotus leaf litter and its effect on the aquatic environment of the Beili Lake in the Hangzhou West Lake	SHI Qi, JIAO Feng, CHEN Ying, et al (5171)
Effects of fire disturbance on greenhouse gas emission from <i>Larix gmelinii</i> - <i>Carex schmidtii</i> forested wetlands in XiaoXing'an Mountains, Northeast China	YU Lili, MU Changcheng, GU Han, et al (5180)
Wetland landscape transition pattern of Lianbo Beach along the Middle Yellow River	GUO Donggang, SHANGGUAN Tieliang, BAI Zhongke, et al (5192)
Effect of revegetation on functional groups of soil organic carbon on the Loess Plateau	LI Ting, ZHAO Shiwei, ZHANG Yang, et al (5199)
Soil organic and inorganic carbon contents in relation to soil physicochemical properties in northeastern China	ZU Yuangang, LI Ran, WANG Wenjie, et al (5207)
Characteristics of soil respiration in fallow and its influencing factors at arid-highland of Loess Plateau	GAO Huiyi, GUO Shengli, LIU Wenzhao (5217)
Soil microbial functional diversity between rhizosphere and non- rhizosphere of typical plants in the hilly area of southern Nixia	AN Shaoshan, LI Guohui, CHEN Liding (5225)
Differences in the surface palynomorph assemblages on a karst mountain and rocky desertification areas: a case in Nanchuan District, Chongqing	HAO Xiudong, OUYANG Xuhong, XIE Shiyu (5235)
Ash content and caloric value in the leaves of <i>Sinocalycanthus chinensis</i> and its accompanying species	JIN Zexin, LI Junmin, MA Jine (5246)
Uptake kinetic characteristics of Cu ²⁺ by <i>Salix jiangsuensis</i> CL J-172 and <i>Salix babylonica</i> Linn and the influence of organic acids	CHEN Caihong, LIU Zhikun, CHEN Guangcai, et al (5255)
Introduction of <i>TaNHX2</i> gene enhanced salt tolerance of transgenic puna chicory plants	ZHANG Lijun, CHENG Linmei, DU Jianzhong, et al (5264)
Effects of air humidity and soil water deficit on characteristics of leaf cuticular waxes in alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	GUO Yanjun, NI Yu, GUO Yunjiang, et al (5273)
Influence of water storage capacity on yield of winter wheat in dry farming area in the Loess Plateau	DENG Zhenyong, ZHANG Qiang, WANG Qiang, et al (5281)
Research of dynamic variation of moisture in apple orchard soil in the area of Xianyang in recent years	ZHAO Jingbo, ZHOU Qi, CHEN Baoqun, et al (5291)
Volatile oil contents correlate with geographical distribution patterns of the miao ethnic herb <i>Fructus Cinnamomi</i>	ZHANG Xiaobo, ZHOU Tao, GUO Lanping, et al (5299)
Effect of environmental factors on growth of <i>Chlorella</i> sp. and optimization of culture conditions for high oil production	DING Yancong, GAO Qun, LIU Jiayao, et al (5307)
The effects of substrates on locomotor performance of two sympatric lizards, <i>Takydromus septentrionalis</i> and <i>Plestiodon chinensis</i>	LIN Zhihua, FAN Xiaoli, LEI Huanzong, et al (5316)
Guild structure of wintering waterbird assemblages in shallow lakes along Yangtze River in Anhui Province, China	CHEN Jinyun, ZHOU Lizhi (5323)
Phylogenetic diversity analysis and <i>in situ</i> hybridization of symbiotic Oxymonad flagellates in the hindgut of <i>Reticulitermes chinensis</i> Snyder	CHEN Wen, SHI Yu, PENG Jianxin, et al (5332)
An entropy weight approach on the comprehensive evaluation of the Pearl River Delta Nature Reserve	ZHANG Linying, XU Songjun (5341)
Review and Monograph	
On planning method of mesoscale and microscale ecological land	RONG Bingling, LI Dong, XIE Yingxia (5351)
Effects of land use change on soil organic carbon: a review	CHEN Zhao, LÜ Changhe, FAN Lan, et al (5358)
Marine phytoplankton and biological carbon sink	SUN Jun (5372)
Effect of permafrost degradation on methane emission in wetlands: a review	SUN Xiaoxin, SONG Changchun, WANG Xianwei, et al (5379)
A review on the effects of biogenic elements and biological factors on wetland soil carbon mineralization	ZHANG Linhai, ZENG Congsheng, TONG Chuan (5387)
A review of studies using ecological network analysis	LI Zhongcai, Xu Junyan, WU Changyou, et al (5396)
Scientific Note	
Dynamics of age structures on <i>Agropyron michnoi</i> and <i>Leymus chinensis</i> in different communities	JIN Xiaoming, AI Lin, LIU Jidong, et al (5406)
The impact of thematic resolution on NDVI spatial pattern	HUANG Caixia, LI Xiaomei, SHA Jinming (5414)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 18 期 (2011 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 18 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元