

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第12期 Vol.33 No.12 **2013**

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 33 卷 第 12 期 2013 年 6 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 森林低温霜冻灾害干扰研究综述 李秀芬, 朱教君, 王庆礼, 等 (3563)
- 碱蓬属植物耐盐机理研究进展 张爱琴, 庞秋颖, 阎秀峰 (3575)

个体与基础生态

- 中国东部暖温带刺槐花期空间格局的模拟与预测 徐琳, 陈效速, 杜星 (3584)
- 长白山林线树种岳桦幼树叶功能型性状随海拔梯度的变化 胡启鹏, 郭志华, 孙玲玲, 等 (3594)
- 油松天然次生林居群遗传多样性及与产地地理气候因子的关联分析 李明, 王树香, 高宝嘉 (3602)
- 施氮对木荷 3 个种源幼苗根系发育和氮磷效率的影响 张蕊, 王艺, 金国庆, 等 (3611)
- 围封对内蒙古大针茅草地土壤碳矿化及其激发效应的影响 王若梦, 董宽虎, 何念鹏, 等 (3622)
- 干热河谷主要造林树种气体交换特性的坡位效应 段爱国, 张建国, 何彩云, 等 (3630)
- 生物降解对黑碳及土壤上苯酚脱附行为的影响 黄杰勋, 莫建民, 李非里, 等 (3639)
- 3 个树种对不同程度土壤干旱的生理生化响应 吴芹, 张光灿, 裴斌, 等 (3648)
- 冬小麦节水栽培群体“穗叶比”及其与产量和水分利用的关系 张永平, 张英华, 黄琴, 等 (3657)
- 不同秧苗素质和移栽密度条件下臭氧胁迫对水稻光合作用、物质生产和产量的影响 彭斌, 李潘林, 周楠, 等 (3668)
- 根域限制下水氮供应对膜下滴灌棉花叶片光合生理特性的影响 陶先萍, 罗宏海, 张亚黎, 等 (3676)
- 光照和生长阶段对菖蒲根系泌氧的影响 王文林, 王国祥, 万寅婧, 等 (3688)
- 植物病原菌拮抗性野生艾蒿内生菌的分离、筛选和鉴定 徐亚军, 赵龙飞, 陈普, 等 (3697)
- 不同生物型棉蚜对夏寄主葫芦科作物的选择 肖云丽, 印象初, 刘同先 (3706)
- 性别和温度对中华秋沙鸭越冬行为的影响 曾宾宾, 邵明勤, 赖宏清, 等 (3712)

种群、群落和生态系统

- 基于干扰的汪清林区森林生态系统健康评价 袁菲, 张星耀, 梁军 (3722)
- 洞庭湖森林生态系统空间结构均质性评价 李建军, 刘帅, 张会儒, 等 (3732)

景观、区域和全球生态

- 川西米亚罗林区不同海拔岷江冷杉生长对气候变化的响应 徐宁, 王晓春, 张远东, 等 (3742)
- 2001—2010 年内蒙古植被净初级生产力的时空格局及其与气候的关系 穆少杰, 李建龙, 周伟, 等 (3752)
- 地形因子对盐城滨海湿地景观分布与演变的影响 侯明行, 刘红玉, 张华兵, 等 (3765)
- 毛乌素沙地南缘植被景观格局演变与空间分布特征 周淑琴, 荆耀栋, 张青峰, 等 (3774)
- 贵州白鹇湖沉积物中孢粉记录的 5.5 kaB. P. 以来的气候变化 杜荣荣, 陈敬安, 曾艳, 等 (3783)

典型河谷型城市春季温湿场特征及其生态环境效应..... 李国栋,张俊华,王乃昂,等 (3792)

秦岭南北近地面水汽时空变化特征..... 蒋 冲,王 飞,喻小勇,等 (3805)

露天矿区景观生态风险空间分异..... 吴健生,乔 娜,彭 建,等 (3816)

基于 Holdridge 和 CCA 分析的中国生态地理分区的比较 孔 艳,江 洪,张秀英,等 (3825)

资源与产业生态

中国农业生态效率评价方法与实证——基于非期望产出的 SBM 模型分析 潘 丹,应瑞瑶 (3837)

舟山市东极大黄鱼养殖系统能值评估..... 宋 科,赵 晟,蔡慧文,等 (3846)

不同基因型玉米间混作优势带型配置..... 赵亚丽,康 杰,刘天学,等 (3855)

气候与土壤对烤后烟叶类胡萝卜素和表面提取物含量的影响..... 陈 伟,熊 晶,陈 懿,等 (3865)

城乡与社会生态

成都市沙河主要绿化树种固碳释氧和降温增湿效益 张艳丽,费世民,李智勇,等 (3878)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 326 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 33 * 2013-06



封面图说: 长白山南坡的岳桦林——长白山岳桦林位于海拔约 1700—2000m 之间的山坡。这种阔叶林分布在针叶林带的上面,成为山地森林的上缘种类,在世界山地森林中实属罕见。岳桦能够顽强地抗御长白山潮湿、寒冷、强风等恶劣气候因素,在严酷的环境条件下形成纯林,是与其独特的生长发育机理密切相关的。岳桦的枝干颇具韧性,在迎风处,由于风吹雪压,树干成片地向背风侧倾斜,这种特性使它能不畏风雪,顽强生存。随着海拔的升高,岳桦林也逐渐矮化,这是岳桦林保护自身生存,适应大自然的结果。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites. chenjw@163. com

DOI: 10.5846/stxb201209291362

曾宾宾, 邵明勤, 赖宏清, 蒋剑虹, 李畅, 戴年华. 性别和温度对中华秋沙鸭越冬行为的影响. 生态学报, 2013, 33(12): 3712-3721.

Zeng B B, Shao M Q, Lai H Q, Jiang J H, Li C, Dai N H. The effects of gender and temperature on the wintering behavior of Chinese merganser. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(12): 3712-3721.

性别和温度对中华秋沙鸭越冬行为的影响

曾宾宾¹, 邵明勤^{1,*}, 赖宏清¹, 蒋剑虹¹, 李畅¹, 戴年华²

(1. 江西师范大学生命科学学院, 南昌 330022; 2. 江西省科学院, 南昌 330029)

摘要: 2011 年 11 月至 2012 年 3 月, 在江西婺源采用瞬时扫描法探讨性别和温度对中华秋沙鸭行为的影响。中华秋沙鸭越冬期的主要行为是取食、休息、游泳和修整。时间分配方面, 雌雄中华秋沙鸭仅社会行为 [雌: $(2.13 \pm 1.40)\%$ 和雄: $(3.24 \pm 1.55)\%$] 存在显著性差异 ($t = -2.258, df = 34, P < 0.05$), 其他行为差异不显著 ($P > 0.05$)。原因有: (1) 非繁殖期雌雄中华秋沙鸭主要任务均为生存; (2) 雌雄个体大小差异不大, 对能量的需求量相似。日活动节律方面, 雌雄的取食和休息行为均存在显著的节律性变化, 分别为雌: 取食 ($F_{(10,165)} = 5.19, P < 0.05$)、休息 ($F_{(10,165)} = 2.56, P < 0.05$) 和雄: 取食 ($F_{(10,165)} = 7.55, P < 0.05$)、休息 ($F_{(10,165)} = 3.48, P < 0.05$), 其他行为节律均不显著 ($P > 0.05$)。温度对中华秋沙鸭越冬行为的影响较大, 时间分配方面, 在 $< 10^\circ\text{C}$ 月份环境下, 取食 ($t = -2.166, df = 16, P < 0.05$) 行为显著高于 $> 10^\circ\text{C}$ 月份, 而游泳 ($t = 5.096, df = 16, P < 0.05$) 行为则相反, 其他行为差异不显著 ($P > 0.05$)。这一结果表明, 平均温度降低时, 中华秋沙鸭需要摄取更多的食物以补充寒冷天气能量的消耗, 并减少游泳行为降低耗能。日活动节律方面, $> 10^\circ\text{C}$ 月份中华秋沙鸭日活动节律, 仅警戒 ($F_{(10,77)} = 1.96, P < 0.05$) 行为存在显著的节律性变化, 其他行为的节律性变化不显著 ($P > 0.05$)。 $< 10^\circ\text{C}$ 月份中华秋沙鸭取食 ($F_{(10,86)} = 5.93, P < 0.05$) 和休息 ($F_{(10,86)} = 3.42, P < 0.05$) 行为存在显著的节律性变化, 其他行为的节律性变化不显著 ($P > 0.05$)。研究结果表明, 温度可以改变中华秋沙鸭的日活动节律, 低温使中华秋沙鸭在夜间消耗较多能量, 因此中华秋沙鸭在上午花更多的时间取食来补充能量。休息行为在 $> 10^\circ\text{C}$ 月份, 中午和傍晚均有一个小的高峰, 而在 $< 10^\circ\text{C}$ 月份从 11:00 开始 (除 13:00—13:59) 均保持较高的水平。中华秋沙鸭采取这种对策, 可能是 $< 10^\circ\text{C}$ 月份, 晚上和下午温度较低, 为了减少消耗, 从下午就开始增加休息行为。低温条件下, 中华秋沙鸭增加修整和休息行为, 这一结果支持“鸟类在低温环境下通过减少行为活动以降低能量消耗和热量损失”这一观点。

关键词: 中华秋沙鸭; 越冬期; 性别; 温度; 行为

The effects of gender and temperature on the wintering behavior of Chinese merganser

ZENG Binbin¹, SHAO Mingqin^{1,*}, LAI Hongqing¹, JIANG Jianhong¹, LI Chang¹, DAI Nianhua²

¹ College of Life Science, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China

² Jiangxi Academy of Sciences, Nanchang 330029, China

Abstract: Behavioral rhythms and time budgets are influenced by a number of factors, including temperature, weather, and gender. Animals often adopt different survival strategies in different environments and knowledge of these strategies can benefit the conservation and management of a species. The Chinese merganser (*Mergus squamatus*) is listed as an endangered species by the International Union for Conservation of Nature. Given the poor status of the species, it is important to understand the factors affecting their survival. To address this, we evaluated the effects of temperature and gender on survival strategies during the wintering period. We observed the behaviors of Chinese Merganser in Wuyuan

基金项目: 国家自然科学基金 (31060285, 31260517); 江西师范大学研究生创新基金 (YJS2012092)

收稿日期: 2012-09-29; **修订日期:** 2013-03-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: 1048362673@qq.com

County, Jiangxi Province, China, during the wintering season between 13 November 2011 and 13 March 2012. We documented the behavior of individual birds using an instantaneous scanning sampling method. The main behaviors included feeding, resting, swimming, and maintenance. We used an independent sample *t*-test to analyze for differences in the behavioral time budget between males and females. There was a significant difference between the sexes in social behavior ($P < 0.05$), but not other behaviors ($P > 0.05$). This is because: (1) both males and females are focused on maintaining adequate energy supply to survive during the non-breeding period and (2) there is little difference in the body size of males and females. We observed a clear rhythm in feeding and resting behaviors of both males and females (one-way ANOVA, $P < 0.05$), but not for the remaining behaviors ($P > 0.05$). The air temperature had a significant influence on wintering behavior in the Chinese merganser. The time spent feeding was significantly shorter in months where the average temperature was $< 10^{\circ}\text{C}$ month compared to months when the average temperature was $> 10^{\circ}\text{C}$ ($P < 0.05$). In contrast, the reverse was true for swimming behavior ($P > 0.05$). Thus, our data suggest that Chinese mergansers minimize energy consumption in cold weather by decreasing activity levels, a strategy to cope with decreased food intake. We observed differences in daily behavioral rhythms between months and behavior types. In the months in which the average temperature was $> 10^{\circ}\text{C}$ we observed a rhythm in vigilance behavior ($P < 0.05$), but not the remaining behaviors ($P > 0.05$). In months in which the average temperature was $> 10^{\circ}\text{C}$ we observed a rhythm in feeding and resting behaviors ($P < 0.05$), but not in the remaining behavior types ($P > 0.05$). Thus, our results suggest that changes in temperature are associated with changes in the daily behavioral rhythms of Chinese mergansers. Low temperatures likely increase energy expenditure during the night, resulting in individuals dedicating more time to feeding in the morning to supplement energy. In $> 10^{\circ}\text{C}$ months, there were two minor peaks in resting behavior: at midday and in the evening. However, in $< 10^{\circ}\text{C}$ months the frequency of resting behaviors remained high between 11:00 and 18:00 (except 13:00—13:59). We hypothesize that the Chinese merganser adopted this strategy because the temperatures were low in the afternoon and evening in $< 10^{\circ}\text{C}$ months, resulting in the birds increasing the frequency of resting behaviors to minimize energy consumption during this period. Taken together, our results suggest that this species reduces activity levels to decrease energy consumption and heat loss in low-temperature environments.

Key Words: *Mergus squamatus*; wintering season; gender; temperature; behavior

鸟类花费在每种行为上的时间和能量会影响鸟类的生存,因此,鸟类的时间分配不仅是对当地环境条件的一种适应,同时也是影响动物活动的全部因素的综合表现^[1-2]。动物在不同环境条件下,会有不同的行为节律,有最适时间分配和行为节律的个体在自然选择中是有利的^[3-4]。动物行为节律和时间分配主要受温度、天气、生存环境和生理状况等影响^[5]。有关小潜鸭(*Aythya affinis*)^[6]、欧亚鸺(*Erithacus rubecula*)^[7]等鸟类研究结果表明,性别对野生鸟类的行为节律和时间分配有显著影响。杨晓君等对白腹锦鸡(*Phasianidae*)^[8]、大紫胸鹦鹉(*Psittacula derbiana*)^[9]、棕胸竹鸡(*Bambusicola fytchii*)^[10]和绿孔雀(*Pavo muticus*)^[2]等的研究结果显示,两性在行为节律和时间分配上的差异具有普遍性。温度影响鸟类行为和时间分配的研究有笼养大鸨(*Otis tarda*)^[5]、越冬黑颈鹤(*Grus nigricollis*)^[11]、越冬大鸨^[12]、笼养白鹤(*Grus leucogeranus*)^[13]等,研究表明,这些鸟类会采取改变行为时间分配和节律的对策来适应温度的改变。通过温度和性别对鸟类行为影响的研究,可了解鸟类对不同环境的适应和采取的生存策略,为进一步保护和管理好濒危鸟类多样性提供科学依据。

中华秋沙鸭(*Mergus squamatus*)属雁形目(Anseriformes)鸭科(Anatidae),是东亚地区特有珍稀水禽,也是我国特产稀有鸟类,属国家 I 级保护动物,IUCN 将其列为濒危物种^[14]。在中国,中华秋沙鸭越冬地主要包括长江流域以南的广大地区,其中江西省是中华秋沙鸭的主要越冬分布地之一。中华秋沙鸭主要分布于江西省鄱阳湖的四大流域(抚河、信江、饶河和修河)^[16-19]。目前,江西省中华秋沙鸭的越冬群体受到国内外鸟类学

者的高度关注。中华秋沙鸭的研究内容主要集中在种群数量^[17-18]、巢址选择^[20]、繁殖生态^[21]、集群大小^[22]、越冬行为^[23-25]等方面。邵明勤等^[23-24]和易国栋等^[25]都对越冬期中华秋沙鸭的行为有过报道,其中取食、休息、游泳、理羽行为是中华秋沙鸭越冬期的主要行为。但有关中华秋沙鸭的行为的影响因素还未见报道。

为验证性别和温度对中华秋沙鸭行为的影响,笔者于2011年10月至2012年3月在江西婺源对越冬期中华秋沙鸭的行为进行了系统研究,以进一步了解这一濒危物种非繁殖期间的行为适应机制和生存策略。

1 研究地区概况

研究区域在江西省饶河乐安河婺源段(E 117°50', N 29°10') (图1)。该地区属亚热带湿润季风气候大区江南气候区。气候湿润温和、雨量充沛、日照充足、冬暖夏凉。年平均温度 16.7℃, 年均降雨量 1816 mm^[19,22]。中华秋沙鸭主要活动于该河段 7km 的范围内。该河流的部分河段两侧为村庄农田, 视野开阔, 其他河段分布有茂密的树林。7:00—8:00 左右, 中华秋沙鸭常偏爱在两侧为村庄农田的河段觅食, 当人为干扰逐渐增强时, 即飞往有茂密树林的河段。研究区的河段宽度为 120—170m。河中有许多显露的浅滩, 中华秋沙鸭经常在浅滩上休息或在浅滩附近觅食。该河段共存水鸟还包括绿头鸭 (*Anas platyrhynchos*)、斑嘴鸭 (*Anas poecilorhyncha*)、白鹭 (*Egretta alba*)、鸳鸯 (*Aix galericulata*)、白腰草鹬 (*Tringa ochropus*) 和小鸕鶿 (*Podiceps ruficollis*) 等。本次调查主要选取一个视野开阔, 有隐蔽的浅滩定点观察中华秋沙鸭的行为。

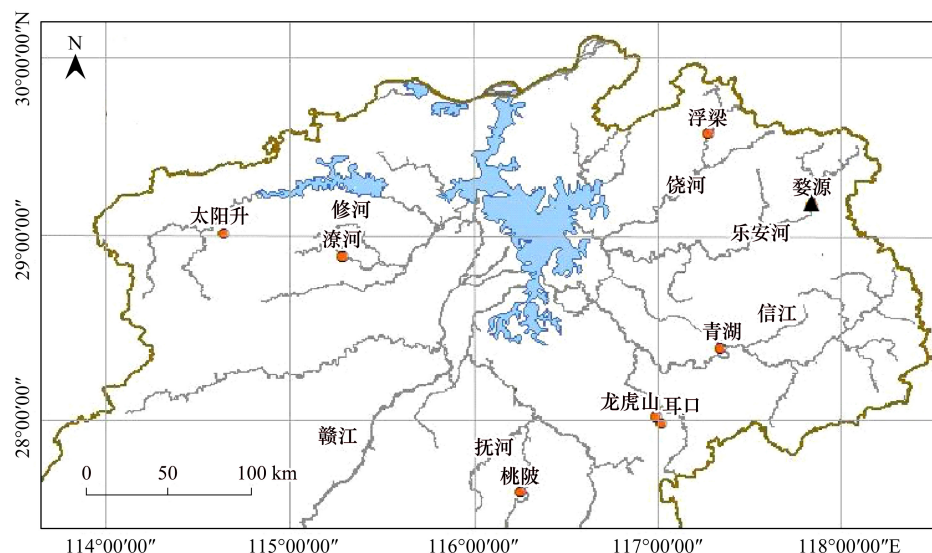


图1 江西省中华秋沙鸭越冬分布

Fig. 1 Distribution of wintering *Mergus squamatus* in Jiangxi Province

圆圈代表中华秋沙鸭在江西的其他越冬分布地, 三角代表本次研究的调查地

2 研究方法

2.1 观察方法

2011年11月至2012年3月,共观察中华秋沙鸭行为22d(11月13—17日、12月18—22日、1月12—14日、2月17—21日和3月10—13日)。采用瞬时扫描法,每隔3—5min通过望远镜扫描和记录1次各个体的行为数据,直至研究对象飞离视线后再寻找下一群研究对象^[19,24]。根据文献将中华秋沙鸭行为分为:取食、休息、游泳、修整、警戒、飞翔、社会 and 逃跑8类,具体行为定义见表1^[24]。每天观察时间为7:00—17:59的整个可见时间段。

2.2 数据处理及分析方法

共进行22 d行为观察,共记录各行为发生13176次。其中取食5564次,休息1291次,游泳3507次,修整2302次,警戒54次,飞翔504次,社会333次和逃跑71次。22 d中有4 d(11月13日、12月18日、12月22日和1月12日)受多种干扰影响,数据零散,最终累计有效观察18d。观察到的最大雌性个体数11只,雄性

表 1 中华秋沙鸭的行为定义

Table 1 *Mergus squamatus* behavior definition

行为分类 Behavior classification	行为定义 Definition
取食 Feeding	指潜水寻找、捕捉和吞咽食物的过程
休息 Resting	包括游荡、睡觉及睡觉姿势的移动
修整 Maintenance	包括理羽、拍翅、戏水和摇头
游泳 Swimming	水中或急或缓的游动,有时伴随头部轻点水面,但与取食有明显区别
警戒 Vigilance	指昂头密切注视周围环境的变化
飞翔 Flying	主动飞离所在位置
社会 Social	包括追逐、嬉戏、攻击或与异种鸟类抢食、打斗等
逃跑 Escape	指被惊吓的飞翔

10 只。根据婺源县历年各月平均温度(1957—2007 年),11 月和 3 月份平均温度高于 10℃(10.9—12.0℃),12 月、1 月和 2 月份平均温度明显低于 10℃(5.0—6.9℃)。因此,分别将低于和高于 10℃的行为数据进行合并,再分组比较低于和高于 10℃时段的中华秋沙鸭行为差异。由于野外观测的不确定性,每天观察的时段中有些时段未找到中华秋沙鸭,所以本次共记录雄性中华秋沙鸭 18 d(166 h),雌性中华秋沙鸭 18 d(171 h);高于 10℃月份 8 d(78 h),低于 10℃月份共记录 10 d(87 h)。行为时间分配以各行为发生的频次占总行为频次的百分比表示;行为节律以各时间段行为发生的平均频次表示,平均频次是以各时间段观察到所有个体的某种行为占该时段各行为的百分比。参数统计方法为独立样本 t 检验法和单因素方差分析法(One-Way ANOVA),置信区间均为 95%。文中数据表示为平均值 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm\text{SD}$)。用 Excel 和 SPSS17.0 软件进行统计分析和图表处理。

3 结果

3.1 性别对中华秋沙鸭越冬行为的影响

3.1.1 雌雄中华秋沙鸭越冬行为的时间分配

雌雄中华秋沙鸭主要行为的时间分配如图 2。 t 检验表明,雌雄个体仅社会行为时间分配[雌:(2.13 ± 1.40)%和雄:(3.24 ± 1.55)%]存在显著性差异($t=-2.258$, $df=34$, $P<0.05$),其他行为差异不显著($P>0.05$)。雌雄中华秋沙鸭的主要行为是取食、休息、游泳和修整。雌性每天用于取食、休息行为的时间分别占整个时间分配的(44.22 ± 9.29)%和(10.08 ± 5.71)%,多于雄性的(40.42 ± 7.03)%和(9.06 ± 3.90)%;雌性每天用于游泳和修整行为的时间分配分别占(22.72 ± 7.34)%和(15.92 ± 6.92)%,少于雄性的(24.77 ± 7.11)%和(18.09 ± 6.63)%。其他行为时间分配差异不大。

3.1.2 雄性中华秋沙鸭日活动节律

雄性中华秋沙鸭的 8 种行为节律中,取食($F_{(10,165)}=7.55$, $P<0.05$)和休息($F_{(10,165)}=3.48$, $P<0.05$)行为存在显著的节律性变化,其他行为的节律性变化不显著($P>0.05$) (表 2)。取食行为日活动中有两个明显的高峰,分别在 7:00—10:59 和 12:00—13:59。11:00—11:59 和 14:00—17:59 取食明显下降,而且下午是逐步下降,下降幅度明显。休息行为一天中整体呈上升趋势,14:00 以后保持相对较高的水平,直至 17:00—17:59 达到一个最高峰,休息行为在下午发生的比例明显高于上午。游泳和修整是雄性秋沙鸭的主要行为,其中游泳行为在下午发生的比例稍微高于上午。

3.1.3 雌性中华秋沙鸭日活动节律

雌性中华秋沙鸭的 8 种行为节律中,取食($F_{(10,170)}=5.19$, $P<0.05$)和休息($F_{(10,170)}=2.56$, $P<0.05$)行为存在显著的节律性变化,其他行为的节律性变化不显著($P>0.05$) (表 3)。取食行为 7:00—13:59 较高,均在 38.00% 以上,14:00—17:59 逐渐下降。休息行为一天中总体呈上升趋势,下午发生的比例明显高于上午。游泳和修整行为没有显著的节律性,但游泳下午发生的比例稍高于上午。修整在 12:00—12:59 和 15:00—15:59 有两个小高峰。

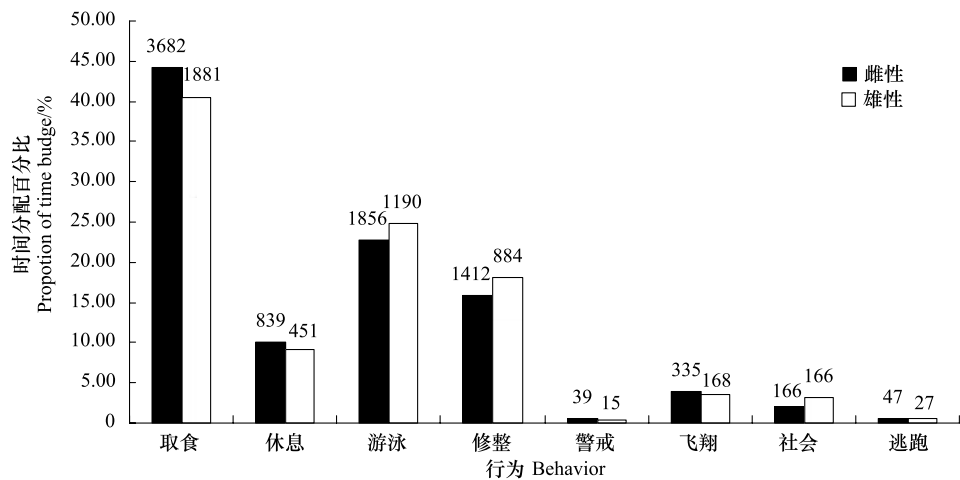


图2 中华秋沙鸭雌雄越冬行为的时间分配比较

Fig. 2 Comparison of time budget of wintering female and male *Mergus squamatus*

表2 雄性中华秋沙鸭日行为节律

时间 Time	行为发生平均频次观测百分比均值(平均值±标准差,n=18 d)							
	Mean frequency of percentage various behaviors (Mean ± Std. Deviation of Mean,n=18 d)							
	取食 Feeding	休息 Resting	游泳 Swimming	修整 Maintenance	警戒 Vigilance	飞翔 Flying	社会 Social	逃跑 Escape
7:00—7:59	47.85±21.79	2.33±5.63	27.58±14.60	15.19±10.17	0.51±1.91	3.81±5.38	2.72±6.38	0.00±0.00
8:00—8:59	49.94±12.83	3.73±5.45	20.46±9.73	17.59±7.56	0.12±0.47	4.07±5.41	4.10±3.95	0.00±0.00
9:00—9:59	51.30±12.35	2.96±4.41	22.76±11.17	14.68±9.04	0.99±3.77	4.04±7.25	2.63±3.32	0.64±1.87
10:00—10:59	45.76±14.14	4.16±8.23	24.79±12.72	20.22±12.64	0.00±0.00	2.71±4.19	1.40±4.64	0.96±3.09
11:00—11:59	36.73±15.06	8.93±13.58	24.13±11.54	21.90±12.99	0.24±0.70	3.86±6.78	3.00±3.70	1.21±4.29
12:00—12:59	42.63±21.78	7.05±14.32	19.34±11.80	25.66±14.76	0.00±0.00	0.75±1.90	4.58±5.77	0.00±0.00
13:00—13:59	41.97±21.31	7.58±14.73	27.18±24.89	17.65±10.76	0.26±0.92	1.28±3.74	3.32±5.54	0.77±2.77
14:00—14:59	25.98±24.97	15.53±20.72	31.04±23.57	20.93±22.32	0.00±0.00	2.69±4.92	3.82±6.19	0.00±0.00
15:00—15:59	20.43±10.76	13.10±14.03	33.89±22.41	20.45±18.22	0.00±0.00	6.83±7.96	4.69±7.34	0.62±2.62
16:00—16:59	22.96±15.88	15.02±18.75	36.48±19.63	14.57±15.36	0.00±0.00	5.95±8.96	1.65±3.13	3.38±8.70
17:00—17:59	14.03±23.96	33.54±40.88	21.74±24.93	21.39±24.70	4.20±11.12	2.04±5.40	3.06±5.62	0.00±0.00
F(10,165)	7.55	3.48	1.48	0.78	1.80	1.33	0.68	1.26
Sig.	0.00	0.00	0.15	0.65	0.06	0.22	0.74	0.26

3.2 温度对中华秋沙鸭越冬行为的影响

3.2.1 温度对中华秋沙鸭越冬行为时间分配的影响

不同温度条件下,取食($t=-2.166,df=16,P<0.05$)和游泳($t=5.096,df=16,P<0.05$)行为在时间分配上存在显著性差异,其他行为差异不显著($P>0.05$)。>10℃月份($n=8\text{ d}$)中华秋沙鸭游泳行为显著高于<10℃月份($n=10\text{ d}$),而取食行为显著低于<10℃月份(图3)。在>10℃月份中,中华秋沙鸭主要行为活动的时间比例分别为取食($38.38\pm6.03\%$)、休息($9.04\pm4.94\%$)、游泳($29.67\pm4.23\%$)和修整($14.78\pm3.70\%$)。在<10℃月份中,中华秋沙鸭主要行为活动的时间比例分别为取食($45.96\pm8.26\%$)、休息($10.06\pm4.11\%$)、游泳($18.77\pm4.71\%$)和修整($18.51\pm7.68\%$)。

表 3 雌性中华秋沙鸭日行为节律
Table 3 Daily behavioral rhythm for wintering Female *Mergus squamatus*

时间 Time	行为发生平均频次观测百分比均值(平均值±标准差,n=18 d) Mean frequency of percentage various behaviors (Mean ± Std. Deviation of Mean,n=18 d)							
	取食 Feeding	休息 Resting	游泳 Swimming	修整 Maintenance	警戒 Vigilance	飞翔 Flying	社会 Social	逃跑 Escape
7:00—7:59	52.38±20.43	1.82±3.91	23.15±13.93	15.38±11.66	0.00±0.00	5.67±7.41	1.59±3.40	0.00±0.00
8:00—8:59	49.59±15.26	6.42±7.75	20.53±11.33	16.74±9.09	0.26±0.66	4.14±4.68	2.32±3.20	0.00±0.00
9:00—9:59	53.66±15.47	4.17±5.71	21.26±11.41	12.99±8.02	1.08±3.50	4.13±7.80	2.04±2.60	0.67±1.96
10:00—10:59	47.77±17.61	5.12±7.02	23.14±9.29	18.80±11.40	0.34±0.79	2.88±4.46	1.00±2.42	0.95±2.98
11:00—11:59	40.66±16.62	9.34±15.47	25.24±12.66	16.26±10.09	0.20±0.45	5.59±8.59	1.46±2.28	1.25±4.00
12:00—12:59	38.50±22.67	13.52±22.31	16.22±12.90	20.64±16.55	0.10±0.37	8.69±26.65	2.33±3.30	0.00±0.00
13:00—13:59	40.04±30.72	10.46±16.91	28.11±25.81	15.76±10.46	0.00±0.00	1.38±2.80	3.67±9.22	0.58±2.09
14:00—14:59	35.23±24.49	15.30±20.82	30.76±16.18	13.32±13.82	0.00±0.00	3.65±5.39	1.74±3.09	0.00±0.00
15:00—15:59	22.56±14.07	17.07±14.84	28.02±18.24	19.84±13.58	0.36±0.93	7.38±10.29	3.84±6.15	0.93±3.83
16:00—16:59	25.25±19.13	15.14±19.85	32.94±16.63	11.82±13.90	0.42±1.61	10.09±18.00	1.35±3.37	3.00±8.06
17:00—17:59	18.80±23.76	27.14±32.95	23.35±19.27	18.78±19.49	5.47±15.47	4.90±6.98	1.56±2.65	0.00±0.00
<i>F</i> (10,170)	5.19	2.56	1.54	0.85	1.80	1.80	0.78	0.76
Sig.	0.00	0.01	0.13	0.58	0.06	0.06	0.65	0.67

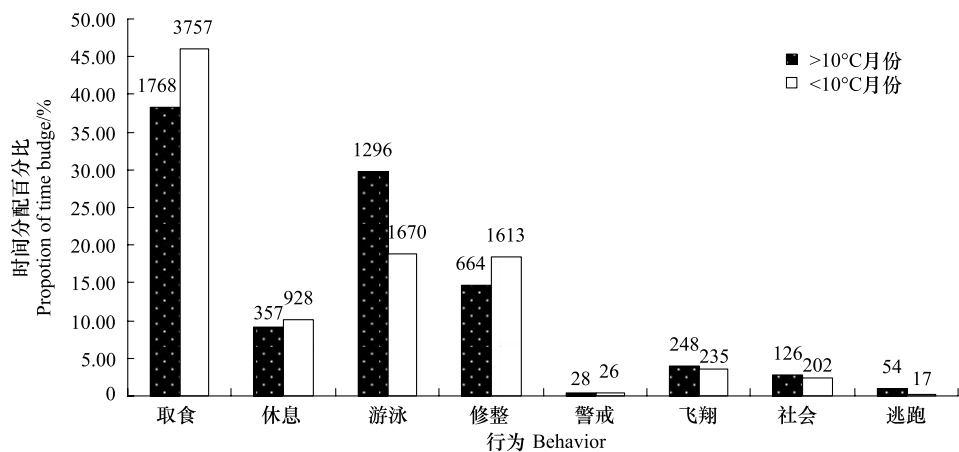


图 3 中华秋沙鸭在不同温度条件下的越冬行为时间分配
Fig.3 Time budgets of *Mergus squamatus* in different temperature conditions

3.2.2 >10℃月份中华秋沙鸭日活动节律

中华秋沙鸭的 8 种行为节律中,仅警戒($F_{(10,77)}=1.96,P<0.05$)行为存在显著的节律性变化,其他行为的节律性变化不显著($P>0.05$)(表 4)。警戒行为主要发生在傍晚。取食、休息、游泳和修整是中华秋沙鸭的主要行为,虽没有显著的节律性,但在不同时段有一定的规律。取食($F_{(10,77)}=1.29,P>0.05$)行为 7:00—14:59 均保持较高的水平,15:00—17:59 逐渐下降。上午的取食比例明显大于下午。休息($F_{(10,77)}=0.70,P>0.05$)行为一天中有上升的趋势。游泳($F_{(10,77)}=1.26,P>0.05$)行为在 12:00—12:59 出现最低谷,16:00—16:59 出现最高峰。修整($F_{(10,77)}=1.68,P>0.05$)行为在 7:00—7:59、12:00—12:59 和 15:00—15:59 出现 3 个高峰,在 9:00—9:59 和 16:00—16:59 出现两个低谷。

3.2.3 <10℃月份中华秋沙鸭日活动节律

中华秋沙鸭的 8 种行为节律中,取食($F_{(10,86)}=5.93,P<0.05$)和休息($F_{(10,86)}=3.42,P<0.05$)行为存在显著的节律性变化,其他行为的节律性变化不显著($P>0.05$)(表 5)。取食行为有两个明显的高峰,分别在 7:00—10:59 和 12:00—13:59,低谷发生在日落时分 17:00—17:59,上午取食频次明显高于下午。休息行

为主要发生在 11:00—11:59 和 14:00—17:59 有两个高峰,在 7:00—7:59 和 13:00—13:59 有两个低谷,下午休息行为发生的比例明显高于上午。其他两个主要行为为游泳和修整,虽无显著节律变化,但也有一定的规律,游泳 ($F_{(10,86)} = 0.98, P > 0.05$) 下午较上午的发生频次要高。修整 ($F_{(10,86)} = 1.4, P > 0.05$) 行为在一天中的行为比例波动不大,10:00—12:59 和 17:00—17:59 出现峰值。

表 4 >10℃ 月份影响中华秋沙鸭日行为节律

Table 4 Daily behavioral rhythm of wintering *Mergus squamatus* in >10℃ month

时间 Time	行为发生平均频次观测百分比均值 (平均值±标准差, $n=8$ d)							
	Mean frequency of percentage various behaviors (Mean ± Std. Deviation of Mean, $n=8$ d)							
	取食 Feeding	休息 Resting	游泳 Swimming	修整 Maintenance	警戒 Vigilance	飞翔 Flying	社会 Social	逃跑 Escape
7:00—7:59	35.46±19.46	1.43±3.50	30.53±18.07	21.29±12.88	0.54±1.32	6.25±10.46	4.51±6.59	0.00±0.00
8:00—8:59	44.09±15.22	6.43±7.37	26.81±7.45	14.63±9.67	0.40±0.76	5.28±5.15	2.36±3.59	0.00±0.00
9:00—9:59	46.02±11.82	1.54±3.61	31.05±6.92	11.19±5.54	0.28±0.54	5.84±10.44	2.62±2.64	1.48±2.76
10:00—10:59	40.50±14.78	4.80±6.16	31.01±7.78	17.75±8.61	0.00±0.00	1.94±3.50	2.51±5.02	1.49±4.21
11:00—11:59	38.20±13.72	7.42±14.31	27.45±10.19	18.22±9.43	0.25±0.46	4.80±6.94	1.59±2.35	2.08±5.89
12:00—12:59	36.73±23.57	10.85±20.04	22.60±14.08	23.13±18.89	0.00±0.00	3.10±6.27	3.60±4.59	0.00±0.00
13:00—13:59	35.19±24.68	11.60±23.21	30.42±17.70	14.65±6.57	0.14±0.33	2.13±4.23	4.52±8.28	1.36±3.32
14:00—14:59	36.57±20.15	12.09±23.44	29.25±14.68	12.05±13.05	0.00±0.00	5.47±5.96	4.59±4.55	0.00±0.00
15:00—15:59	24.64±14.47	10.77±9.58	35.22±15.40	19.14±17.02	0.11±0.31	6.40±9.21	2.07±2.58	1.66±4.68
16:00—16:59	28.71±16.92	4.71±9.39	44.63±11.42	5.38±3.53	0.68±1.80	7.88±10.68	1.48±1.95	6.53±11.37
17:00—17:59	20.41±14.27	22.32±44.65	32.16±22.98	5.30±9.04	9.09±18.18	8.29±7.87	2.44±4.88	0.00±0.00
$F(10,77)$	1.29	0.70	1.26	1.68	1.96	0.48	0.48	1.21
Sig.	0.25	0.72	0.27	0.10	0.05	0.90	0.89	0.30

表 5 <10℃ 月份影响中华秋沙鸭日行为节律

Table 5 Daily behavioral rhythm for wintering *Mergus squamatus* in <10℃ month

时间 Time	行为发生平均频次观测百分比均值 (平均值±标准差, $n=10$ d)							
	Mean frequency of percentage various behaviors (Mean ± Std. Deviation of Mean, $n=10$ d)							
	取食 Feeding	休息 Resting	游泳 Swimming	修整 Maintenance	警戒 Vigilance	飞翔 Flying	社会 Social	逃跑 Escape
7:00—7:59	60.55±14.66	2.24±4.10	19.88±10.44	12.04±7.83	0.00±0.00	5.05±4.98	0.24±0.72	0.00±0.00
8:00—8:59	52.56±6.41	5.45±6.26	15.06±6.90	20.12±5.93	0.06±0.19	3.59±3.91	3.15±2.70	0.00±0.00
9:00—9:59	58.40±13.10	5.01±5.11	14.33±7.08	15.93±9.50	1.85±4.97	3.09±4.16	1.38±1.44	0.00±0.00
10:00—10:59	50.56±16.64	5.12±8.45	17.08±6.42	22.13±13.40	0.44±0.67	3.91±5.17	0.19±0.38	0.57±1.71
11:00—11:59	39.01±20.11	13.09±16.56	17.45±5.79	23.01±8.12	0.32±0.44	3.51±4.57	2.96±3.03	0.66±1.86
12:00—12:59	47.65±15.38	12.20±17.34	13.58±2.32	23.51±10.79	0.15±0.38	0.31±0.75	2.60±3.93	0.00±0.00
13:00—13:59	47.54±26.93	7.39±5.65	24.15±29.12	18.38±11.90	0.00±0.00	0.61±1.20	1.92±3.43	0.00±0.00
14:00—14:59	31.44±26.26	23.08±22.06	25.47±15.29	18.04±13.09	0.00±0.00	0.53±1.24	1.45±3.10	0.00±0.00
15:00—15:59	19.50±11.01	22.95±15.12	22.91±11.87	20.63±6.97	0.36±0.80	8.02±9.44	5.62±7.04	0.00±0.00
16:00—16:59	19.33±17.36	23.28±20.80	25.49±15.34	18.71±16.66	0.00±0.00	11.72±22.57	1.47±4.16	0.00±0.00
17:00—17:59	15.97±31.95	32.38±26.37	15.11±17.28	34.31±20.05	0.00±0.00	0.70±1.39	1.54±2.25	0.00±0.00
$F(10,86)$	5.93	3.42	0.98	1.40	0.94	1.42	1.74	0.82
Sig.	0.00	0.00	0.47	0.20	0.50	0.19	0.09	0.61

4 讨论

4.1 性别对中华秋沙鸭越冬行为的影响

雌雄中华秋沙鸭的主要行为是取食、休息、游泳和修整,这与邵明勤等和易国栋等的研究结果相同^[23-25]。 t 检验表明,雌雄中华秋沙鸭越冬行为中,仅社会行为存在显著性差异,这与阮祥锋等^[26] 对非繁殖期朱鹮行为

的研究结果相似,而与杨晓君等^[2,8-10]对繁殖期大紫胸鹦鹉、棕胸竹鸡、白腹锦鸡和绿孔雀等的研究结果不同。即繁殖期鸟类雌雄行为时间分配差异显著,非繁殖期无显著差异,这可能与不同时期鸟类的生理需求不同有关。繁殖期雌雄除必要的生存需求外,主要的任务是繁殖,雌雄繁殖任务的分配一般不同,导致雌雄繁殖期行为有很大的差异。非繁殖期,雌雄鸟类的主要任务相对单一,均是在相对恶劣环境下生存下来。本次中华秋沙鸭雌雄行为差异不显著的原因可能有两个:(1)雌雄中华秋沙鸭在非繁殖期,主要任务均是通过取食行为和其他行为的平衡,获取足够的能量,为来年的迁徙和繁殖作准备;(2)中华秋沙鸭雌雄体长和体重无显著差异^[27]。越冬期间,大部分中华秋沙鸭都偏爱雌雄混群生活,表明生活节律的同步性^[22]。这些事实说明,雌雄中华秋沙鸭越冬期间需要的能量差别不大,这可能是雌雄大部分行为时间分配差异不显著的主要原因。雄鸭社会行为时间分配显著高于雌鸭,这与雄鸟为了维护群体稳定,相互之间打斗,抢食发生较多有关。

雌雄中华秋沙鸭的取食和休息行为均存在显著性节律变化,雌雄个体 7:00—10:59 主要发生的行为有取食、游泳、修整;取食行为在 11:00—11:59,雄性中华秋沙鸭有一个明显的低谷,而雌性中华秋沙鸭变化不明显,此时段,雄性的修整行为比雌性的低。雌性取食高峰(15:00)较雄性(14:00)延长 1h,这是雌性取食行为比例较雄性高的原因之一。雌性个体采取延长取食高峰和提高取食行为比例的对策可能有两个原因:(1)中华秋沙鸭性成熟前均着雌性羽衣,观察到的雌性羽衣者包含部分亚成体,而亚成体个体偏小,因此它们需要摄取更多的能量^[22];(2)亚成体可能取食经验不足,捕食成功率较低,这样亚成体就需要花费更多的时间取食来补充能量。14:00—17:59,取食行为比例逐渐减少,休息、游泳和警戒行为在傍晚时分都达到了一个最高峰。

张延君等^[28]对笼养疣鼻天鹅(*Cygnus olor*)孵化期雌雄行为研究表明,雌雄日活动节律存在显著差异,而本研究发现越冬期雌雄中华秋沙鸭主要行为(取食、休息、游泳和修整)的节律曲线大致相似。而且雌雄个体的取食、休息、游泳、修整和警戒行为比例出现最高的时间段均相似。雌雄中华秋沙鸭取食活动主要集中在上午开始活动后,因为经过漫长且寒冷的夜晚能量消耗较多,所以早上需及时补充。取食行为比例上午比下午多,这与笼养白腹锦鸡^[8]结果相反,与越冬黑颈鹤^[11]的行为节律结果相同,可能是由于笼养状态下食物资源充足。中午时分,取食行为较上午明显下降,因为中午时分,太阳直射,温度较高,则可以减少能量的流失,进而吸收太阳光的能量以保持体温,这样相应地就减少了觅食时间、增加了休息和修整时间。中华秋沙鸭中午修整高峰的行为对策与越冬黑颈鹤^[11]和越冬灰鹤^[29-30]相似,但中华秋沙鸭取食主要集中在上午和中午,傍晚未出现明显的高峰。

4.2 温度对中华秋沙鸭越冬行为的影响

环境因素对动物行为有显著影响,其中,温度对鸟类行为的影响尤为重要。许多鸟类在低温环境下通过减少行为活动以降低能量消耗和热量损失^[4-6]。本次研究表明,在<10℃月份环境下,取食行为时间分配显著较高,而游泳行为则相反,说明平均温度低时,中华秋沙鸭需要摄取更多的食物以补充寒冷天气能量的消耗,并且减少游泳行为降低耗能。云南大山包越冬黑颈鹤的研究也表明,在温度低的月份,黑颈鹤增加取食行为,减少休整时间^[11]。

单因素方差分析表明,中华秋沙鸭日活动行为节律,在>10℃月份里,只有警戒行为存在显著的节律变化,其他变化不显著,而在<10℃月份里取食和休息行为存在显著的节律性变化,其他变化不显著。说明温度对中华秋沙鸭的影响比较大,改变了日活动节律。

7:00—10:59,在>10℃月份,取食比例较<10℃月份低很多,而游泳则相反,说明低温使中华秋沙鸭在夜间消耗较多能量,因此需要花费更多的时间取食来补充能量。休息行为在>10℃月份,中午和傍晚均有一个小的高峰,而在<10℃月份从 11:00 开始(除 13:00—13:59)均保持较高的水平。中华秋沙鸭采取这种对策,可能是<10℃月份,晚上和下午温度较低,需要存储大量能量,为了减少消耗,从下午就开始增加休息行为。修整行为在>10℃月在早上、中午和下午各有一次高峰,而在<10℃月份修整时间明显增加。因此,休息和修整行为总和在低温环境下明显增加,这一结果同样说明鸟类在低温环境下通过减少行为活动以降低能量消耗

和热量损失^[4-6]。逃跑行为在>10℃月份,发生在9:00—9:59和13:00—16:59,<10℃月份仅在10:00—11:59出现。调查发现,有些渔民9:00—9:59和14:00—14:59会开动马达船只到河面上捕鱼,这一时段明显看到秋沙鸭会被惊飞,严重影响其日常行为活动,这是中华秋沙鸭逃跑的主要原因。而<10℃月份人为活动减弱,对它们干扰就较少。

References:

- [1] Orians G H. The ecology of blackbird (*Agelaius*) social systems. *Ecological Monographs*, 1961, 31(3): 285-312.
- [2] Yang X J, Yang L. The observation of time budget of captive peafowl (*Pavo muticus*). *Acta Zoologica Sinica*, 1996, 42(suppl.): 106-111.
- [3] Caraco T. Time budget and group size: A theory. *Ecology*, 1979, 60(3): 611-617.
- [4] Verbeek N A time and energy budget study of the Brewer Blackbird. *The Condor*, 1964, 66: 70-74.
- [5] Tian X H, Zhang B L, Liu X Q, He Q X. Time budget of captive great bustard (*Otis tarda*) in winter. *Chinese Journal of Zoology*, 2005, 40(2): 44-49.
- [6] Siegfried W R. Time budget of behavior among lesser scaups on Delta Marsh. *J. Wildl. Mgmt.* 1974, 38: 708-713.
- [7] East M. Sex differences and the effect of temperature on the foraging behaviour of Robins *Erithacus rubecula*. *Ibis*, 1980, 122: 517-520.
- [8] Yang X J, Wen X J, Yang L. Time budgets of captive Lady Amhersts pheasant (*Chrysolophus amherstiae*). *Zoological Research*, 1995, 16(2): 178-184.
- [9] Yang X J, Yang L, Wang S Z, Wen X J. The time budgets and activities of Derbys Parakeet in captive. *Acta Zoologica Sinica*, 1998, 44(3): 277-285.
- [10] Yang X J, Zhou J P and Yang L. The difference of sexual behavior of Bamboo Partridge in spring and summer//Gao W. *Chinese Ornithological research*. Beijing: Science Press, 1991: 68-69.
- [11] Kong D J, Yang X J, ZHONG X Y, DAO M B, ZHU Y. Diurnal time budget and behavior rhythm of wintering Black-necked Crane (*Grus nigricollis*) at Dashanbao in Yunnan. *Zoological Research*, 2008, 29(2): 195-202.
- [12] Sun Y F, Li S P, Li J Y, Wu Y F, Li J P. 2006. Time budget and activity rhythm of wild Great Bustard in winter. *Frontiers of Biology in China*, 2006, 1(4): 443-447.
- [13] Tian X H, He X B, Zhou Y R, Li X M. Observations on wintering behavior of captive Siberian Cranes at Harbin Zoo // Wang Q S, Li F S. *Crane Research in China*. Kunming: Yunnan Educational Publishing House, 2005: 196-200.
- [14] BirdLife International. *Mergus squamatus*//IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. 2009.
- [15] He F Q, David M, Gui X J, Hong Y H, Liu Z Y. Status of the Scaly-sided Merganser wintering in Mainland China in the 1990s. *Waterbirds*, 2002, 25(4): 462-464.
- [16] Lin Q X, Chen X L, Fang W Z. Discovery of Scaly-sided Merganser (*Mergus squamatus*) and (*Gorsachius magnificus*) in Ji'an, Jiangxi Province. *Chinese Journal of Zoology*, 2008, 43(2): 13-13.
- [17] Wang Z R, Shan J H, Li Y K, Tu X B, Jia D J, Hao Y, Song Y Z, Ying Q, Sun Z Y, Zhao J. Winter population status and endangered factors of scaly-sided merganser (*Mergus squamatus*) in Jiangxi Province. *Sichuan Journal of Zoology*, 2010, 29(4): 597-600.
- [18] Liu Y, Yang Z J, Zuo B, Yi G D. Wintering distribution and population size of scaly-sided Merganser *Mergus squamatus* in Jiangxi Province. *Journal of Northeast Normal University: Natural Science Edition*, 2008, 40(1): 111-115.
- [19] Shao M Q, Zeng B B, Hounscome T, Chen L X, You C Y, Wang H B, Dai N H. 2012. Winter Ecology and Conservation Threats of Scaly-sided Merganser *Mergus squamatus* in Poyang Lake Watershed, China. *Pakistan Journal of Zoology*, 2012, 44(2): 503-510.
- [20] Fu J Q, Chen G. Nest-site selection and activity rhythm of Scaly-sided Merganser during hatching period. *Journal of Northeast Forestry University*, 2006, 34(5): 100-101.
- [21] Yi G D, Yang Z J, Chen G, Li C Q, Hao X L, Zhao J. Preliminary observation on breeding behavior of *Mergus squamatus*. *Chinese Journal of Zoology*, 2008, 43(6): 57-61.
- [22] Shao M Q, Zeng B B, Shang X L, Chen L X, You C Y, Dai N H. Group characteristics of Chinese Merganser (*Mergus squamatus*) during the wintering period in Poyang Lake watershed, Jiangxi Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(10): 3170-3176.
- [23] Shao M Q, Dai N H, Guo Y R, Gan W L, Tong L F, Tong J W, Zhao S, Guo Q X, Zeng F W. Observations on the habits of *Mergus squamatus* in winter *Sichuan Journal of Zoology*, 2010a, 29(1): 102-104.
- [24] Shao M Q, Zhang X R, Dai N H, Guo Y R, Gan W L, Tong L F, Jian M F, Tu Y L. Preliminary study on behaviors of wintering scaly-sided merganser. *Sichuan Journal of Zoology*, 2010b, 29(6): 984-985.
- [25] Yi G D, Yang Z J, Liu Y, Zuo B, Zhao J, Hao X L. Behavioral time budget and daily rhythms for wintering *Mergus squamatus*. *Acta Ecologica*

Sinica, 2010, 30(8): 2228-2234.

- [26] Ruan X F, Huang Z X, Zhu J G, Xi B, Wang K, Huang T, Yang C B. Diurnal behaviors of captive crested ibis during non-breeding season. Chinese Journal of Wildlife, 2011, 32(3): 126-128.
- [27] Zou H F, Fu R, Shen G S, Fu J Q, Chen G, Shu X B. Correlation analysis of growth index for reared merganser. Journal of Northeast Forestry University, 2008, 36(7): 49-50, 62.
- [28] Zhang Y J, Gao J F, Tian X H. Gender differences in behavior time budget and circadian rhythm of mute swan in captivity during hatching period. Journal of Northeast Forestry University, 2012, 40(1): 82-85, 100.
- [29] Alonso J C, Alonso J A. Daily activity and intake rate patterns of wintering common cranes (*Grus grus*). Ardea, 1992, 80: 343-351.
- [30] Alonso J C, Bautista L M, Alonso J A. Family-based territoriality vs flocking in wintering common cranes (*Grus grus*). Journal of Avian Biology, 2004, 35: 434-444.

参考文献:

- [2] 杨晓君, 杨岚. 笼养绿孔雀行为时间分配的初步观察. 动物学报, 1996, 42(增刊): 106-111.
- [5] 田秀华, 张伯莲, 刘群秀, 何相宝. 笼养大鸨越冬行为的时间分配. 动物学杂志, 2005, 40(2): 44-49.
- [8] 杨晓君, 文贤继, 杨岚. 笼养白腹锦鸡繁殖季节的时间分配. 动物学研究, 1995, 16(2): 178-184.
- [9] 杨晓君, 杨岚, 王淑珍, 文贤继. 笼养大紫胸鹦鹉的活动时间分配. 动物学报, 1998, 44(3): 277-285.
- [10] 杨晓君, 周建平, 杨岚. 棕胸竹鸡春夏季行为的性别差异//高玮. 中国鸟类研究. 北京: 科学出版社. 1991: 68-70.
- [11] 孔德军, 杨晓君, 钟兴耀, 道美标, 朱勇. 云南大山包黑颈鹤日间越冬时间分配和活动节律. 动物学研究, 2008, 29(2): 195-202.
- [13] 田秀华, 何相宝, 周钰蕊, 李晓敏. 笼养白鹤越冬行为的初步观察与分析//王岐山, 李凤山. 中国鹤类研究. 昆明: 云南教育出版社, 2005: 196-200.
- [16] 林清贤, 陈小麟, 方文珍. 江西靖安发现中华秋沙鸭和海南鹇. 动物学杂志, 2008, 43(2): 13-13.
- [17] 汪志如, 单继红, 李言阔, 涂晓斌, 贾道江, 郝昕, 宋玉赞, 应钦, 孙志勇, 赵健. 江西省中华秋沙鸭越冬种群现状调查与胁迫因素分析. 四川动物, 2010, 29(4): 597-600.
- [18] 刘宇, 杨志杰, 左斌, 易国栋. 中华秋沙鸭(*Mergus squamatus*) 在江西省的越冬分布及种群数量调查. 东北师范大学学报: 自然科学版, 2008, 40(3): 111-115.
- [20] 付俊卿, 陈刚. 中华秋沙鸭巢址选择及孵化期活动节律. 东北林业大学学报, 2006, 34(5): 100-101.
- [21] 易国栋, 杨志杰, 陈刚, 李成权, 郝锡联, 赵匠. 中华秋沙鸭繁殖习性初报. 动物学杂志, 2008, 43(6): 57-61.
- [22] 邵明勤, 曾宾宾, 尚小龙, 陈立欣, 游茶英, 戴年华. 江西鄱阳湖流域中华秋沙鸭越冬期间的集群特征. 生态学报, 2012, 32(10): 3170-3176.
- [23] 邵明勤, 戴年华, 郭英荣, 甘文亮, 童丽芳, 童建文, 赵爽, 郭启祥, 曾凡伟. 中华秋沙鸭冬季生态习性的初步观察. 四川动物, 2010a, 29(1): 102-104.
- [24] 邵明勤, 章旭日, 戴年华, 郭英荣, 甘文亮, 童丽芳, 简敏菲, 涂远龙. 中华秋沙鸭冬季行为初步分析. 四川动物, 2010b, 29(6): 984-985.
- [25] 易国栋, 杨志杰, 刘宇, 左斌, 赵匠, 郝锡联. 中华秋沙鸭越冬行为时间分配及日活动节律. 生态学报, 2010, 30(8): 2228-2234.
- [26] 阮祥锋, 黄治学, 朱家贵, 溪波, 王科, 黄涛, 杨春柏. 笼养朱鹮非繁殖期昼间行为活动时间分配. 野生动物, 2011, 32(3): 126-128.
- [27] 邹红菲, 傅饶, 沈广爽, 傅俊卿, 陈刚, 舒晓波. 救助饲养的中华秋沙鸭生长指标的相关性. 东北林业大学学报, 2008, 36(7): 49-50, 62.
- [28] 张延君, 高剑富, 田秀华. 笼养疣鼻天鹅孵化期行为时间分配与日节律的性别差异. 东北林业大学学报, 2012, 40(1): 82-85, 100.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 12 Jun. ,2013(Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Research on the disturbance of frost damage to forests LI Xiufen, ZHU Jiaojun, WANG Qingli, et al (3563)
- Advances in salt-tolerance mechanisms of *Suaeda* plants ZHANG Aiqin, PANG Qiuying, YAN Xiufeng (3575)

Autecology & Fundamentals

- Simulation and prediction of spatial patterns of *Robinia pseudoacacia* flowering dates in eastern China's warm temperate zone
..... XU Lin, CHEN Xiaoqiu, DU Xing (3584)
- Response of leaf functional traits of *Betula ermanii* saplings to the altitudinal Variation
..... HU Qipeng, GUO Zhihua, SUN Lingling, et al (3594)
- Analysis of genetic diversity of chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) natural secondary forest populations and correlation with theirs
habitat ecological factors LI Ming, WANG Shuxiang, GAO Baojia (3602)
- Nitrogen addition affects root growth, phosphorus and nitrogen efficiency of three provenances of *Schima superba* in barren soil
..... ZHANG Rui, WANG Yi, JIN Guoqing, et al (3611)
- Effect of enclosure on soil C mineralization and priming effect in *Stipa grandis* grassland of Inner Mongolia
..... WANG Ruomeng, DONG Kuanhu, HE Nianpeng, et al (3622)
- Effects of slope position on gas exchange characteristics of main tree species for vegetation restoration in dry-hot valley of Jingsha
River DUAN Aiguo, ZHANG Jianguo, HE Caiyun, et al (3630)
- Impacts of biodegradation on desorption of phenol adsorbed on black carbon and soil
..... HUANG Jiexun, MO Jianmin, LI Feili, et al (3639)
- Physiological and biochemical responses to different soil drought stress in three tree species
..... WU Qin, ZHANG Guangcan, PEI Bin, et al (3648)
- The ear-leaf ratio of population is related to yield and water use efficiency in the water-saving cultivation system of winter wheat
..... ZHANG Yongping, ZHANG Yinghua, HUANG Qin, et al (3657)
- Effects of ozone stress on photosynthesis, dry matter production and yield of rice under different seedling quality and plant density ...
..... PENG Bin, LI Panlin, ZHOU Nan, et al (3668)
- Effects of water and nitrogen under root restriction on photosynthetic characters of cotton plants grown with under-mulch drip
irrigation TAO Xianping, LUO Honghai, ZHANG Yali, et al (3676)
- The influence of light and growth stage on oxygen diffusion capacity of *Acorus calamus* roots
..... WANG Wenlin, WANG Guoxiang, WAN Yinjing, et al (3688)
- Isolation, screening and characterization of phytopathogen antagonistic endophytes from wild *Artemisia argyi*
..... XU Yajun, ZHAO Longfei, CHEN Pu, et al (3697)
- Performance of the two host-biotypes of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) on different cucurbitaceous host plants
..... XIAO Yunli, YIN Xiangchu, LIU Tongxian (3706)
- The effects of gender and temperature on the wintering behavior of Chinese merganser
..... ZENG Binbin, SHAO Mingqin, LAI Hongqing, et al (3712)

Population, Community and Ecosystem

- Assessment indicators system of forest ecosystem health based on the disturbance in Wangqing forestry
..... YUAN Fei, ZHANG Xingyao, LIANG Jun (3722)
- Heterogeneity evaluation of forest ecological system spatial structure in Dongting Lake
..... LI Jianjun, LIU Shuai, ZHANG Huiru, et al (3732)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Climate-growth relationships of *Abies faxoniana* from different elevations at Miyaluo, western Sichuan, China
..... XU Ning, WANG Xiaochun, ZHANG Yuandong, et al (3742)

- Spatial-temporal distribution of net primary productivity and its relationship with climate factors in Inner Mongolia from 2001 to 2010 MU Shaojie, LI Jianlong, ZHOU Wei, et al (3752)
- Influences of topographic features on the distribution and evolution of landscape in the coastal wetland of Yancheng
..... HOU Minghang, LIU Hongyu, ZHANG Huabing, et al (3765)
- Vegetation landscape pattern change and characteristics of spatial distribution in south edge of Mu Us Sandy Land
..... ZHOU Shuqin, JING Yaodong, ZHANG Qingfeng, et al (3774)
- Climate change recorded mainly by pollen from baixian lake during the last 5.5kaB. P.
..... DU Rongrong, CHEN Jing'an, ZENG Yan, et al (3783)
- Characteristics of temperature field, humidity field and their eco-environmental effects in spring in the typical valley-city
..... LI Guodong, ZHANG Junhua, WANG Naiang, et al (3792)
- Spatial and temporal variation of surface water vapor over northern and southern regions of Qinling Mountains
..... JIANG Chong, WANG Fei, YU Xiaoyong, et al (3805)
- Spatial variation of landscape eco-risk in open mine area WU Jiansheng, QIAO Na, PENG Jian, et al (3816)
- The comparison of ecological geographica regionlization in China based on Holdridge and CCA analysis
..... KONG Yan, JIANG Hong, ZHANG Xiuying, et al (3825)
- Resource and Industrial Ecology**
- Agricultural eco-efficiency evaluation in China based on SBM model PAN Dan, YING Ruiyao (3837)
- The emergy analysis of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) aquaculture system around Dongji island in Zhoushan
..... SONG Ke, ZHAO Sheng, CAI Huiwen, et al (3846)
- Optimum stripe arrangement for inter-cropping and mixed-cropping of different maize (*Zea mays* L.) genotypes
..... ZHAO Yali, KANG Jie, LIU Tianxue, et al (3855)
- Effects of climate and soil on the carotenoid and cuticular extract content of cured tobacco leaves
..... CHEN Wei, XIONG Jing, CHEN Yi, et al (3865)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- Carbon sequestration and oxygen release as well as cooling and humidification efficiency of the main greening tree species of
Sha River, Chengdu ZHANG Yanli, FEI Shimin, LI Zhiyong, et al (3878)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 吴文良

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 33 卷 第 12 期 (2013 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 12 (June, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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 90.00 元