

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 23 期 Vol.32 No.23 **2012**

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 32 卷 第 23 期

2012 年 12 月 (半月刊)

目 次

中国石龙子母体孕期调温诱导幼体表型:母体操纵假说的实验检测	李 宏,周宗师,吴延庆,等 (7255)
同种或异种干扰对花鼠分散贮藏点选择的影响	申 圳,董 钟,曹令立,等 (7264)
曝气充氧条件下污染河道氨挥发特性模拟	刘 波,王文林,凌 芬,等 (7270)
贵州草海越冬斑头雁日间行为模式及环境因素对行为的影响	杨延峰,张国钢,陆 军,等 (7280)
青藏高原多年冻土区积雪对沼泽、草甸浅层土壤水热过程的影响	常 娟,王根绪,高永恒,等 (7289)
长沙城市斑块湿地资源的时空演变	恭映璧,靖 磊,彭 磊,等 (7302)
基于模型数据融合的干烟洲亚热带人工林碳水通量模拟	任小丽,何洪林,刘 敏,等 (7313)
农田氮素非点源污染控制的生态补偿标准——以江苏省宜兴市为例	张 印,周羽辰,孙 华 (7327)
用 PFU 微型生物群落监测技术评价化工废水的静态毒性	李朝霞,张玉国,梁慧星 (7336)
京郊农业生物循环系统生态经济能值评估——以密云尖岩村为例	周连第,胡艳霞,王亚芝,等 (7346)
基于遥感的夏季西安城市公园“冷效应”研究	冯晓刚,石 辉 (7355)
海南岛主要森林类型时空动态及关键驱动因子	王树东,欧阳志云,张翠萍,等 (7364)
不同播种时间对吉林省西部玉米绿水足迹的影响	秦丽杰,靳英华,段佩利 (7375)
黄土塬区不同品种玉米间作群体生长特征的动态变化	王小林,张岁岐,王淑庆,等 (7383)
密植条件下种植方式对夏玉米群体根冠特性及产量的影响	李宗新,陈源泉,王庆成,等 (7391)
沙地不同发育阶段的人工生物结皮对重金属的富集作用	徐 杰,敖艳青,张璟霞,等 (7402)
增强 UV-B 辐射和氮对谷子叶光合色素及非酶促保护物质的影响	方 兴,钟章成 (7411)
不同产地披针叶茴香光合特性对水分胁迫和复水的响应	曹永慧,周本智,陈双林,等 (7421)
芦芽山林线华北落叶松径向变化季节特征	董满宇,江 源,王明昌,等 (7430)
地形对植被生物量遥感反演的影响——以广州市为例	宋巍巍,管东生,王 刚 (7440)
指数施肥对楸树无性系生物量分配和根系形态的影响	王力朋,晏紫伊,李吉跃,等 (7452)
火烧伤害对兴安落叶松树干径向生长的影响	王晓春,鲁永现 (7463)
山地梨枣树耗水特征及模型	辛小桂,吴普特,汪有科,等 (7473)
两种常绿阔叶植物越冬光系统功能转变的特异性	钟传飞,张运涛,武晓颖,等 (7483)
干旱胁迫对银杏叶片光合系统 II 荧光特性的影响	魏晓东,陈国祥,施大伟,等 (7492)
神农架川金丝猴栖息地森林群落的数量分类与排序	李广良,丛 静,卢 慧,等 (7501)
碱性土壤盐化过程中阴离子对土壤中镉有效态和植物吸收镉的影响	王祖伟,弋良朋,高文燕,等 (7512)
两种绣线菊耐弱光能力的光合适应性	刘慧民,马艳丽,王柏臣,等 (7519)
闽楠人工林细根寿命及其影响因素	郑金兴,黄锦学,王珍珍,等 (7532)
旅游交通碳排放的空间结构与情景分析	肖 潇,张 捷,卢俊宇,等 (7540)
北京市妫水河流域人类活动的水文响应	刘玉明,张 静,武鹏飞,等 (7549)
膜下滴灌技术生态-经济与可持续性分析——以新疆玛纳斯河流域棉花为例	范文波,吴普特,马枫梅 (7559)
高温胁迫及其持续时间对棉蚜死亡和繁殖的影响	高桂珍,吕昭智,夏德萍,等 (7568)
桉树枝瘿姬小蜂虫瘿解剖特征与寄主叶片生理指标的变化	吴耀军,常明山,盛 双,等 (7576)
西南桦纯林与西南桦×红椎混交林碳贮量比较	何友均,覃 林,李智勇,等 (7586)
长沙城市森林土壤 7 种重金属含量特征及其潜在生态风险	方 晰,唐志娟,田大伦,等 (7595)
专论与综述	
城乡结合部人-环境系统关系研究综述	黄宝荣,张慧智 (7607)
陆地生态系统碳水通量贡献区评价综述	张 慧,申双和,温学发,等 (7622)



封面图说: 麋鹿群在过河——麋鹿属于鹿科,是中国的特有动物。历史上麋鹿曾经广布于东亚地区,到 19 世纪时,只剩下在北京南海子皇家猎苑内一群。1900 年,八国联军攻陷北京,麋鹿被抢劫一空。1901 年,英国的贝福特公爵用重金从法、德、荷、比四国收买了世界上仅有的 18 头麋鹿,以半野生的方式集中放养在乌邦寺庄园内,麋鹿这才免于绝灭。在世界动物保护组织的协调下,1985 年起麋鹿从英国分批回归家乡,放养到北京大兴南海子、江苏省大丰等地。这是在江苏省大丰麋鹿国家级自然保护区放养的麋鹿群正在过河。

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

DOI: 10.5846/stxb201205180746

杨延峰, 张国钢, 陆军, 刘文, 李振吉. 贵州草海越冬斑头雁日间行为模式及环境因素对行为的影响. 生态学报, 2012, 32(23): 7280-7288.

Yang Y F, Zhang G G, Lu J, Liu W, Li Z J. Diurnal activity patterns and environmental factors on behaviors of Bar-headed Geese *Anser indicus* wintering at Caohai Lake of Guizhou, China. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(23): 7280-7288.

贵州草海越冬斑头雁日间行为模式及 环境因素对行为的影响

杨延峰¹, 张国钢^{1,*}, 陆 军¹, 刘 文², 李振吉²

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 全国鸟类环志中心, 国家林业局森林保护学重点实验室, 北京 100091;

2. 贵州省草海国家级自然保护区管理局, 威宁 553100)

摘要: 2011 年 12 月至 2012 年 2 月, 在贵州省威宁县草海国家级自然保护区, 采用瞬时扫描取样法对越冬斑头雁 (*Anser indicus*) 种群进行了日间行为时间分配和活动节律的研究。结果表明, 斑头雁越冬期间的主要行为是取食和静息, 分别占 50.48% 和 43.79%, 并呈现出早上和傍晚的双取食高峰, 中午的静息高峰。各时间段的取食、静息和饮水行为存在显著差异。对不同生境中斑头雁行为的统计结果表明, 在陆地生境中的主要行为是取食, 在浅水沼泽生境中的主要行为是静息, 推测食物丰富度和干扰水平是影响不同栖息地行为模式的主要因素。利用偏相关分析环境温度和湿度对斑头雁行为的影响表明, 气温是影响斑头雁日间行为模式的主要因素。气温升高时, 斑头雁增加静息行为减少取食行为; 气温降低时则减少静息行为增加取食行为。

关键词: 斑头雁; 越冬行为; 时间分配; 活动节律; 草海

Diurnal activity patterns and environmental factors on behaviors of Bar-headed Geese *Anser indicus* wintering at Caohai Lake of Guizhou, China

YANG Yanfeng¹, ZHANG Guogang^{1,*}, LU Jun¹, LIU Wen², LI Zhenji²

1 Key Laboratory of Forest Protection of State Forestry Administration, National Bird Banding Center of China, The Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, The Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

2 The Management Bureau of Caohai National Wetland Reserves, Weining, Guizhou 553100, China

Abstract: Diurnal activity budgets and rhythm of wintering Bar-headed Geese (*Anser indicus*) at Caohai Lake were studied with instantaneous scan sampling methods from December 2011 to February 2012. During the wintering period, the major behaviors were foraging and resting, which accounted for 50.48% and 43.79% respectively. There were two foraging peaks, one in the morning and the other in the late afternoon, and one resting peak in the noon. Foraging, resting and drinking had significant differences among different segments of time during a day. The geese spent most time in foraging on the land, while resting in the shallow water. It is suggested that the activity patterns in different types of habitat were influenced by food abundance and human disturbance. Partial correlation analysis showed that temperature was the main factor influencing the diurnal activity patterns of Bar-headed Geese. As the temperature rises, the geese decreased foraging and increased resting.

Key Words: Bar-headed Goose; wintering behaviors; time budget; activity rhythm; Caohai

基金项目: 中国林业科学研究院基金资助项目 (CAFRIFEEP201003); 国家林业局野生动物疫源疫病项目专项经费资助

收稿日期: 2012-05-18; 修订日期: 2012-11-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zm7672@caf.ac.cn

对越冬水鸟的日间活动进行定量评价已被用于识别这些物种的重要栖息地和评估他们对栖息地质量变化的反应^[1-4]。水鸟行为的时间分配可能受到栖息地类型^[5-6]和特征(如食物丰富度、隐蔽程度、干扰水平)^[7-12]的影响。在寒冷和多风的环境下较长的暴露时间可能会增加鸟类体温的能量消耗,因此需要增加取食,以抵消较高的能量消耗^[13-14]。环境中日间行为分配的变化程度可以为动物对其环境的适应机制提供重要的依据^[15]。

斑头雁(*Anser indicus*)是亚洲特有种,繁殖于蒙古、中国青海、西藏的沼泽及高原湖泊,在中国云南、贵州、西藏南部及印度、缅甸、孟加拉国、不丹等国越冬^[16]。刘冬平等^[17]估计全世界斑头雁的越冬种群数量至少为7万只。目前,国内外对斑头雁的研究主要集中在适应缺氧环境的生理机制^[18-20]、种群数量和分布^[17,21-23]、栖息地利用^[23-25]、繁殖生态^[26]、种内巢寄生^[27]、种群等级结构^[28]、迁徙路线^[29-30]和食性^[31]等方面,而对斑头雁的越冬行为生态学研究极少,仅见于刘宁^[32]对拉市海斑头雁越冬末期的行为研究。我国贵州草海亦为斑头雁较为重要的越冬地之一,种群数量约为1000—1500只^[31-33]。斑头雁多以集群的形式进行越冬^[17,21],越冬行为可能会受到栖息地特征、气候条件等许多环境因素的影响。因此开展斑头雁越冬行为的研究工作,不仅可以弥补斑头雁越冬生态方面研究的不足,而且有助于理解该物种在高寒地区越冬的适应机制。基于此,于2011年12月至2012年2月在贵州草海国家级自然保护区,对斑头雁的越冬行为进行了研究,主要目的有(1)揭示斑头雁越冬行为的时间分配和活动节律;(2)分析不同生境类型中斑头雁越冬行为的差异;(3)探讨温度和湿度对斑头雁越冬行为的影响。

1 研究区域和方法

1.1 研究区域

草海国家级自然保护区地处贵州省西北边缘威宁彝族回族苗族自治县县城西南隅,位于云贵高原中部顶端的乌蒙山麓腹地,是贵州最大的高原天然淡水湖泊。其地理坐标为:N 26°47'32"—26°52'52",E 104°10'16"—104°20'40"。草海保护区面积为96 km²,包括整个草海湖集水域。草海湖盆面积约47 km²,包括草海湖(25 km²)及其周围的沼泽和湿草地。该保护区为我国特有的黑颈鹤(*Grus nigricollis*)等珍稀鸟类及其它候鸟的重要越冬地,是一个典型、完整的高原湿地生态系统,在“中国生物多样性保护行动计划”中被列为一级重要湿地^[34]。

观察地点选择在保护区中最大的一个夜栖地——胡叶林的周围,2011—2012年观察到的越冬斑头雁有700—900只,约占保护区当年斑头雁总数量的2/5。保护区内伴随斑头雁越冬的常见水鸟有黑颈鹤(*G. nigricollis*)、灰鹤(*G. grus*)、赤麻鸭(*Tadorna ferruginea*)、绿头鸭(*Anas platyrhynchos*)、绿翅鸭(*A. crecca*)、针尾鸭(*A. acuta*)、斑嘴鸭(*A. poecilorhyncha*)、赤颈鸭(*A. penelope*)、凤头潜鸭(*Aythya fuligula*)、骨顶鸡(*Fulica atra*)、黑水鸡(*Gallinula chloropus*)、苍鹭(*Ardea cinerea*)、白鹭(*Egretta garzetta*)、大白鹭(*Casmerodius albus*)等。其中黑颈鹤、赤麻鸭常与斑头雁混群活动,其他水鸟多不与斑头雁混群。

1.2 研究方法

越冬行为观察选定在胡叶林夜栖地附近的观鸟台,首先进行预观察,熟悉斑头雁的越冬行为。正式观察从2011年12月16日开始至2012年2月13日结束。选取晴天进行观察,由于草海地区为高寒山区,气候变化复杂,因此观察时如果发生起雾、下雪等影响观察效果的天气变化,则按小时停止该时段的观察,当天气情况允许时再继续当日的观察,若遇到整日起雾等天气,向后顺延一天。根据日出、日落以及雁群飞离和返回夜栖地的时间,确定每日的取样时间为7:30—8:30至18:00—19:00。

采用瞬时扫描法,对越冬斑头雁的行为习性观察,除直接目测作清晰分辨外,另借助双筒望远镜(×10倍)进行跟踪观察和20—60倍单筒变焦望远镜进行扫描取样,每次取样的群体不少于30只。每隔10 min扫描1次,随机记录10只斑头雁的行为,每次观察时间的长度以看清每只斑头雁的行为类型为止,时间尽量短。根据不同的生境类型,如陆地或浅水沼泽,分别记录斑头雁的行为类型。由于没有对观测鸟进行标记,所记录的个体可能会有变化,但斑头雁是集群活动,所以可以认为所观察的个体行为基本能反映其群体行为。对斑

头雁的越冬行为进行如下分类:取食、静息、警戒、理羽、饮水、运动、社群行为,具体行为定义详见刘宁^[32]。共计观察 20 d,观察有效扫描取样共 1548 次,其中斑头雁在陆地中的行为活动有效扫描取样共 1022 次,在浅水沼泽中的行为活动有效扫描取样共 526 次,共收集了 15480 个行为数据。在观察记录的同时,测量并记录每日的温度和湿度。将可以同时测量环境温度(精确度 1℃)和湿度(精确度 1%)的温湿度计置于观鸟台室外,与每日的 6:00、12:00、18:00 记录当时的温度和湿度,并取平均值作为当日的平均温度和平均湿度。

1.3 数据分析

将观察中所获得各种行为数据和气候数据输入 Excel 2003 进行整理和统计。根据每日的平均气温将温度按如下等级划分为: $t < 0^{\circ}\text{C}$ 、 $0^{\circ}\text{C} \leq t < 5^{\circ}\text{C}$ 、 $5^{\circ}\text{C} \leq t < 10^{\circ}\text{C}$ 和 $t \geq 10^{\circ}\text{C}$ 四级,根据每日的平均湿度将湿度按如下等级划分为: $m < 60\%$ 、 $60\% \leq m < 80\%$ 、 $80\% \leq m < 90\%$ 和 $m \geq 90\%$ 四个等级。采用非参数检验中的 Kruskal-Wallis H(K) 检验日间各时间段的行为差异以及不同温度、湿度等级间行为的差异;利用卡方检验斑头雁所有行为在陆地和浅水沼泽中的差异,采用非参数检验中的 Mann-Whitney U 检验各行为类型在陆地和浅水沼泽中的差异。使用 Pearson 相关性分析检验每日平均温度、湿度与各行为的相关性,考虑到环境中温度的变化和湿度变化之间可能存在一定联系,对各行为的影响可能不是独立的,而是共同起作用,故利用偏相关分析分别控制其中一种环境因素,来检验另一种环境因素与各行为之间的相关性。所有数据的分析过程全部在 SPSS 18.0 软件中进行。

2 研究结果

2.1 日间活动时间分配

根据瞬时扫描观察的结果,斑头雁日间各种行为的发生频率差别较大,其中取食行为出现的频率最高,为 50.48%;其次是静息行为,为 43.79%;运动行为位居第 3,占 3.33%;警戒、理羽、饮水和社群行为发生率较低,分别为 1.14%、0.69%、0.34% 和 0.23% (图 1)。

2.2 行为活动日节律

斑头雁行为活动的日节律由图 2 所示。从图 2 可看出,斑头雁在一天中有两个取食高峰,分别为 9:00—11:00 和 17:00 以后,而取食低峰则出现在 12:00—17:00,其中在 15:00—16:00 有一个小的取食高峰;静息的时间分配恰好与取食相反,静息高峰出现在 12:00—17:00,低峰则在 9:00—11:00 和 17:00 以后;警戒行为常常伴随着取食行为,其高峰出现在 8:00—

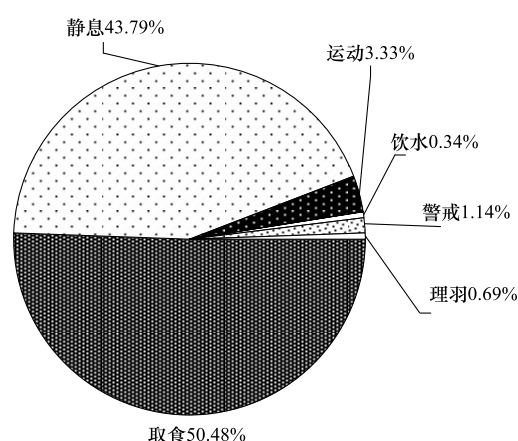


图 1 草海越冬斑头雁日间活动时间分配

Fig. 1 Daily activity budget of wintering Bar-headed Geese at Caohai Lake, Guizhou, China

12:00;运动时间从 15:00 以后呈上升趋势,这段时间恰好为斑头雁减少静息时间,增加取食时间的时段;同时这段时间亦为斑头雁的第二个理羽高峰,第一个理羽高峰发生在 12:00—13:00;饮水与社群行为的高峰时段都发生在 13:00 以后,分别有两个高峰。非参数检验表明,在一天各时间段间,取食行为 ($\chi^2_{10} = 32.534, P = 0.000$) 和静息行为 ($\chi^2_{10} = 40.574, P = 0.000$) 存在极显著差异,饮水行为 ($\chi^2_{10} = 21.776, P = 0.016$) 的差异也较为显著,而运动、理羽社群、和警戒行为 ($\chi^2_{10} = 9.735—13.423, P = 0.464—0.201$) 在各时间段间没有显著的变化。

2.3 不同生境中行为的差异

斑头雁在陆地上,取食、静息、运动、警戒、理羽、社群行为到饮水的各行为其所用时间的比例依次减少 (表 1)。其中取食占 76.28%;静息占 19.09%;运动占 2.10%;警戒占 1.73%,而理羽、社群行为和饮水仅占 0.42%、0.35% 和 0.02%。斑头雁在浅水沼泽中,各种行为的时间分配,从静息、运动、理羽、饮水到取食依次减少,在浅水沼泽中未观察到斑头雁的警戒和社群行为 (表 1)。其中静息占 91.77%;运动占 5.72%;理羽占

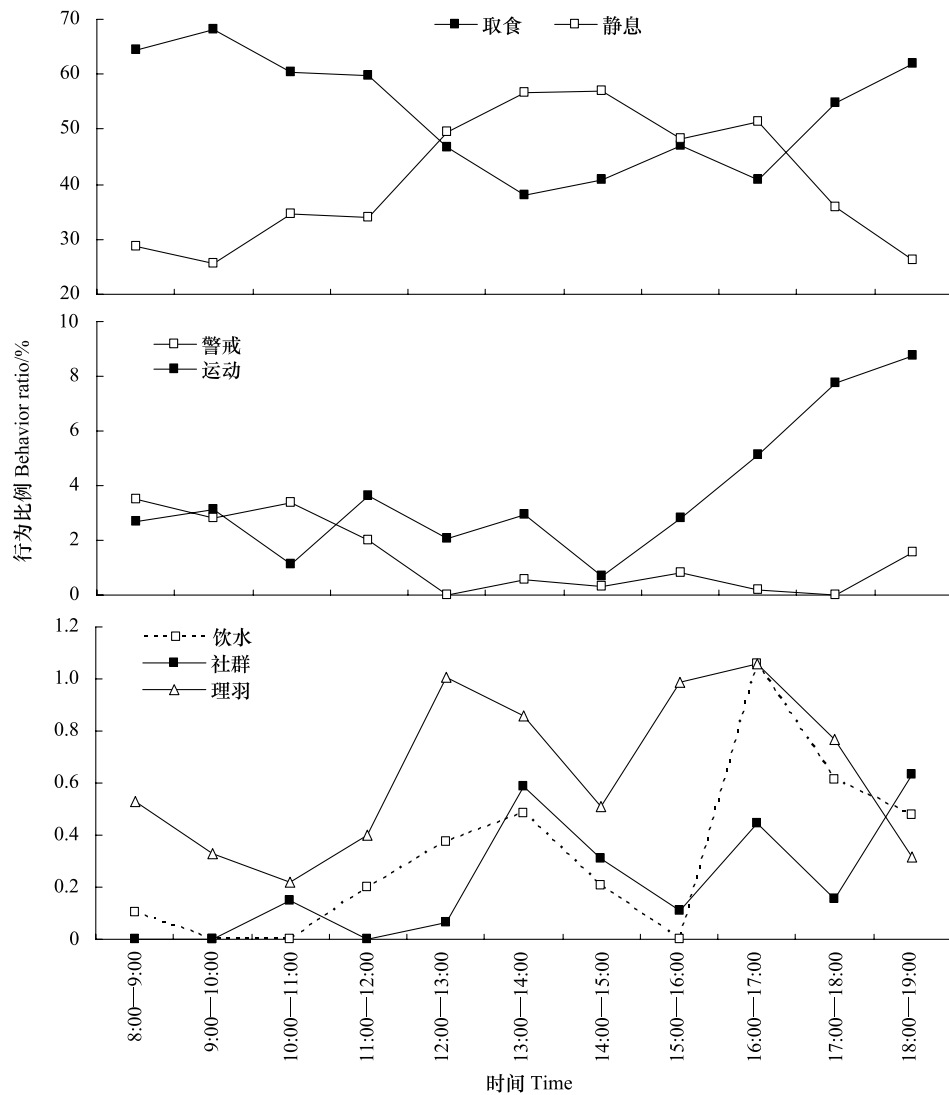


图2 草海越冬斑头雁行为活动日节律

Fig.2 Diurnal rhythm of the wintering Bar-headed goose at Caohai Lake, Guizhou, China

1.22% ;饮水占0.95% ;取食占0.34% ;。 χ^2 检验表明,斑头雁在陆地和浅水沼泽中的行为具有极显著差异 ($\chi^2=8524.13, P=0.000<0.01$)。经非参数检验,斑头雁的取食 ($U=0.00, P=0.000$)、静息 ($U=83.00, P=0.005$)、警戒 ($U=63.00, P=0.000$)、饮水 ($U=68.00, P=0.000$)、社群行为 ($U=99.00, P=0.001$) 在陆地和浅水沼泽中存在极显著的差异,而运动 ($U=148.50, P=0.355$) 和理羽 ($U=130.00, P=0.138$) 在两种生境类型中的差异不显著。

表1 草海越冬斑头雁在不同生境类型中的行为分配

Table 1 Activity budget of wintering Bar-headed Geese in deferent types of habitat at Caohai Lake, Guizhou, China

	取食/% Foraging	静息/% Resting	运动/% Locomotion	饮水/% Drinking	社群/% Social interaction	警戒/% Vigilance	理羽/% Maintenance
陆地 Land	76.28	19.09	2.10	0.02	0.35	1.73	0.42
浅水沼泽 Swallow	0.34	91.77	5.72	0.95	0	0	1.22

2.4 温度对行为的影响

斑头雁取食行为的比例随着温度的上升而出现下降的趋势,而静息行为却呈现出上升的趋势(图3);运

动和警戒行为的趋势大体上也是随着温度的升高而降低的,不过运动行为在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}\leq t<5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的范围内出现了上升态势,警戒在 $t\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内有出现了上升态势。其他几种行为随温度的变化而出现的改变并不明显(图3)。经过非参数检验,在不同温度等级下的取食行为($\chi^2_3=10.278, P=0.016$)以及静息行为($\chi^2_3=12.098, P=0.007$)存在显著差异,而其他各行为在不同温度下的差异并不明显($\chi^2_3=0.547\text{—}4.971, P=0.908\text{—}0.174$)。经偏相关分析得出,在控制和不控制湿度这两个条件下,温度对斑头雁行为分配的影响是一致的。温度与取食行为出现的比例呈现出极显著的负相关关系,与静息行为出现的比例呈极显著的正相关关系;温度与其他行为的相关程度并不显著(表2)。

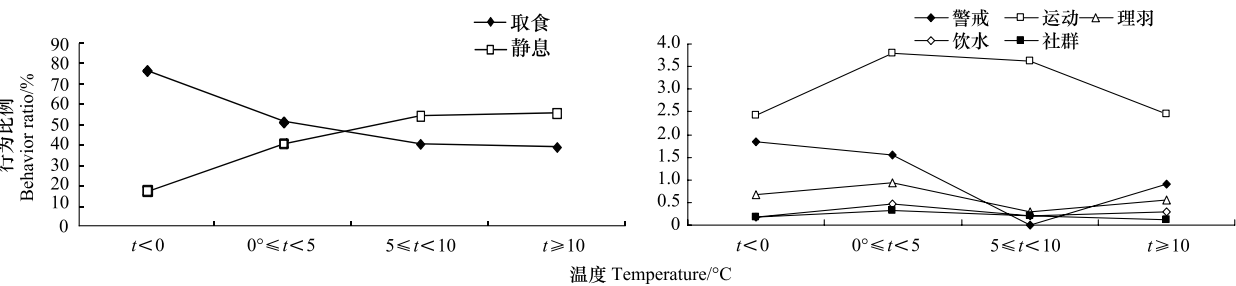


图3 贵州草海斑头雁越冬行为随温度的变化

Fig.3 Behavior changes with temperature of wintering Bar-headed Geese at Caohai Lake, Guizhou, China

表2 两种条件下温度和湿度对贵州草海斑头雁越冬行为影响的偏相关分析结果

Table 2 R-value of partial Analysis of wintering behaviors of Bar-headed Goose affected by temperature and moisture under two conditions at Caohai Lake, Guizhou, China

环境因素效应 Effect of environmental factor	不同条件 Different condition	取食 Foraging	静息 Resting	运动 Locomotion	警戒 Vigilance	饮水 Drinking	理羽 Maintenance	社群 Social interaction
温度影响 Temperature effect	不控制湿度 Control moisture	-0.742 **	0.803 **	-0.002	-0.157	0.115	-0.183	-0.149
	控制湿度 Control moisture	-0.757 **	0.795 **	0.170	0.006	0.244	0.130	-0.154
湿度影响 Moisture effect	不控制温度 Control temperature	0.510 *	-0.579 **	0.084	0.177	-0.010	0.263	0.092
	控制温度 Control temperature	-0.545 *	0.559 *	0.189	0.083	0.217	0.231	-0.100

* $P<0.05$; * * $P<0.01$

2.5 湿度对行为的影响

如图4所示,随着湿度的增加,斑头雁的取食行为呈上升趋势,而静息行为随之下降;在 $80\%\leq m<90\%$ 的范围内,运动、警戒和理羽行为出现的比例要比其他湿度范围的出现比例多;而饮水和社群行为在不同的湿度范围内未表现出较明显的变化。非参数检验表明,不同湿度范围间的静息行为存在着较显著的差异($\chi^2_3=8.177, P=0.042$),而其他几种行为随湿度的增加变化不明显($\chi^2_3=0.577\text{—}7.535, P=0.902\text{—}0.057$)。偏相关分析表明,在不控制温度的情况下,湿度与取食行为呈显著的正相关,与静息行为呈显著的负相关关系;若

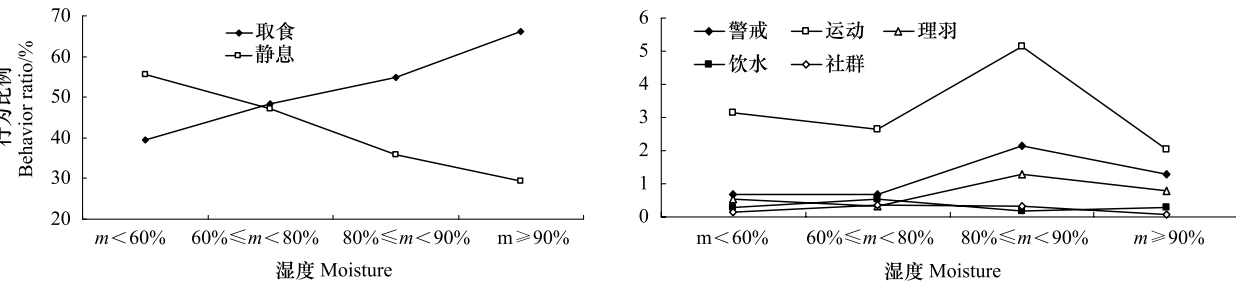


图4 贵州草海斑头雁越冬行为随湿度的变化

Fig.4 Behavior changes with moisture of wintering Bar-headed Geese at Caohai Lake, Guizhou, China

控制温度,湿度与取食行为则呈显著的负相关,与静息行为则呈现出显著的正相关关系。湿度与其他各行为在两种情况下的关系没有显著的改变(表2)。

3 讨论

3.1 日间活动时间分配

每一个物种在适应当地的环境条件时都有一个最佳的行为分配^[35]。水鸟在越冬期对时间的分配是非常重要的,因为越冬期的行为可能会影响到它们的生存和后续的繁殖能力^[36-37]。从草海越冬期斑头雁行为的时间分配可以看出,取食行为和静息行为所占日活动时间的比例达到90%以上,说明斑头雁在越冬期以获得和积累能量为主,来为日后的迁徙及繁殖期做准备。取食行为在斑头雁日间行为中所占比例最高,达到50.48%。由于植食性动物低效的消化系统,这种在取食上的高比例时间分配是普遍现象^[38]。越冬期雪雁(*Chen caerulescens caerulescens*)^[39]、白额雁(*A. albifrons*)^[40]和白颊黑雁(*Branta leucopsis*)^[41]日间取食比例分别为30%、35%、29%。与处于越冬期的其它雁类相比,草海斑头雁的取食比例处于较高水平,这可能与斑头雁越冬地海拔高,气候寒冷有关。斑头雁为了适应高寒环境,需要提高取食时间来获得更多食物,以抵消高寒气候下个体较大的能量消耗。

与拉市海越冬的斑头雁^[32]相比,草海斑头雁每天花费在取食和静息行为上的时间,高于拉市海斑头雁取食和静息的时间;而拉市海斑头雁每天花费在警戒和运动行为上的时间却高于草海斑头雁。出现这种情况的原因可能有:(1)草海陆地生境包括草地与农田,斑头雁食物资源较为丰富。草海边缘草地面积较大,可为斑头雁提供多种禾本科植物如早熟禾、白花三叶草^[31]等,均为斑头雁喜食植物;草海周边农田中作物种类丰富,多为斑头雁喜食的叶菜类作物如豌豆、萝卜、白菜等,并且冬歇农田中种植了大量绿肥,也为斑头雁提供了较多的取食空间。而拉市海可以为斑头雁提供食物的生境仅有浅水域和农耕地(包括麦地、豌豆地和闲田),而岸边的泥滩只有在斑头雁越冬后期才会长出禾本科植物的草芽,相对来说拉市海地区的食物资源比较匮乏。(2)草海斑头雁静息区域多为沼泽生境,村民及家畜都难以靠近,而斑头雁取食的区域多为草地,即使在农田取食也多以绿肥为食物,村民较少靠近或驱赶。而将麦地作为主要觅食地的拉市海斑头雁则受到农民较多的干扰和驱赶。

3.2 行为活动日节律

能够对时间和能量进行分配是动物应对环境的不断变化并一定程度上保留对其适应的有力手段^[42]。在自然选择中,每一个物种都有有利于自己的最适时间分配和行为节律^[43]。从日间行为的节律性来看,斑头雁取食行为呈早晚双峰型的日节律。双峰的取食模式在候鸟和非候鸟中非常普遍^[44-47],这种模式显然是对夜栖之前迅速积累用于过夜的能量储备和补充第2天早上的能量消耗是种适应^[48]。对斑头雁来说,由于夜间无法进食,在经过了一夜的严寒之后,消耗了大量的能量,所以早上需要补充大量食物来弥补前夜的能量损失,于是形成了早间的取食行为高峰;而到了傍晚增加取食时间形成第二个高峰,是为了适应夜晚的能量消耗而积累充足的能源储备。

斑头雁取食行为的低谷出现在中午,此时正是静息行为的高峰时段。初步推测(1)与植食性鸟类在中午对水的需求有关^[49]。斑头雁为植食性鸟类^[31],所以在中午时段斑头雁会减少取食行为,而移动到有水源的地方补充水分和休息,因此出现静息和饮水行为的高峰。(2)在一天当中较冷的时段取食,在较温暖的时段休息和梳理,可能会获得热力上的利益,这是因为个体只有在热量状况最苛刻的时候才获取和使用能量^[5,50]。草海地区日温差较大,早上和傍晚气温较低,斑头雁自身能量较易流失,为了满足能量需求必须增加取食时间,从而减少了静息时间;而中午气温较高,能量流失相对减少,采用静止不动的方式,既可以吸收日光能量以保持体温,又可以避免由于运动而带来能量消耗,这样取食行为就相应的减少了,而增加了静息行为。

警戒行为的日节律与取食行为相似,即在早上有一个高峰,中午为低谷,而到了傍晚又有一个上升。这是由于警戒行为往往伴随着取食行为,斑头雁在草地或农田取食时,容易受到村民或牲畜的干扰,如村民的务农活动及行走路过等;中午低谷是由于斑头雁中午集中返回夜栖地休息,较难受到干扰,只有部分在夜栖地周边

草地上休息的个体易受到干扰,所以斑头雁警戒行为在中午下降。饮水行为和理羽行为的日节律较为相似,出现次数最多的时段为 12:00—14:00 和 15:00—17:00。12:00—14:00,随着气温的升高,斑头雁开始由陆地飞往作为夜栖地的沼泽,在飞行之后休息之前会进行理羽等休整行为,并且补充水分;15:00—17:00,也就是第二次取食高峰发生前,这时已有部分斑头雁在沼泽中活动,包括游泳和洗澡,并且继续补充水分为下一次取食做准备,所以在这个时间段斑头雁的运动行为也出现较多,并且呈增长趋势。

3.3 行为在不同生境中的差异

栖息地类型^[5-6]和特征(如食物丰富度、隐蔽程度、干扰水平)^[7-12]可能会影响水鸟活动的分配。在本研究中,斑头雁在陆地生境上的主要行为是取食,这种对生境利用的方式是对斑头雁食物结构的反映,食物组成中大部分比例的获取是发生在陆地生境中的^[31],相对于浅水沼泽生境,陆地生境可以给斑头雁提供更多的自然食物资源;在陆地生境中静息行为占的比例不大,可能是因为陆地上潜在的危险因素较多,斑头雁必须保持随时可以逃离的状态。据了解,当地保护区管理局对野生鸟类保护的宣传和管理较为有效,很少有村民主动去干扰或驱赶,因此在陆地生境中斑头雁的警戒行为也是较少的。在陆地生境中观察到少许饮水行为是因为在农田各个垄之间存在与草海联系的水道,斑头雁在农田中取食的过程中会伴随着饮水行为的发生。

在浅水沼泽生境,斑头雁大部分时间是用于静息的,这是因为浅水沼泽生境离人类的活动区较远,人类和其他动物难以靠近,为斑头雁提供了较为安全的休息环境;可能也是因为这种原因,在浅水沼泽中没有观察到警戒行为。而在浅水沼泽中取食行为也较少,可能是因为浅水沼泽的水环境增加了斑头雁取食的难度,以及可以提供给斑头雁作为食物的植物种类较少;在浅水沼泽生境中也没能观察到社群行为,这可能是因为浅水沼泽中极少的取食行为使得斑头雁个体之间缺乏竞争性。Turnbull 和 Baldassarre^[5]以及 Rave 和 Baldassarre^[6]也报道了类似的以栖息地为基础的活动变化,即不同的栖息地类型被用于各种不同的活动。由此可以推断,在草海影响斑头雁越冬行为的主要生境特征为食物丰富度和干扰水平。

3.4 环境因素影响

草海斑头雁越冬行为中的两个主要行为——取食和静息行为在不同温度和湿度等级下的变化均较为明显。研究结果表明,斑头雁行为的时间分配是受环境温度和湿度影响的。其中,取食行为的比例随着温度的升高而降低,而静息行为恰恰相反。这与非繁殖期的绿翅鸭^[10]和越冬期的蓝翅鸭(*A. discors*)^[51]的研究结果相似。通过相关性分析,取食行为与温度呈显著的正相关,静息行为与温度呈显著的负相关关系。进一步的偏相关分析显示:在不控制和控制环境湿度的情况下,温度对斑头雁取食行为和静息行为时间分配的影响结果是一致的(表 1),说明温度对斑头雁行为的影响不受环境湿度的干扰,即温度对斑头雁行为所起的影响作用是独立的。随着湿度等级的升高,斑头雁取食行为的比例在降低,而静息行为的比例却在升高。通过偏相关分析,我们发现湿度对行为的影响则是通过温度来起作用的,因为在不控制温度的情况下,取食行为与湿度呈显著性负相关,静息行为与湿度呈显著性正相关,但是在控制了温度以后,正负相关性恰好相反(表 1)。可见,斑头雁在草海这样的高海拔寒冷地区越冬所采用的越冬策略是温度升高时,增加静息时间;温度降低时增加取食时间。这种在取食与静息之间所达到的权衡是斑头雁为适应高原特殊的环境条件而进化发展出来的,是对斑头雁的生存有利的。

References:

- [1] Fredrickson L H, Drobney R D. Habitat utilization by postbreeding waterfowl // Bookhout T A, ed. Waterfowl and wetlands: an integrated review. Madison: North Central Section of the Wildlife Society, 1979: 119-131.
- [2] Brodsky L M, Weatherhead P J. Diving by wintering Black Ducks: an assessment of atypical foraging. Wildfowl, 1985, 36: 72-76.
- [3] Baldassarre G A, Paulus S L, Tasmisier A, Titman R D. Workshop summary: techniques for timing activity of wintering waterfowl // Weller M W, ed. Waterfowl in Winter: Selected Papers from Symposium and Workshop Held in Galveston, Texas, 7—10 January 1985. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1988: 181-188.
- [4] Paulus S L. Time-activity budgets of nonbreeding Anatidae: a review // Weller M W, ed. Waterfowl in Winter: Selected Papers from Symposium

- and Workshop Held in Galveston, Texas, 7—10 January 1985. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1988: 135-152.
- [5] Turnbull R E, Baldassarre G A. Activity budget of mallards and American Wigeon wintering in east-central Alabama. *The Wilson Bulletin*, 1987, 99(3): 457-464.
- [6] Rave D P, Baldassarre G A. Activity budgets of Green-winged teal wintering in coastal wetlands of Louisiana. *Journal of Wildlife Management*, 1989, 53(3): 753-759.
- [7] Nilsson L. Food-seeking activity of south Swedish diving ducks in the non-breeding season. *Oikos*, 1970, 21(2): 145-154.
- [8] Jorde D G, Krapu G L, Crawford R D, Day M A. Effects of weather on habitat selection and behavior of Mallards wintering in Nebraska. *The Condor*, 1984, 86(3): 258-265.
- [9] Paulus S L. Activity budgets of nonbreeding Gadwalls in Louisiana. *Journal of Wildlife Management*, 1984, 48(2): 371-380.
- [10] Quinlan E E, Baldassarre G A. Activity budgets of nonbreeding Green-winged Teal on playa lakes in Texas. *Journal of Wildlife Management*, 1984, 48(3): 838-845.
- [11] Brodsky L M, Weatherhead P J. Variability in behavioural response of wintering Black Ducks to increased energy demands. *Canadian Journal of Zoology*, 1985, 63(7): 1657-1662.
- [12] Miller M R. Time budgets of northern pintails wintering in the Sacramento Valley. *California Wildfowl*, 1985, 36: 53-64.
- [13] Bennett J M, Bolen E G. Stress response in wintering green-winged teal. *Journal of Wildlife Management*, 1978, 42(1): 81-86.
- [14] Hickey T E, Titman R D. Diurnal activity budgets of black ducks during their annual cycle in Prince Edward Island. *Canadian Journal of Zoology*, 1983, 61(4): 743-749.
- [15] Kathleen A E, Young L S. Daily and seasonal activity patterns of common ravens in southwestern Idaho. *The Wilson Bulletin*, 1992, 104(3): 462-471.
- [16] Bird Life International. Species factsheet; *Anser indicus* [2012-05-07]. <http://www.birdlife.org/datazone/species/factsheet.php?id=379>.
- [17] Liu D P, Zhang G G, Qian F W, Hou Y Q, Dai M, Jiang H X, Lu J, Xiao W F. Population, distribution and home range of wintering bar-headed goose along Yaluzangbu River, Tibet. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(15): 4173-4179.
- [18] Fang W J, Hua Z Q, Liang Y H, Zhang S L. Study on resonance Raman Spectra of stock solutions of Bar-headed Goose hemoglobin for crystal growth under space and earth conditions. *Chinese Journal of Light Scattering*, 2004, 16(2): 107-109.
- [19] Lee S Y, Scott G R, Milsom W K. Have wing morphology or flight kinematics evolved for extreme high altitude migration in the bar-headed goose? *Comparative Biochemistry and Physiology-Part C: Toxicology and Pharmacology*, 2008, 148(4): 324-331.
- [20] Butler P J. High fliers: the physiology of bar-headed geese. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 2010, 156(3): 325-329.
- [21] Song Y L, Bishop M A, Cang Q Z. Wintering population and distribution of Bar-headed goose in Yaluzangbu River, Tibet. *Chinese Journal of Zoology*, 1994, 29(2): 27-30.
- [22] Bishop M A, Song Y L, Canjue Z M, Gu B Y. Bar-headed geese *Anser indicus* wintering in south-central Tibet. *Wildfowl*, 1997, 48: 118-126.
- [23] Prins H H T, Wieren S E V. Number, population structure and habitat use of Bar-headed Geese *Anser indicus* in Ladakh (India) during the brood-rearing period. *Acta Zoologica Sinica*, 2004, 50(5): 738-744.
- [24] Zhang G G, Liu D P, Jiang H X, Hou Y Q, Dai M, Chu G Z, Xing Z. Movement of four breeding waterbirds at Qinghai Lake, China. *Biodiversity Science*, 2008, 16(3): 279-287.
- [25] Liu D P, Zhang G G, Jiang H X, San K, Hou Y Q, Dai M, Chu G Z, Xing Z. Movement and habitat utilization of breeding Bar-headed Goose and the relationship with humans in Qinghai Lake. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(11): 5201-5208.
- [26] Ma M, Cai D. Aggregated distribution of *Anser indicus* nest in Bayinbuluke of Tianshan Mountains and its breeding ecology. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1997, 8(3): 287-290.
- [27] Weigmann C, Lamprecht J. Intraspecific nest parasitism in bar-headed geese, *Anser indicus*. *Animal Behavior*, 1991, 41(4): 677-688.
- [28] Lamprecht J. Structure and causation of the dominance hierarchy in a flock of bar-headed Geese (*Anser indicus*). *Behaviour*, 1986, 96(1/2): 28-48.
- [29] Javed S, Takekawa J Y, Douglas D C, Rahmani A R, Kanai Y, Nagendean M, Choudhury B C, Sharma S. Tracking the spring migration of a Bar-headed Goose (*Anser indicus*) across the Himalaya with satellite telemetry. *Global Environmental Research*, 2000, 4(2): 195-205.
- [30] Zhang G G, Liu D P, Hou Y Q, Jiang H X, Dai M, Qian W, Lu J, Xing Z, Li F S. Migration routes and stop-over sites determined with satellite tracking of bar-headed Geese *Anser indicus* breeding at Qinghai Lake, China. *Waterbirds*, 2011, 34(1): 112-116.
- [31] Li F S, Nie H, Ye C H. Feeding habits of bar-headed geese at Caohai Guizhou Province. *Chinese Journal of Zoology*, 1998, 33(4): 29-33.
- [32] Liu N, Li D P. Study of *Anser indicus* behavior in late winter of Lashi Lake. *Journal of West China Forestry Science*, 2004, 33(4): 69-74, 89.
- [33] Li Z J, Song T. Impact of habitat change on waterbirds wintering at Caohai, Guizhou province // Li F S, Yang X J, Yang F, eds. Status and

- Conservation of Black-necked Cranes on the Yunnan and Guizhou Plateau, People's Republic of China. Kunming: Yunnan Nationalities Publishing House, 2005: 156-160.
- [34] Xu Z L, Yang B H, Liu W. Preliminary studies on restoration and reconstitution of vegetation in Caohai national nature reservation area. Inner Mongolia Forestry Investigation and Design, 2008, 31(1): 5-9, 58-58.
- [35] Verner J. Time budget of the male Long-billed marsh wren during the breeding season. Condor, 1965, 67(2): 125-139.
- [36] Krapu G L. The role of nutrient reserves in Mallard reproduction. The Auk, 1981, 98(1): 29-38.
- [37] Heitmeyer M E, Fredrickson L H. Do wetland conditions in the Mississippi Delta hardwoods influence mallard recruitment? Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conferences, 1981, 46: 44-57.
- [38] Drent R H, Ebbsing B, Weijand B. Balancing the energy budget of arctic-breeding geese throughout the annual cycle: a progress report. Verhandlungen der Ornithologischen Gesellschaft Bayerns, 1978, 23: 239-264.
- [39] Burton B A, Hudson R J. Activity budgets of lesser snow geese wintering on the Fraser River Estuary, British Columbia. Wildfowl, 1978, 29: 111-117.
- [40] Owen M. Some factors affecting food intake and selection in white-fronted geese. Journal of Animal Ecology, 1972, 41(1): 79-92.
- [41] Ebbsing B, Canters K, Drent R. Foraging routines and estimated daily food intake in barnacle geese wintering in the northern Netherlands. Wildfowl, 1975, 26: 5-19.
- [42] Pianka E R. Evolutionary Ecology. 2nd ed. New York: Harper and Row, Publishers, 1978.
- [43] Caraco T. Time budgeting and Group size: a test of theory. Ecology, 1979, 60(3): 618-627.
- [44] Baldwin S P, Kendeigh S C. Variations in the weight of birds. The Auk, 1938, 55(3): 416-467.
- [45] Lees J. Winter feeding hours of Robins, Blackbirds, and Blue Tits. Brit Birds, 1948, 41(4099): 71-76.
- [46] Gibb J. Food, feeding habits and territory of the Rock Pipit, *Anthus spinoletta*. Ibis, 1956, 98(3): 506-530.
- [47] Boxall P C, Lein M R. Time budgets and activity of wintering Snowy Owls. Journal of Field Ornithology, 1986, 60(1): 20-29.
- [48] Murton R K, Westwood N J. Avian Breeding Cycles. England, Oxford: Clarendon Press, 1977.
- [49] MacMillen R E. Water economy of granivorous birds: a predictive model. Condor, 1990, 92(2): 379-392.
- [50] Tamisier A. Diurnal activities of Green-winged Teal and Pintail wintering in Louisiana. Wildfowl, 1976, 27: 19-32.
- [51] Thompson J D, Baldassarre G A. Activity patterns of nearctic dabbling ducks wintering in Yucatan, Mexico. The Auk, 1991, 108(4): 934-941.

参考文献:

- [17] 刘冬平, 张国钢, 钱法文, 侯韵秋, 戴铭, 江红星, 陆军, 肖文发. 西藏雅鲁藏布江中游斑头雁的越冬种群数量、分布和活动区. 生态学报, 2010, 30(15): 4173-4179.
- [18] 方文娟, 华子千, 梁宇和, 张树霖. 空间和地面条件下斑头雁血红蛋白晶体生长母液的共振拉曼光谱研究. 光散射学报, 2004, 16(2): 107-109.
- [21] 宋延龄, Bishop M A, 苍曲卓玛. 西藏雅鲁藏布江中游地区斑头雁越冬种群数量与分布. 动物学杂志, 1994, 29(2): 27-30.
- [24] 张国钢, 刘冬平, 江红星, 侯韵秋, 戴铭, 楚国忠, 星智. 青海湖四种繁殖水鸟活动区域的研究. 生物多样性, 2008, 16(3): 279-287.
- [25] 刘冬平, 张国钢, 江红星, 单凯, 侯韵秋, 戴铭, 楚国忠, 星智. 青海湖斑头雁繁殖期的活动性、栖息地利用及其与人的关系. 生态学报, 2008, 28(11): 5201-5208.
- [26] 马鸣, 才代. 天山巴音布鲁克斑头雁巢的聚集分布及其繁殖生态. 应用生态学报, 1997, 8(3): 287-290.
- [31] 李凤山, 聂卉, 叶长虹. 贵州草海斑头雁的冬季食性分析. 动物学杂志, 1998, 3(4): 29-33.
- [32] 刘宁, 李德品. 拉市海越冬末期斑头雁行为的初步研究. 西部林业科学, 2004, 33(4): 69-74, 89.
- [33] 李振吉, 宋涛. 贵州草海栖息地变化对越冬水禽的影响 // 李凤山, 杨晓君, 杨芳. 云贵高原黑颈鹤的现状 & 保护. 昆明: 云南民族出版社, 2005: 156-160.
- [34] 许正亮, 杨帮华, 刘文. 草海国家级自然保护区植被恢复与重建初探. 内蒙古林业调查设计, 2008, 31(1): 5-9, 58-58.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 23 December, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Maternal thermoregulation during gestation affects the phenotype of hatchling Chinese skinks (<i>Eumeces chinensis</i>): testing the maternal manipulation hypothesis	LI Hong, ZHOU Zongshi, WU Yanqing, et al (7255)
Effects of conspecific and interspecific interference competitions on cache site selection of Siberian chipmunks (<i>Tamias sibiricus</i>)	SHEN Zhen, DONG Zhong, CAO Lingli, et al (7264)
Characterization of ammonia volatilization from polluted river under aeration conditions: a simulation study	LIU Bo, WANG Wenlin, LING Fen, et al (7270)
Diurnal activity patterns and environmental factors on behaviors of Bar-headed Geese <i>Anser indicus</i> wintering at Caohai Lake of Guizhou, China	YANG Yanfeng, ZHANG Guogang, LU Jun, et al (7280)
Impacts of snow cover change on soil water-heat processes of swamp and meadow in Permafrost Region, Qinghai-Tibetan Plateau	CHANG Juan, WANG Gengxu, GAO Yongheng, et al (7289)
Spatial-temporal changes of urban patch wetlands in Changsha, China	GONG Yingbi, JING Lei, PENG Lei, et al (7302)
Modeling of carbon and water fluxes of Qianyanzhou subtropical coniferous plantation using model-data fusion approach	REN Xiaoli, HE Honglin, LIU Min, et al (7313)
Ecological compensation standard for controlling nitrogen non-point pollution from farmland: a case study of Yixing City in Jiang Su Province	ZHANG Yin, ZHOU Yuchen, SUN Hua (7327)
Static toxicity evaluation of chemical wastewater by PFU microbial communities method	LI Zhaoxia, ZHANG Yuguo, LIANG Huixing (7336)
Emergy evaluation of an agro-circulation system in Beijing suburb: take Jianyan village as a case study	ZHOU Liandi, HU Yanxia, WANG Yazhi, et al (7346)
Research on the cooling effect of Xi'an parks in summer based on remote sensing	FENG Xiaogang, SHI Hui (7355)
The dynamics of spatial and temporal changes to forested land and key factors driving change on Hainan Island	WANG Shudong, OUYANG Zhiyun, ZHANG Cuiping, et al (7364)
Impact of different sowing dates on green water footprint of maize in western Jilin Province	QIN Lijie, JIN Yinghua, DUAN Peili (7375)
The dynamic variation of maize (<i>Setaria italica</i> L.) population growth characteristics under cultivars-intercropped on the Loess Plateau	WANG Xiaolin, ZHANG Suiqi, WANG Shuqing, et al (7383)
Effect of different planting methods on root-shoot characteristics and grain yield of summer maize under high densities	LI Zongxin, CHEN Yuanquan, WANG Qingcheng, et al (7391)
Heavy metal contaminant in development process of artificial biological Soil Crusts in sand-land	XU Jie, AO Yanqing, ZHANG Jingxia, et al (7402)
Effects of enhanced UV-B radiation and nitrogen on photosynthetic pigments and non-enzymatic protection system in leaves of foxtail millet (<i>Setaria italica</i> (L.) Beauv.)	FANG Xing, ZHONG Zhangcheng (7411)
Photosynthetic response of different ecotype of <i>Illicium lanceolatum</i> seedlings to drought stress and rewating	CAO Yonghui, ZHOU Benzhi, CHEN Shuanglin, et al (7421)
Seasonal variations in the stems of <i>Larix principis-rupprechtii</i> at the treeline of the Luya Mountains	DONG Manyu, JIANG Yuan, WANG Mingchang, et al (7430)
Influence of terrain on plant biomass estimates by remote sensing: a case study of Guangzhou City, China	SONG Weiwei, GUAN Dongsheng, WANG Gang (7440)
Effects of exponential fertilization on biomass allocation and root morphology of <i>Catalpa bungei</i> clones	WANG Lipeng, YAN Ziyi, LI Jiyue, et al (7452)
Effects of fire damages on <i>Larix gmelinii</i> radial growth at Tahe in Daxing'an Mountains, China	WANG Xiaochun, LU Yongxian (7463)
A model for water consumption by mountain jujube pear-like	XIN Xiaogui, WU Pute, WANG Youke, et al (7473)
Specificity of photosystems function change of two kinds of overwintering broadleaf evergreen plants	ZHONG Chuanfei, ZHANG Yuntao, WU Xiaoying, et al (7483)

- Effects of drought on fluorescence characteristics of photosystem II in leaves of *Ginkgo biloba* WEI Xiaodong, CHEN Guoxiang, SHI Dawei, et al (7492)
- Numerical classification and ordination of forest communities in habitat of Sichuan Snub-nosed Monkey in Hubei Shennongjia National Nature Reserve LI Guangliang, CONG Jing, LU Hui, et al (7501)
- Impact of inorganic anions on the cadmium effective fraction in soil and its phytoavailability during salinization in alkaline soils WANG Zuwei, YI Liangpeng, GAO Wenyan, et al (7512)
- Photosynthetic adaptability of the resistance ability to weak light of 2 species *Spiraea* L. LIU Huimin, MA Yanli, WANG Baichen, et al (7519)
- Fine root longevity and controlling factors in a *Phoebe Bournei* plantation ZHENG Jinxing, HUANG Jinxue, WANG Zhenzhen, et al (7532)
- Analysis on spatial structure and scenarios of carbon dioxide emissions from tourism transportation XIAO Xiao, ZHANG Jie, LU Junyu, et al (7540)
- The hydrological response to human activities in Guishui River Basin, Beijing LIU Yuming, ZHANG Jing, WU Pengfei, et al (7549)
- Socio-economic impacts of under-film drip irrigation technology and sustainable assessment: a case in the Manas River Basin, Xinjiang, China FAN Wenbo, WU Pute, MA Fengmei (7559)
- Effects of pattern and timing of high temperature exposure on the mortality and fecundity of *Aphis gossypii* Glover on cotton GAO Guizhen, LÜ Zhaozhi, XIA Deping, et al (7568)
- Physiological responses of *Eucalyptus* trees to infestation of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle WU Yaojun, CHANG Mingshan, SHENG Shuang, et al (7576)
- Carbon storage capacity of a *Betula alnoides* stand and a mixed *Betula alnoides* × *Castanopsis hystrix* stand in Southern Subtropical China: a comparison study HE Youjun, QIN Lin, LI Zhiyong, et al (7586)
- Distribution and ecological risk assessment of 7 heavy metals in urban forest soils in Changsha City FANG Xi, TANG Zhijuan, TIAN Dalun, et al (7595)
- Review and Monograph**
- The relationship between humans and the environment at the urban-rural interface: research progress and prospects HUANG Baorong, ZHANG Huizhi (7607)
- Flux footprint of carbon dioxide and vapor exchange over the terrestrial ecosystem: a review ZHANG Hui, SHEN Shuanghe, WEN Xuefa, et al (7622)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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

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 32 卷 第 23 期 (2012 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 23 (December, 2012)

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:1000717	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