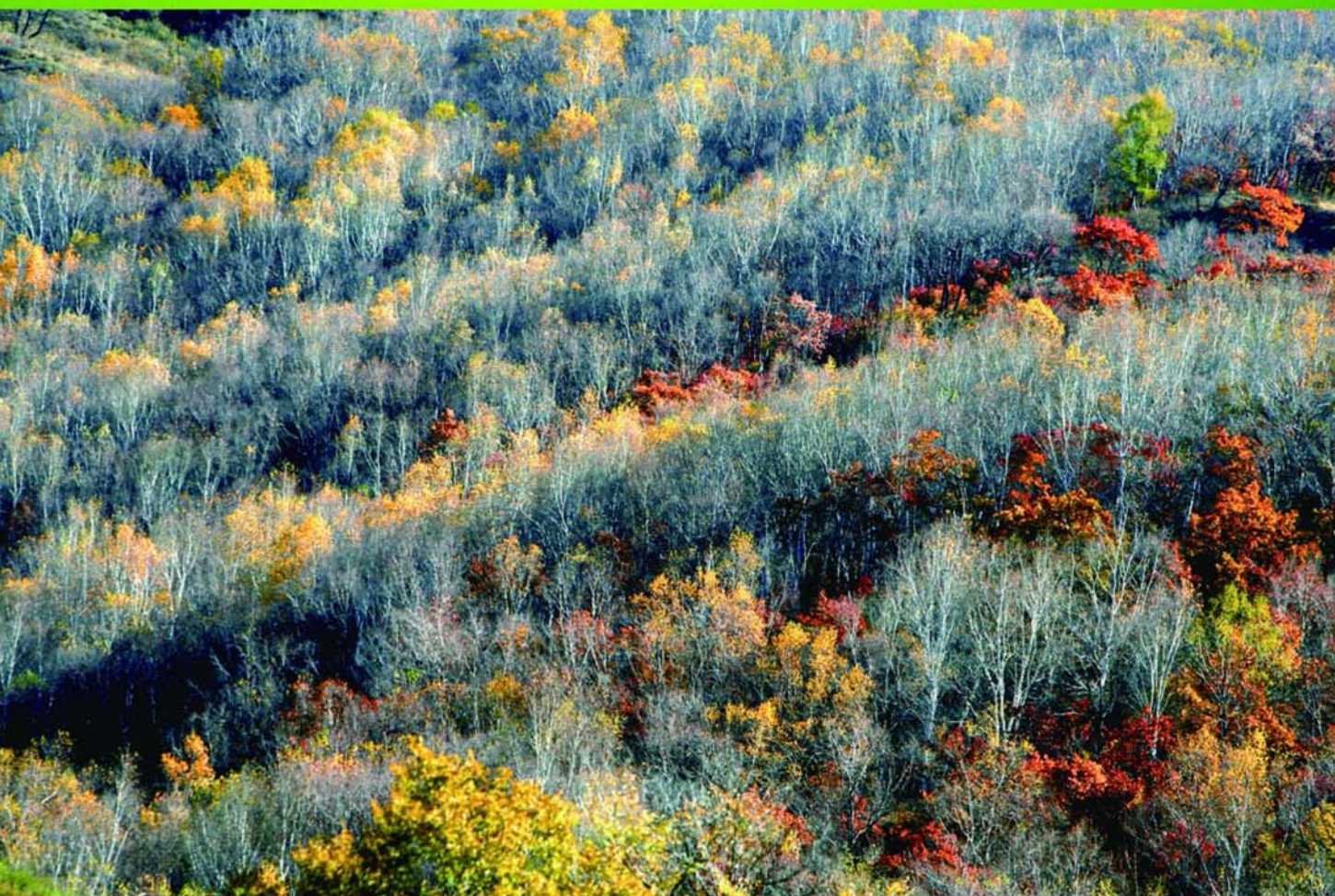


ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第16期 Vol.31 No.16 **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 16 期

2011 年 8 月 (半月刊)

目次

人工和天然湿地芦苇根际土壤细菌群落结构多样性的比较·····	汪仲琼,王为东,祝贵兵,等 (4489)
不同土壤水分下山杏光合作用光响应过程及其模拟·····	郎莹,张光灿,张征坤,等 (4499)
不同颜色遮阳网遮光对丘陵茶园夏秋茶和春茶产量及主要生化成分的影响·····	秦志敏,付晓青,肖润林,等 (4509)
镉胁迫对烟草叶激素水平、光合特性、荧光特性的影响·····	吴坤,吴中红,邵付菊,等 (4517)
条浒苔和缘管浒苔对镉胁迫的生理响应比较·····	蒋和平,郑青松,朱明,等 (4525)
盐胁迫对拟南芥和盐芥莲座叶芥子油苷含量的影响·····	庞秋颖,陈思学,于涛,等 (4534)
长期双季稻绿肥轮作对水稻产量及稻田土壤有机质的影响·····	高菊生,曹卫东,李冬初,等 (4542)
基于水量平衡下灌区农田系统中氮素迁移及平衡的分析·····	杜军,杨培岭,李云开,等 (4549)
苏北海滨湿地互花米草种子特征及实生苗生长·····	徐伟伟,王国祥,刘金娥,等 (4560)
基于 AnnAGNPS 模型的三峡库区秭归县非点源污染输出评价·····	田耀武,黄志霖,肖文发 (4568)
镉污染对不同生境拟水狼蛛氧化酶和金属硫蛋白应激的影响·····	张征田,庞振凌,夏敏,等 (4579)
印度洋南赤道流区水体叶绿素 a 的分布及粒级结构·····	周亚东,王春生,王小谷,等 (4586)
长江口滩涂围垦后水鸟群落结构的变化——以南汇东滩为例·····	张斌,袁晓,裴恩乐,等 (4599)
应用鱼类完整性指数 (FAII) 评价长江口沿岸碎波带健康状况·····	毛成贵,钟俊生,蒋日进,等 (4609)
基于渔业调查的南极半岛北部水域南极磷虾种群年龄结构分析·····	朱国平,吴强,冯春雷,等 (4620)
水稻模型 ORYZA2000 在湖南双季稻区的验证与适应性评价·····	莫志鸿,冯利平,邹海平,等 (4628)
旱地农田不同耕作系统的能量/碳平衡·····	王小彬,王燕,代快,等 (4638)
宁夏黄灌区稻田冬春休闲期硝态氮淋失量·····	王永生,杨世琦 (4653)
太湖沉积物有机碳与氮的来源·····	倪兆奎,李跃进,王圣瑞,等 (4661)
日偏食对乌鲁木齐空气可培养细菌群落的影响·····	马晶,孙建,张涛,等 (4671)
灰飞虱与褐飞虱种内和种间密度效应比较·····	吕进,曹婷婷,王丽萍,等 (4680)
圈养马来熊行为节律和时间分配的季节变化·····	兰存子,刘振生,王爱善,等 (4689)
塔里木荒漠河岸林干扰状况与林隙特征·····	韩路,王海珍,陈加利,等 (4699)
珍稀植物伯乐树一年生更新幼苗的死亡原因和保育策略·····	乔琦,秦新生,邢福武,等 (4709)
垃圾堆肥复合菌剂对干旱胁迫下草坪植物生理生态特性的影响·····	多立安,王晶晶,赵树兰 (4717)
CLM3.0-DGVM 中植物叶面积指数与气候因子的时空关系·····	邵璞,曾晓东 (4725)
基于生态效率的辽宁省循环经济分析·····	韩瑞玲,佟连军,宋亚楠 (4732)
专论与综述	
土壤食物网中的真菌/细菌比率及测定方法·····	曹志平,李德鹏,韩雪梅 (4741)
生态社区评价指标体系研究进展·····	周传斌,戴欣,王如松,等 (4749)
问题讨论	
不同胁迫条件下化感与非化感水稻 PAL 多基因家族的差异表达·····	方长甸,王清水,余彦,等 (4760)
研究简报	
钦州湾大型底栖动物生态学研究·····	王迪,陈丕茂,马媛 (4768)
人工恢复黄河三角洲湿地土壤碳氮含量变化特征·····	董凯凯,王惠,杨丽原,等 (4778)
基于地统计学丰林自然保护区森林生物量估测及空间格局分析·····	刘晓梅,布仁仓,邓华卫,等 (4783)
晋西黄土区辽东栎、山杨树干液流比较研究·····	隋旭红,张建军,文万荣 (4791)
小兴安岭典型苔草和灌木沼泽 N ₂ O 排放及影响因子·····	石兰英,牟长城,田新民,等 (4799)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-08



封面图说:在长白山麓低海拔地区的晚秋季节,成片的白桦林用无数根白色的树干、树枝烘托着林冠上跳动的金黄色叶片,共生的柞木树冠用更浓重的颜色显示了它的存在,整个山梁层林尽染,秋意浓浓。

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

兰存子, 刘振生, 王爱善, 郑建清, 刘群秀, 夏菊兴. 圈养马来熊行为节律和时间分配的季节变化. 生态学报, 2011, 31(16): 4689-4698.

Lan C Z, Liu Z S, Wang A S, Zheng J Q, Liu Q X, Xia J X. Behavior rhythm and seasonal variation of time budget of sun bear (*Helarctos malayanus*) in captivity. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(16): 4689-4698.

圈养马来熊行为节律和时间分配的季节变化

兰存子¹, 刘振生^{1,2,*}, 王爱善^{3,*}, 郑建清³, 刘群秀³, 夏菊兴³

(1. 东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040; 2. 东北林业大学国家林业局野生动物保护学重点实验室, 哈尔滨 150040;

3. 上海动物园管理处, 上海 200335)

摘要: 2009 年 3—12 月, 分春、夏、秋、冬 4 个季节, 采用人工观察和红外摄像记录观察 2 种方式, 对上海动物园圈养马来熊进行行为学研究。建立的行为谱包括休息、走动、踱步、乞食、采食、爬树、探寻、擦痒、玩耍、追逐、嗅闻、示警、打斗、爬跨、舔阴、交配和排泄, 相关行为归类, 即休息、运动、乞食、刻板、社群和其他行为。马来熊用于休息的时间最多, 其次是运动和乞食行为。各行为具有不同程度的季节性差异: 运动行为 ($F=62.748, P<0.001$) 和社群行为 ($F=26.041, P<0.001$) 季节性差异极显著, 运动行为在春夏季较低, 夏季最低 (13.96%), 而秋冬季的运动行为较高, 且秋季达到最高 (43.39%), 社群行为春夏季较高而秋冬季较低; 刻板行为 ($F=4.667, P<0.05$) 差异显著, 春季出现的频率最高 (7.56%), 夏季频率最低 (0.69%); 休息行为 ($F=1.857, P>0.05$) 和乞食行为 ($F=1.180, P>0.05$) 季节性差异不显著。春夏季的运动行为 ($P=0.002$) 和刻板行为 ($P=0.001$) 差异显著, 都表现出春季高于夏季的特点; 秋冬季间各行为无明显差异。圈养马来熊具有明显的日活动节律, 休息的行为曲线呈“W”型, 00:00—5:00 和 20:00—24:00 是马来熊的主要休息时间, 6:00 开始活动量增大, 8:00—8:54 是马来熊的正常进食高峰, 同时, 运动、乞食、社群等行为逐渐增多, 乞食行为集中在运动场 10:00—16:00 游客多的时段。19:00 之后马来熊活动量逐渐减少, 直至进入睡眠。对春季和夏季昼间行为进行相关因素分析: 年龄因素对休息、运动、社群、乞食和刻板行为均有不同程度的影响, 性别因素对社群行为的影响比较明显。对秋冬季室内和运动场的行为节律进行分析: 马来熊在运动场的活动比率高于室内, 休息和刻板行为多发生在室内, 运动行为集中在运动场, 室内的休息行为曲线呈“W”型。

关键词: 马来熊; 圈养; 行为谱; 行为节律; 时间分配

Behavior rhythm and seasonal variation of time budget of sun bear (*Helarctos malayanus*) in captivity

LAN Cunzi¹, LIU Zhensheng^{1,2,*}, WANG Aishan^{3,*}, ZHENG Jianqing³, LIU Qunxiu³, XIA Juxing³

1 College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

2 Key Laboratory of Wildlife Conservation, China State Forestry Administration, Harbin 150040, China

3 Shanghai Zoo, Shanghai 200335, China

Abstract: From March to December 2009, we investigated the behavior of captive sun bears (*Helarctos malayanus*) at Shanghai Zoo using manual observation and infrared cameras in order to supplement valuable information for captive management of this species. Ethograms were composed of resting, locomotion, pacing, begging, feeding, climbing, exploring, rubbing, playing, chase, sniffing, warning, fighting, mounting, cunnilingus, mating, and elimination. These behaviors were categorized as resting, locomotion, begging, stereotyped (e.g., pacing or waving), social, or other behaviors for comparison and analysis. Each animal was scanned every 6 min by one observer between 8:30 and 16:30 and by infrared camera recordings for a period of 24 hours. Observations were carried out on 5 bears (3 males and 2 females)

基金项目: 上海市绿化和市容管理局资助项目 (F080401); 国家新世纪优秀人才支持计划资助项目 (NCET-08-0753); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目 (DL09CA03)

收稿日期: 2010-08-20; **修订日期:** 2011-03-24

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhenshengliu@163.net, wangaishan@yahoo.com.cn

during spring and summer, and 6 bears (4 males and 2 females) during autumn and winter. The bears ranged in age from 5 to 13 years. Sun bears spent more time resting (45.66%) in the daytime (from 8:30 to 16:30), followed by locomotion (30.01%) and begging (12.29%). Sun bears showed different patterns of activity across seasons. Locomotion ($F=62.748, P<0.001$) and social behavior ($F=26.041, P<0.001$) varied significantly among seasons. Locomotion was lower during spring and summer, and lowest in summer (13.96%). Locomotion was significantly higher during autumn and winter, and highest in autumn (43.99%). Social behavior was highest during spring and summer. Stereotyped behavior differed significantly among seasons ($F=4.667, P<0.05$) and was highest in spring (7.65%) and lowest in summer (0.69%). No significant differences were found in resting ($F=1.857, P>0.05$) and begging ($F=1.180, P>0.05$) among different seasons. There were significant differences in the proportions of locomotion ($P=0.002$) and stereotyped behavior ($P=0.001$) between spring and summer. Sun bears exhibited significantly higher levels of locomotion and stereotyped behavior in spring than in summer. There was no significant difference between autumn and winter in the remaining six types of behaviors. Sun bears showed different daily patterns of activities in captivity. Resting behavior exhibited a “W” type curve on a daily basis. Resting was recorded mainly from 00:00—5:00 hrs and from 20:00—24:00 hrs. Activity generally began around 6:00 hrs, and a peak in feeding was recorded at 8:00—8:54 hrs. During the same time intervals, locomotion, begging, and social behaviors gradually increased. The bears were housed in cages to which access was available from playground. In the playground, peaks of begging occurred around 10:00 and 16:00 hrs when there were many tourists in Shanghai Zoo. Activity gradually declined after 19:00 hrs as resting increased. Comparison of behaviors by age class during spring and summer indicated that age was a significant variable affecting resting, locomotion, social, begging and stereotyped behaviors. Males showed significantly more social behavior (in spring: $P=0.000$, in summer: $P=0.002$) than females. Activity levels were higher in the playground than in cages. Resting and stereotyped behaviors mainly occurred in cages, and locomotion mostly occurred in the playground. Resting behavior in cages plotted a curve of the “W” type on a daily basis. Our study showed that the behavior of sun bear is influenced by season, sex, and presence of visitors.

Key Words: sun bear (*Helarctos malayanus*); captive; ethogram; behavior rhythm; time budget

马来熊(*Helarctos malayanus*)是熊科动物中体型最小的一种。主要分布在东南亚和南亚一带,我国的云南绿春和西藏芒康有少量分布^[1-2]。马来熊的野外种群少且正在不断下降^[1],已被列入 CITES 附录 I 和 IUCN 红皮书的濒危级,现为我国 I 级重点保护野生动物。

现今国内外对马来熊已有一定研究,由于野外种群数量少,自然状态下的马来熊研究相对较少,多为圈养条件下的研究,涉及食性^[3]、营养^[4]、繁殖^[5-6]、基因序列和遗传多样性^[7-8]等,野外研究有野生马来熊爬树痕迹研究^[9]、探讨人类对马来熊栖息地的影响及马来熊贸易^[10]等。关于马来熊的行为学研究多为圈养马来熊产后母幼行为的研究^[11-12]和刻板行为的研究^[13]。我国马来熊的野外种群数量稀少^[14],野外行为观察及相关研究工作很难开展,目前对圈养马来熊行为规律的系统研究也很少,马来熊的行为谱尚不明确,为了补充这方面的基础资料,于 2009 年 3—12 月在上海动物园,以实地观察和红外摄像观察 2 种方式,对马来熊不同季节的行为节律及时间分配进行了研究,并分析了圈养环境和一些生态因子对马来熊的时间分配和活动规律的影响,以期为更好的保护这一珍稀濒危物种提供一些科学依据。

1 材料与方法

本次研究是在上海动物园食肉队组马来熊岗位进行的。马来熊馆分室内笼舍和室外运动场。室内有 5 个房间,互相有隔门连接,其中有 2 个房间与运动场直接连接。运动场采用天井式设计,四周高墙,游客只能在一侧参观动物,场外加高设计,游客需在高处俯视参观。从运动场内向外观察只能看见站在加高平台上的游客,其他游客都不会对其活动产生影响。场内有假树 4 棵,假树洞 2 个,枯木,吊床,地面用石头和沙土铺

成,场内两侧有低矮灌丛,从参观平台一侧开始地势逐渐加高。

春夏季,研究对象为 5 只马来熊,3 雄 2 雌,分别记号为 M1(生于 1994 年)、M2(生于 2000 年)、M3(生于 2004 年)、F1(生于 1994 年)、F2(生于 2003 年),根据马来熊的性成熟时间和寿命^[2],将年龄 3—12 a 定义为壮年、>12 a 定义为老年,据此 M1 和 F1 是老年,M2、M3 和 F2 是壮年,8:30—16:30 由观察者在参观平台上进行实地观察记录,同时进行 24 h 红外摄像记录,之后观察记录数据,并与昼间红外摄像记录进行相互校正,以保证红外摄像行为记录的准确性。秋冬季,研究对象为 6 只马来熊(增加一只从重庆动物园引进的雄性壮年马来熊,记录为 M4,生于 2005 年),进行 24 h 红外摄像记录。饲养员每天 8:00 清扫运动场,同时在舍内喂食,每天提供一顿食物。连通运动场的栅门除饲养员打扫外 24 h 开放,马来熊可自由出入或回舍内饮水休息等。

采用所有事件取样法、目标取样法^[15]和瞬时扫描取样法^[16]记录马来熊的行为。依据对饲养场的牛行为研究^[17]中判定扫描取样间隔时间的方法进行相应试验,发现间隔 1、3、6、9 min 所得的行为比率没有显著的差异,当时时间间隔更长时,便会出现较显著的差异,所以时间间隔最好控制在 9 min 以下,因此选择 6 min 作为扫描取样的时间间隔。观测时,每隔 6 min 记录一次每个个体的行为状态,之后计算出每种行为的行为频率。

预观察期为 2009 年 3 月,为期 7 d,每天观察 4 h,先对 5 只马来熊进行预观察,包括个体及性别、年龄、种间关系的识别和了解^[18-19],通过目标取样法和所有事件取样法收集休息、运动、乞食及社群、繁殖等行为,并构建圈养马来熊的行为谱,确定取样的间隔时间。

对圈养马来熊的行为进行全年跟踪记录,根据华东地区四季的划分标准,春季为 3 月上旬—5 月上旬,夏季为 5 月中旬—9 月下旬,秋季为 10 月上旬—11 月中旬,冬季为 11 月下旬—2 月下旬^[20],选择了不同季节的观察时间,除预观察外,春季观察时间为 3 月 21 日—4 月 11 日,有效记录 16 d;夏季观察时间为 7 月 20 日—8 月 12 日,有效记录 13 d(夜间数据丢失);秋季观察时间为 10 月 8 日—10 月 31 日,有效记录 16 d;冬季观察时间为 12 月 4 日—12 月 30 日,有效记录 23 d。所有数据经整理采用 Excel 2003 进行汇总,首先对每小时的数据进行统计,然后计算百分比;实地观察的数据按年龄、性别和游客量等因子分别统计整理,红外摄像观察的数据分室内和运动场进行统计整理。检验年龄因素和性别因素在春夏季昼间各行为中是否有显著的差异,在进行参数检验前,先用 Kolmogorov-Smirnov 检验数据正态性,若符合正态分布,则使用 t 检验检验差异的显著性,若不符合正态分布,则使用 U 检验。使用单因素方差分析(One-way ANOVA)检验 4 个季节昼间各行为的差异性,之后运用 LSD 进行组间多重比较。显著性水平设置为 $\alpha = 0.05$,所有统计分析借助 Excel 2003 和 SPSS for Windows 17.0 完成。

2 结果

2.1 圈养马来熊的行为谱

根据预观察马来熊的实际行为并参考对动物行为,主要是熊类行为研究^[11-13,18-19,21-27]的相关资料,构建了圈养马来熊的行为谱,定义如下:

- (1) 休息 在运动场的不同区域以各种姿势保持静止,如坐、卧、趴、躺等;
- (2) 走动 简单的方式正常移动行走或快跑;
- (3) 机械踱步 在小范围内无目的来回往复行走 3 次以上;
- (4) 乞食 前肢抬起,直立、坐立或爬石壁且盯着游人乞讨食物的行为;
- (5) 采食 分饲养员正常喂食和进食游人投下的食物或水,在室内的均为正常喂食,室外均为游客投食;
- (6) 爬树 在运动场中的假树上攀爬、跳跃,上下树等行为;
- (7) 探寻 嗅或抓地面、石壁或树干等寻找食物的行为;
- (8) 擦痒 在石壁、树等粗糙物上磨擦身体;
- (9) 玩耍 两熊嬉戏,闹成一团;
- (10) 追逐 两熊打闹时一前一后的追跑行为;

- (11) 嗅闻 相互之间舔、闻等交流以示亲昵的行为;
- (12) 示警 低吼或嚎叫;
- (13) 打斗 大吼撕打等行为;
- (14) 爬跨 雄马来熊后肢着地,两前肢夹住雌马来熊,趴于其背但无交配的行为;
- (15) 舔阴 雄马来熊以舌或唇刺激雌马来熊生殖器的行为;
- (16) 交配 雄马来熊会爬跨到雌马来熊的背部,且有生殖器接触;
- (17) 排泄 从肛门或者尿道将废物及尿液排出体外的过程;
- (18) 其他 春夏季昼间实地观察时找不到观察对象的均列为回舍内。

根据各行为的特点,将相关的行为合并为一类后,这些行为被归纳为以下 6 类:

- (1) 休息行为 包括休息;
- (2) 运动行为 包括走动、爬树、探寻和擦痒;
- (3) 乞食行为 包括乞食和采食,在室内发生的均为采食,运动场发生的均为乞食;
- (4) 刻板行为 包括踱步等^[13,25];
- (5) 社群行为 包括玩耍、追逐、嗅闻、示警和打斗^[26];
- (6) 其他行为 包括爬跨、舔阴、交配、排泄、其他^[27]。

2.2 圈养马来熊全年的行为分配与活动规律

2.2.1 圈养马来熊昼间各行为的季节性时间分配

马来熊每天 8:30—16:30 的绝大部分时间用于休息(45.66%)、运动(30.01%)和乞食(12.29%),而其它 3 种行为的分配时间较短,都不超过 10%。图 1 为各行为在 4 个季节中的分配比较,对 4 个季节昼间的休息、运动、采食、社群和刻板行为进行单因素方差分析,结果表明运动行为($F=62.748, P<0.001$)和社群行为($F=26.041, P<0.001$)差异极显著,运动行为在春季较低,夏季最低(13.96%),而冬季较高,秋季最高(43.39%),社群行为春夏季较高而秋冬季较低;刻板行为($F=4.667, P<0.05$)差异显著,春季出现的频率较高(7.56%),夏季频率最低(0.69%),秋冬季介于中间水平;休息行为($F=1.857, P>0.05$)和乞食行为($F=1.180, P>0.05$)差异不显著。LSD 多重比较结果表明,春夏季的运动行为($P=0.002$)和刻板行为($P=0.001$)

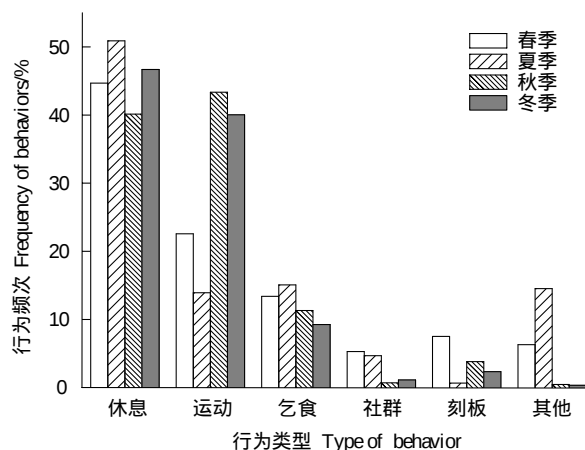


图 1 圈养马来熊四季昼间各行为的分配比较

Fig. 1 Comparing the distribution of behavior of captive sun bears during daytime in four seasons

差异显著,都表现出春季高于夏季的特点;春秋季的运动行为($P=0.000$)和社群行为($P=0.000$)差异极显著,秋季运动行为频率明显高于春季,而社群行为频率明显低于春季;春冬季运动行为($P=0.000$)和社群行为($P=0.000$)差异极显著,春季运动行为频率明显低于冬季,而社群行为明显高于冬季;春冬季的刻板行为($P=0.011$)差异显著,春季刻板行为频率高于冬季;夏季与秋、冬季的运动行为($P=0.000$)和社群行为($P=0.000$)差异都极显著,夏季运动行为频率明显低于秋冬季节,而社群行为频率却偏高;秋冬季节间各行为无明显差异。

2.2.2 圈养马来熊不同季节的日行为节律

以每天的观察时间为横坐标,以各行为在某一时间段记录频次占总记录频次的比例为纵坐标,绘制了马来熊的行为节律曲线(图 2)。由于夏季夜间数据丢失,因此只对春、秋、冬 3 个季节的日行为节律进行了比较。不同季节圈养马来熊各种行为的变化规律相近,休息行为的变化曲线呈“W”型,0:00—5:00 和 20:00—

24:00 偶有运动行为外均为休息行为;在 8:00—8:54 休息行为有个明显的波谷,而此时正是进食和运动的高峰,之后乞食、社群等行为逐渐增多;在 10:00—10:54 有个昼间的休息高峰,同时也是运动行为昼间的波谷,乞食行为主要集中在一天中的 10:00—16:00,这正是游客较集中的一段时间;在 16:00—16:54 是休息行为的波谷,之后休息行为慢慢增多,其余行为逐渐减少。马来熊的日活动时间高峰也存在季节性规律,按春、秋、冬依次减少,春季为 5:00—5:54 和 23:00—23:54,秋季为 5:00—5:54 和 20:00—20:54,冬季为 5:00—5:54 和 19:00—19:54。

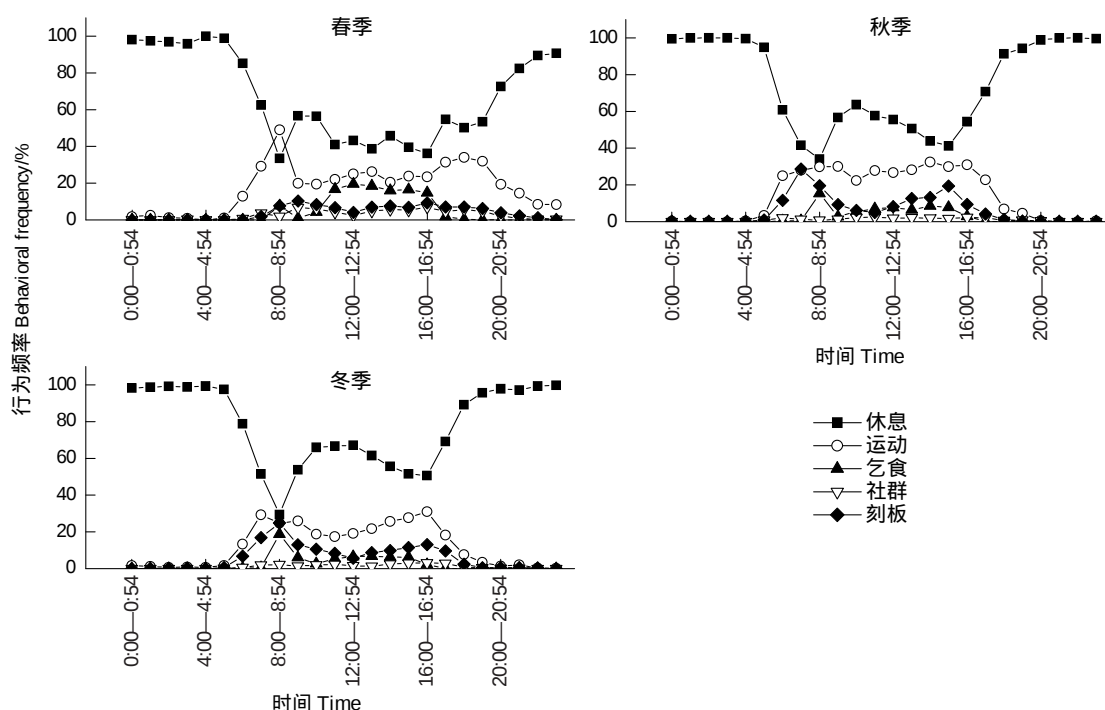


图2 圈养马来熊春、秋、冬的日行为节律

Fig. 2 Daily activity rhythm of captive sun bear in spring, autumn and winter

2.3 圈养马来熊春夏季昼间各行为比较及相关因素分析

2.3.1 马来熊春夏季昼间的活动规律

春季昼间休息和运动是主要行为,持续很高;乞食行为在 9:36—10:30 骤然增多,11:36—12:30 达到高峰,之后平缓下降,但下降幅度很小,且乞食行为的比率一直没有超过运动行为;刻板行为和社群行为曲线类似,均在 11:36—12:30 有一个小的波谷,刻板行为比率始终高于社群行为;其他行为比率均不超过 10% (图 3)。夏季昼间休息是主要行为,持续很高;运动、乞食和其他 3 条行为曲线相互交错,其中乞食行为曲线与春季类似,只是 11:36—12:30 达到高峰后下降幅度比春季大,且乞食行为的比率大多时间高于运动行为,其他行为均超过 10%,最高时达到 18.39%,主要是由于夏季天气炎热,日照强,马来熊多在舍内导致;刻板行为曲线略有起伏且高于社群,社群行为均不超过 2.5% (图 3)。

2.3.2 年龄因素对马来熊春夏季各行为的影响

对不同年龄阶段马来熊昼间的行为分配进行比较分析,可以看出无论春季还是夏季,老年的休息和刻板行为明显高于壮年,而运动、乞食、社群行为明显低于壮年。利用 t 检验对不同年龄阶段马来熊各种行为进行比较,春季年龄因素对休息、运动、乞食和刻板行为影响极显著,对社群行为影响显著,对其他行为的影响不显著;夏季年龄因素对运动、乞食和刻板行为影响极显著,对社群行为影响显著,对休息和其他行为影响不显著 (表 1)。这表明年龄因素对圈养马来熊的不同行为有不同程度的影响,并存在季节性差异。

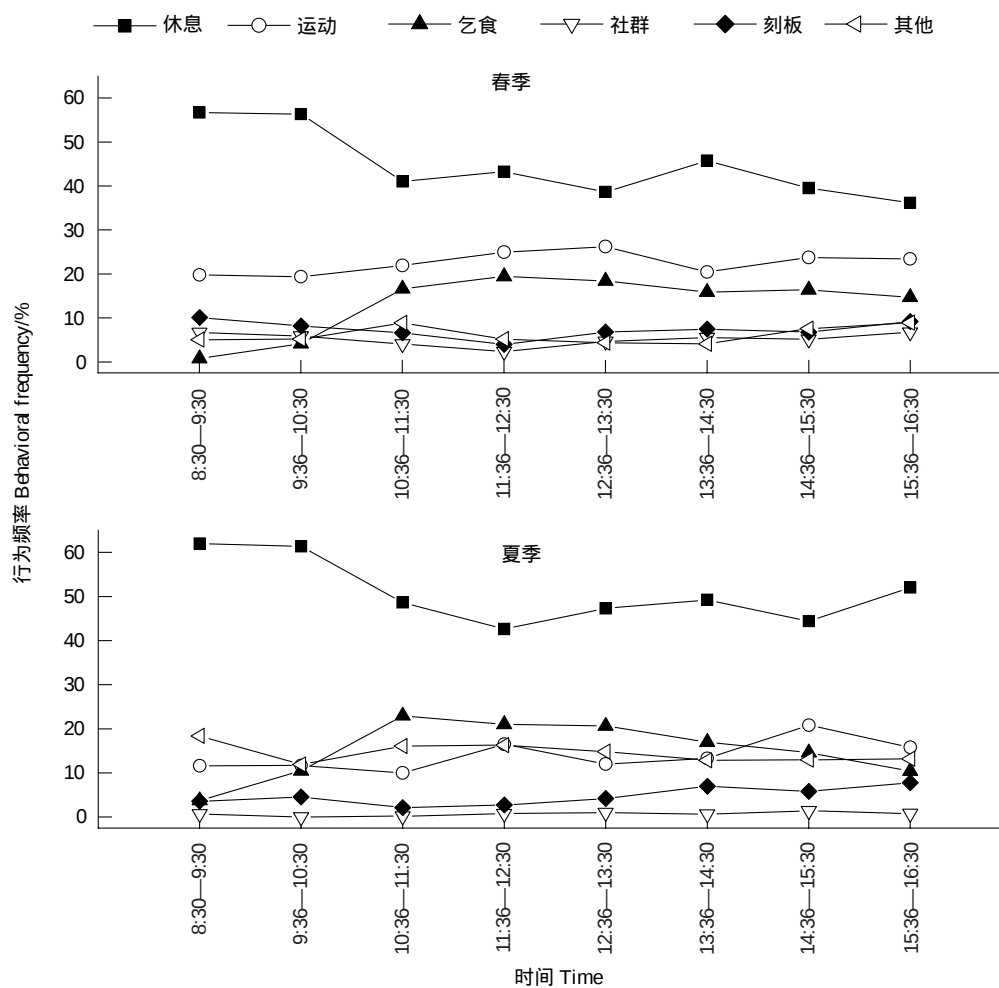


图3 圈养马来熊春夏季日间行为规律

Fig. 3 Activity rhythm of captive sun bear during daytime in spring and summer

表1 马来熊不同年龄阶段日间各种行为的比较

Table 1 The comparison of different behaviors of captive sun bear in different ages during daytime

行为 Behavior	春季 Spring			夏季 Summer		
	老年	壮年	P	老年	壮年	P
休息 Resting	43.267±8.970	31.844±6.447	0.000	41.563±20.171	26.792±12.293	0.103
运动 Moving	13.200±4.590	21.689±4.367	0.000	3.625±1.727	11.375±5.326	0.004
乞食 Begging	7.100±5.632	13.178±5.327	0.005	3.875±3.420	12.583±4.500	0.001
刻板 Stereotyped	7.967±4.502	1.889±1.418	0.000	0.688±0.372	0.167±0.178	0.005
社群 Social	4.733±2.611	7.111±3.275	0.036	1.438±1.208	4.167±2.410	0.016
其他 Others	4.533±5.811	5.533±4.152	0.592	14.938±10.765	10.375±12.343	0.444

2.3.3 性别因素对马来熊春夏季各种行为的影响

对不同性别马来熊昼间的行为时间分配进行比较,可以看出雌性的休息行为高于雄性,而运动、社群和其他行为低于雄性。利用 *t* 检验对不同性别马来熊的各种行为进行比较,春季性别因素对社群行为影响极显著,对休息和乞食行为影响显著,对运动、刻板和其他行为无影响;夏季性别因素对社群行为影响极显著,对休息、运动、乞食、刻板和其他行为无影响(表2)。

表 2 马来熊不同性别昼间各种行为的比较

Table 2 The comparison of different behaviors of captive sun bear in different sex during daytime

行为 Behavior	春季 Spring			夏季 Summer		
	雌性	雄性	<i>P</i>	雌性	雄性	<i>P</i>
休息 Resting	43.300±11.359	34.04±8.057	0.029	42.063±20.134	26.458±12.748	0.085
运动 Moving	17.933±4.354	20.11±5.351	0.232	6.062±2.570	9.750±4.693	0.072
乞食 Begging	7.467±5.677	14.15±7.777	0.012	8.875±6.880	9.250±2.736	0.888
刻板 Stereotyped	5.933±4.039	4.400±3.832	0.295	0.375±0.354	0.375±0.415	1.000
社群 Social	3.367±1.922	8.333±3.986	0.000	0.750±0.707	4.625±2.751	0.002
其他 Others	3.800±4.854	6.911±7.146	0.174	7.563±11.633	15.291±13.597	0.242

2.3.4 游客量对马来熊春夏季各种行为的影响

实地观察记录时,对每天参观马来熊的游客人数进行估计,对日游客量为 500 人以上和 500 人以下马来熊的行为进行比较分析:与游客量为 500 人以下相比,游客量 500 人以上时,运动和乞食行为相对较多,且乞食行为多出 2 倍还多,休息和其他行为相对较少,刻板 and 社群行为变化不大(图 4)。

2.4 圈养马来熊秋冬季不同场地的行为分配和行为节律

对秋冬季各行为进行差异性分析,结果各行为均无显著差异($P>0.05$)。将秋季和冬季马来熊各行为数据合并,分室内和运动场两部分进行对比分析(图 5)。休息行为多发生在室内,室内的休息行为曲线也呈“W”型,在 8:00—8:54 和 15:00—15:54 是波谷,12:00—12:54 出现小的峰值;运动场活动比率高于室内,运动行为多发生在运动场,6:00—6:54 和 17:00—17:54 运动行为在运动场的发生比率均超过 10%,最高时在 15:00—15:54 达到 22.39%;刻板行为也多集中于室内,运动场只在 6:00—9:00 有少量的刻板行为,室内的刻板行为从 6:00—17:54 均超过 5%,在 8:00—8:54 和 15:00—15:54 出现 2 个波峰,分别为 18.55% 和 11.08%;8:00—8:54 是马来熊在室内的活动高峰期,饲养员在这个时间室内喂食,同时关闭隔门,进行运动场地的打扫,马来熊在正常进食时运动行为随之增加,关在室内期间刻板行为增加;乞食行为集中在一天的 10:00—16:54,这与春夏季类似。

3 讨论

在以往对饲养动物进行行为观察时,始终无法解决人为干扰对动物行为的影响,尤其是夜间观察需要使用灯光对动物行为的影响更大,为了解决人为观察对动物行为的干扰,本研究尝试使用红外摄像观察的方法,得到马来熊 24 h 的行为节律的数据,为了使红外摄像观察的结果更加准确,在春夏季的昼间还进行了人为观察,以便对红外摄像的结果进行校正,结果表明这两种观察方法各有利弊。人为观察记录马来熊个体分辨清晰,行为及各生态因子记录细致,但有一定的人为干扰,且有一定局限性,无法同时兼顾到马来熊在运动场和室内两个空间的活动。红外摄像观察排除了人为干扰,同时解决了夜间灯光对动物行为的影响,但由于受到仪器设备的限制,夜间个体分辨不清晰,无法进行年龄因素和性别因素的差异性比较,并且记录时行为定义方式不宜繁杂,否则一些行为不易分辨,记录不准确。对比春季的人工实地和秋冬季红外摄像观察的行为节律曲线也可以看出,春季的曲线更为波折,行为记录更为细致,但两种方法反应的行为规律是一致的(图 2)。由于红外摄像观察排除了人为干扰,解决了一部分人为观察的局限性,且同样能够反映出动物的基本行为特征,

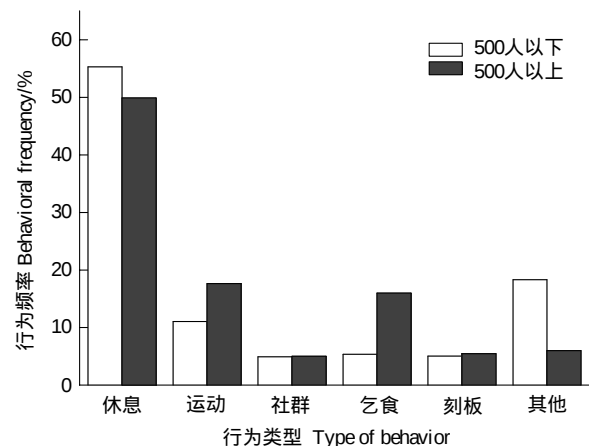


图 4 游客量对圈养马来熊昼间行为分配的影响

Fig. 4 Impact of tourists on activity rhythm of captive sun bear during daytime

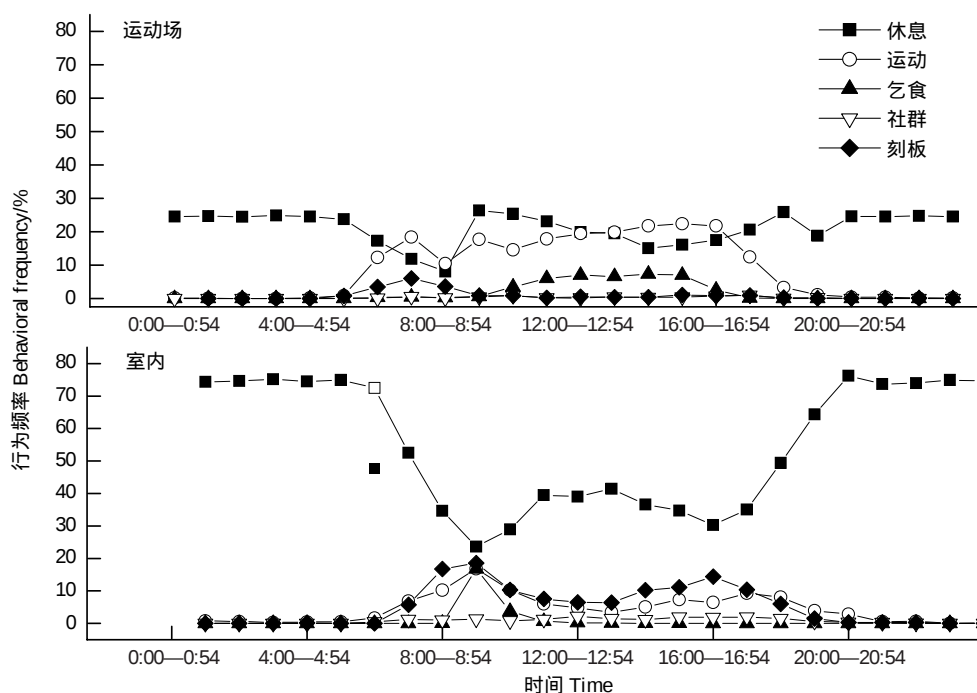


图5 圈养马来熊在运动场和室内的行为节律比较

Fig. 5 Activity rhythm of captive sun bear in the playground and indoor

因此具有一定的实践应用价值。

受生物、非生物因子的影响,动物行为活动大多表现出一定的节律性^[28],圈养的马来熊具有明显的日活动节律,且不同季节各种行为的活动规律有相似的变化趋势(图2)。自然状态下的马来熊主要营夜行性活动^[29-30],栖息于热带雨林或亚热带常绿阔叶林中,活动的季节性变化不明显^[30]。圈养马来熊将最多的时间用于休息上,平均每天的休息行为都占50%以上,这可能与圈养条件下马来熊的活动空间有限而食物的可获得性又较为充足有关,这种现象在其他饲养条件下的野生动物行为研究中也发现,如笼养的黑熊^[24],半圈养条件下的白唇鹿^[31],笼养的东北虎^[32],圈养下的岩羊^[33]等。圈养马来熊各季节活动规律变化趋势相似,这与饲养条件下固定的饲喂规律和活动场所有关,但各行为的时间分配在不同季节又有一定程度的差异,这与气候变化以及马来熊生理周期的变化有关。人工饲养条件下马来熊夜间多为休息,且每只马来熊有固定的休息地点,夜间休息行为在运动场保持25%左右,在室内保持75%左右(图5),这说明夜间有个体一直在运动场休息,观察过程中发现,雌性老年马来熊F1喜好在假树洞内休息,雄性壮年M2和M3在室内和运动场交替休息,其他个体则在室内休息,这一现象是否与社会等级有关还需进一步研究。年龄因素对运动和刻板行为影响显著,由于年龄不同,动物处在不同的生长发育阶段,其行为需要一个从不完善、不成熟到逐渐完善、成熟的过程,随着这个过程的发展,必然导致行为时间分配和活动规律上的差别^[34]。性别因素在社群行为上差异显著,性别因素对行为产生的影响是与其所担当的性别角色紧密联系的,由于两性基因上的差别,使雌雄在生理结构和性激素的分泌上有所不同^[34]。

行为是动物在一定环境条件下,为了完成摄食、排遗、体温调节、生存繁殖以及满足个体其他生理需求而以一定的姿势完成的一系列动作,是动物对外部刺激的应答,以及动物个体之间传递信息的过程,具有明显的环境适应机能^[35],且某种行为的发生取决于动物机体的内部刺激和外部刺激,能引起动物产生某种行为反应的刺激就称为信号刺激和释放者^[36]。马来熊的乞食行为,这是在自然状态下没有而是动物园圈养条件下的特有行为,是典型的非自然行为,在游客居高临下投掷食物的刺激下,马来熊前肢抬起,直立、坐立或爬石壁向游人乞讨食物。本研究也揭示,马来熊的乞食行为随游客量的增多,所占比例越大,主要集中在10:00—16:00

游客多的时段。在年龄和性别因素影响下,雄性乞食行为比雌性多,壮年乞食行为比老年多,在冯庆等^[22]的研究中有类似描述:在群体中那些个体较大、性情凶猛的成年熊在吃食时往往独自占据食盘,特别当投食时,这些熊会向人索取食物,而那些体弱的熊只能缩在一旁。动物园内的马来熊,不需要寻找食物,食物的获得方式发生了改变,长期的游客投食刺激,乞食行为变得更直接、更突出。

动物园圈养条件下野生动物生活环境单一,活动空间狭小,长时间面对大量游客,表现出较多刻板行为。所谓刻板行为,是指马来熊无明显目的、以固定频率简单重复某一行为。典型的刻板行为如机械踱步、直立、绕圈,以及舌头反复舔动、摇头、咬栏杆、咬自己肢体或尾巴等^[37]。圈养马来熊的刻板行为主要是踱步行为,其他如跑圈、摇头偶有观察到^[13],但相对很少,因此没单独列到观测行为谱中,而是把重点放到了机械踱步这种刻板行为上。本文研究的马来熊均是在饲养条件下繁殖而来的,随着马来熊年龄的增长、饲养时间的增加其刻板行为随之增加。对马来熊室内和运动场 2 种圈养环境进行对比分析,休息和刻板行为多发生在室内,而在室外运动场运动行为较多,刻板行为少,行为类型更丰富,这与大熊猫刻板行为研究中发现半散放个体较传统圈养个体刻板行为少^[38-39]的结论类似。有研究表明刻板行为高峰与定时投食吻合^[40-41],室内 8:00—8:54 正是投食时间,可以看到此时也是刻板行为的高峰,还有研究发现投食前的刻板行为高于进食后的刻板行为^[13],都与本研究结果一致。

致谢:感谢 Thomas D. Dahmer 先生对英文摘要的修改和对写作的帮助。

References:

- [1] Wang Y X. A Complete Checklist of Mammal Species and Subspecies in China a Taxonomic and Geographic Reference. Beijing: Chinese Forestry Press, 2003: 75-76.
- [2] Gao Y T. Fauna Sinica-carnivora. Beijing: Science Press, 1987: 100-102.
- [3] Wong S T, Servheen C W, Ambu L. Food habits of Malayan sun bears in lowland tropical forests of Borneo. *Ursus*, 2002, 13(2): 127-136.
- [4] Wang A M, Chen Y C, Zou L Z, Ye Y F. The effect of exogenous enzyme on the nutrient digestibility of diet in sun bear (*Helarctos malayanus*) in captivity. *Journal of Economic Animal*, 2001, 5(1): 30-33.
- [5] Zhang T, Zhang L M. Captive raising and breeding of sun bear. *Journal of Chinese Wildlife*, 1999, 20(3): 20-21.
- [6] Onuma M, Suzuki M, Ohtaishi N. Reproductive pattern of the sun bear (*Helarctos malayanus*) in Sarawak, Malaysia. *Theriogenology*, 2001, 63(3): 293-297.
- [7] Lin F, Yang Y H, Zhang Y Z, Chen H W, Fei L S, Song Y F, He G X, Zhang A J. Molecular cloning and sequence of the coding region of brain derived neurotrophic factor (BDNF) gene from *Helarctos malayanus*. *Acta Zoologica Sinica*, 1998, 44(1): 102-106.
- [8] Zhang Y P. Genetic variability and conservation relevance of the sun bear as revealed by DNA sequences. *Zoological Research*, 1996, 17(4): 459-468.
- [9] Vickery S S, Mason G J. Stereotypy and preservative responding in caged bears: further data and analyses. *Applied Animal Behaviour Science*, 2005, 91(3/4): 247-260.
- [10] Meijaard E. Human imposed threats to sun bears in Borneo. *Ursus*, 1999, 11(3): 185-192.
- [11] Hall S S, Swaisgood R R. Maternal care and cub development in the sun bear. *Ursus*, 2009, 20(2): 143-151.
- [12] Chen G L, Li Z K, Yang T H, Song P L, Yuan G F, Huang W R, Zhou F, Gu W Y. Nursing behaviors of the captive sun bear (*Helarctos malayanus*). *Journal of Chinese Wildlife*, 2000, 21(3): 8-9.
- [13] Vickery S, Mason G. Stereotypic behavior in Asiatic black and Malayan sun bears. *Zoo Biology*, 2004, 23(5): 409-430.
- [14] Meng S, Huang H K, Li Z. Bear breeding and conservation of its resource in China. *Journal of Chinese Wildlife*, 2007, 28(1): 27-32.
- [15] Altman J. Observational study of behavior: sampling methods. *Behavior*, 1974, 49(3/4): 227-267.
- [16] Jiang Z G. Field Methods for Nature Conservation. Beijing: Chinese Forestry Press, 2002: 154-154.
- [17] Mitlohn F M, Morrow-Tesch J L, Wilson S C, Dailey J W, McGlone J J. Behavioral sampling techniques for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 2001, 79(8): 1189-1193.
- [18] Shang Y C. Methods of the animal behaviour study. *Bulletin of Biology*, 2006, 41(8): 18-20.
- [19] Lehner P N. Design and execution of animal behavior research: an overview. *Journal of Animal Science*, 1987, 65(11): 1213-1219.
- [20] Yu Z Y, Fan G Z, Hua W, Zhou D W, Lai X, Liu Y X. Analysis on inter decadal variation of four seasons in recent 47 years in China//The Session Proceedings of the 2nd Annual Graduate Session of the Chinese Meteorological Society. Beijing: Chinese Meteorological Society, 2008: 520-529.
- [21] Pu D L. Behavior of bear. *Ecology of Domestic Animal*, 1990, (1): 37-39.
- [22] Feng Q, Wang Y X. Studies on Malayan sun bear (*Helarctos malayanus*) in artificial rearing. *Acta Theriologica Sinica*, 1991, 11(2): 81-86.
- [23] Geng Z C, Hu L J, Jia Y Q, Jin R. Observation of bear behavior in raise farm. *Heilongjiang Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 1994, (3): 30-31.
- [24] Wang H Y. Observation on black bear in captivity behaviors. *Liaoning Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 1991, (2): 12-13.

- [25] Yang C H, Wang X M. Stereotypic behavior of giant pandas and its correcting strategy — environmental enrichment. *Sichuan Journal of Zoology*, 2006, 25(3): 529-532.
- [26] Powell D, Lin H, Carlstead K, Kleiman D, Zhang H M, Zhang G Q, Zhang Z H, Yu J Q, Zhang J G, Lu Y P, Ng T S K, Tang J C L, Snyder R. Relationships between temperament, husbandry, management, and socio-sexual behavior in captive male and female giant pandas *Ailuropoda melanoleuca*. *Acta Zoologica Sinica*, 2008, 54(1): 169-175.
- [27] Liu X Q, Zhang Z J, Wei F W, Li M, Li C, Yang Z, Hu J C. Reproductive behavior variations and reproductive strategy in the captive red panda. *Acta Zoologica Sinica*, 2004, 24(2): 173-176.
- [28] Jiang Z G. *Animal Behavioral and Species Conservation Methods*. Beijing: Science Press, 2004: 3-334.
- [29] Steinmetz R, Garshelis D L. Distinguishing Asiatic black bears and sun bears by claw marks on climbed trees. *Journal of Wildlife Management*, 2008, 72(3): 814-821.
- [30] Nowak R M, Paradiso J L. *Walker's Mammals of the World*. 4th ed. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 1983: 974-975.
- [31] He L J, Ding Y Z, Wang X M, Xia S Z. Time budget and behaviour pattern of *Cervus albirostris* in captivity. *Chinese Journal of Ecology*, 2001, 20(2): 27-29.
- [32] Liu Z S, Ma J Z, Teng L W. Behavioral differences of male and female Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) in captivity. *Zoological Research*, 2002, 23(4): 284-287.
- [33] Liu Z S, Wang X M, Cao L R. Diurnal behavior and activity rhythm of captive blue sheep in winter. *Journal of Northeast Forestry University*, 2005, 33(1): 41-43, 51-51.
- [34] Alcock J. *Animal Behavior*. 6th ed. Sunderland MA: Sinauer Associates Inc, 1998: 40-41.
- [35] Jiang Z G, Li C W, Peng J J, Hu H J. Structure, elasticity and diversity of animal behavior. *Biodiversity Science*, 2001, 9(3): 265-274.
- [36] Chen X L. *Animal Biology*. Beijing: Higher Education Press, 2005: 375-378.
- [37] Tian H, Wei R P, Zhang G Q, Sun R Y, Liu D Z. Behavioral difference of sub-adult giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*) in traditional and semi-natural enclosures. *Zoological Research*, 2004, 25(2): 137-140.
- [38] Liu J, Chen Y, Guo L R, Gu B, Liu H, Hou A Y, Liu X F, Liu D Z. Stereotypic behavior in relation to fecal cortisol level in captive giant pandas. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2004, 25(2): 75-78.
- [39] Liu D Z, Wang Z P, Tian H, Yu C Q, Zhang G Q, Wei R P, Zhang H M. Behavior of giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*) in captive conditions: gender differences and enclosure effects. *Zoo Biology*, 2003, 22(1): 77-82.
- [40] Lei P, Li Y, Pan Y Y. Studies on the stereotypic behavior of *Ailuropoda melanoleuca* herded in the Pen. *Journal of Sichuan Teachers College (Natural Science)*, 2002, 23(3): 260-264.
- [41] Mason G J. Stereotypies and suffering. *Behavioral Processes*, 1991, 25(2/3): 103-115.

参考文献:

- [1] 王应祥. 中国哺乳动物种和亚种分类名录与分布大全. 北京: 中国林业出版社, 2003: 75-76.
- [2] 高耀亭. 中国动物志——食肉目. 北京: 科学出版社, 1987: 100-102.
- [4] 王爱民, 陈玉村, 邹隆喆, 叶炎芳. 外源复合酶对移地保护圈养马来熊日粮营养消化率的影响. *经济动物学报*, 2001, 5(1): 30-33.
- [5] 张涛, 张丽敏. 马来熊的人工饲养与繁殖. *野生动物*, 1999, 20(3): 20-21.
- [7] 林峰, 杨玉华, 张义正, 陈红卫, 费立松, 宋云, 何光听, 张安居. 马来熊脑源性神经营养因子基因编码区的克隆与序列分析. *动物学报*, 1998, 44(1): 102-106.
- [12] 陈国亮, 李仲远, 杨庭蕙, 宋培琳, 袁国锋, 黄伟荣, 周锋, 顾文养. 雌性马来熊亲仔行为的初步观察. *野生动物*, 2000, 21(3): 8-9.
- [14] 孟沙, 黄海魁, 李志. 中国熊养殖及其资源保护. *野生动物*, 2007, 28(1): 27-32.
- [16] 蒋志刚. 自然保护野外研究技术. 北京: 中国林业出版社, 2002: 154-154.
- [18] 尚玉昌. 动物行为的研究方法. *生物学通报*, 2006, 41(8): 18-20.
- [20] 郁珍艳, 范广洲, 华维, 周定文, 赖欣, 刘雅星. 近 47 年来我国四季的年代际变化分析//中国气象学会 2008 年年会第二届研究生年会分会场论文集. 北京: 中国气象学会, 2008: 520-529.
- [21] 蒲德伦. 熊的行为生态. *家畜生态学报*, 1990, (1): 37-39.
- [22] 冯庆, 王应祥. 人工饲养条件下马来熊 (*Helarctos malayanus*) 生长发育和行为特点的初步研究. *兽类学报*, 1991, 11(2): 81-86.
- [23] 耿忠诚, 胡立军, 贾永泉, 靳锐. 家养熊的行为观察. *黑龙江畜牧兽医*, 1994, (3): 30-31.
- [24] 王洪云. 笼养黑熊行为观察报告. *辽宁畜牧兽医*, 1991, (2): 12-13.
- [25] 杨春花, 王小明. 大熊猫的刻板行为及其矫正对策——丰富圈养环境举措. *四川动物*, 2006, 25(3): 529-532.
- [27] 刘雪卿, 张泽钧, 魏辅文, 李明, 李春, 杨智, 胡锦矗. 圈养小熊猫繁殖行为变化及繁殖行为对策. *兽类学报*, 2004, 24(2): 173-176.
- [28] 蒋志刚. *动物行为原理与物种保护方法*. 北京: 科学出版社, 2004: 3-334.
- [31] 何利军, 丁由中, 王小明, 夏述忠. 半圈养条件下白唇鹿行为时间分配及活动规律的研究. *生态学杂志*, 2001, 20(2): 27-29.
- [32] 刘振生, 马建章, 滕丽微. 笼养东北虎雌雄行为差异的比较. *动物学研究*, 2002, 23(4): 284-287.
- [33] 刘振生, 王小明, 曹丽荣. 圈养条件下岩羊冬季昼间的行为及活动规律. *东北林业大学学报*, 2005, 33(1): 41-43, 51-51.
- [35] 蒋志刚, 李春旺, 彭建军, 胡慧建. 行为的结构、刚性和多样性. *生物多样性*, 2001, 9(3): 265-274.
- [36] 陈小麟. *动物生物学*. 北京: 高等教育出版社, 2005: 375-378.
- [37] 田红, 魏荣平, 张贵权, 孙儒泳, 刘定震. 传统圈养和半自然散放环境亚成年大熊猫的行为差异. *动物学研究*, 2004, 25(2): 137-140.
- [38] 刘娟, 陈月, 郭丽然, 谷波, 刘慧, 侯安燕, 刘学峰, 刘定震. 圈养大熊猫刻板行为观察及其激素水平测定. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2005, 41(1): 75-78.
- [40] 雷鹏, 李翊, 潘杨杨. 圈养大熊猫刻板行为研究. *四川师范学院学报(自然科学版)*, 2002, 23(3): 260-264.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.31 ,No. 16 August ,2011 (Semimonthly)

CONTENTS

A comparative study on the diversity of rhizospheric bacteria community structure in constructed wetland and natural wetland with reed domination	WANG Zhongqiong, WANG Weidong, ZHU Guibing, et al (4489)
Light response of photosynthesis and its simulation in leaves of <i>Prunus sibirica</i> L. under different soil water conditions	LANG Ying, ZHANG Guangcan, ZHANG Zhengkun, et al (4499)
Effects of colour shading on the yield and main biochemical components of summer-autumn tea and spring tea in a hilly tea field	QIN Zhimin, FU Xiaoqing, XIAO Runlin, et al (4509)
Effects of cadmium on the contents of phytohormones, photosynthetic performance and fluorescent characteristics in tobacco leaves	WU Kun, WU Zhonghong, TAI Fujun, et al (4517)
Comparative physiological responses of cadmium stress on <i>Enteromorpha clathrata</i> and <i>Enteromorpha linza</i>	JIANG Heping, ZHENG Qingsong, ZHU Ming, et al (4525)
Effects of salt stress on glucosinolate contents in <i>Arabidopsis thaliana</i> and <i>Thellungiella halophila</i> rosette leaves	PANG Qiuying, CHEN Sixue, YU Tao, et al (4534)
Effects of long-term double-rice and green manure rotation on rice yield and soil organic matter in paddy field	GAO Jusheng, CAO Weidong, LI Dongchu, et al (4542)
Nitrogen balance in the farmland system based on water balance in Hetao irrigation district, Inner Mongolia	DU Jun, YANG Peiling, LI Yunkai, et al (4549)
Seed characteristics and seedling growth of <i>Spartina alterniflora</i> on coastal wetland of North Jiangsu	XU Weiwei, WANG Guoxiang, LIU Jin'e, et al (4560)
Assessment of non-point source pollution export from Zigui county in the Three Gorges Reservoir area using the AnnAGNPS model	TIAN Yaowu, HUANG Zhilin, XIAO Wenfa (4568)
Effects of Cadmium pollution on oxidative stress and metallothionein content in <i>Pirata subpiraticus</i> (Araneae: Lycosidae) in different habitats	ZHANG Zhengtian, PANG Zhenling, XIA Min, et al (4579)
The distribution of size-fractionated chlorophyll a in the Indian Ocean South Equatorial Current	ZHOU Yadong, WANG Chunsheng, WANG Xiaogu, et al (4586)
Change of waterbird community structure after the intertidal mudflat reclamation in the Yangtze River Mouth: a case study of NanHui Dongtan area	ZHANG Bin, YUAN Xiao, PEI Enle, et al (4599)
Application of fish assemblage integrity index (FAII) in the environment quality assessment of surf zone of Yangtze River estuary	MAO Chengze, ZHONG Junsheng, JIANG Rijin, et al (4609)
Population age structure of Antarctic krill <i>Euphausia superba</i> off the northern Antarctic Peninsula based on fishery survey	ZHU Guoping, WU Qiang, FENG Chunlei, et al (4620)
Validation and adaptability evaluation of rice growth model ORYZA2000 in double cropping rice area of Hunan Province	MO Zhihong, FENG Liping, ZOU Haiping, et al (4628)
Coupled energy and carbon balance analysis under dryland tillage systems	WANG Xiaobin, WANG Yan, DAI Kuai, et al (4638)
The nitrate-nitrogen leaching amount in paddy winter-spring fallow period	WANG Yongsheng, YANG Shiqi (4653)
The sources of organic carbon and nitrogen in sediment of Taihu Lake	NI Zhaoxui, LI Yuejin, WANG Shengrui, et al (4661)
Effect of partial solar eclipse on airborne culturable bacterial community in Urumqi	MA Jing, SUN Jian, ZHANG Tao, et al (4671)
Comparative study on density related intra- and inter-specific effects in <i>Laodelphax striatellus</i> (Fallen) and <i>Nilaparvata lugens</i> (Stål)	LÜ Jin, CAO Tingting, WANG Liping, et al (4680)
Behavior rhythm and seasonal variation of time budget of sun bear (<i>Helarctos malayanus</i>) in captivity	LAN Cunzi, LIU Zhensheng, WANG Aishan, et al (4689)
Disturbance regimes and gaps characteristics of the desert riparian forest at the middle reaches of Tarim River	HAN Lu, WANG Haizhen, CHEN Jiali, et al (4699)
Death causes and conservation strategies of the annual regenerated seedlings of rare plant, <i>Bretschneidera sinensis</i>	QIAO Qi, QIN Xinsong, XING Fuwu, et al (4709)
Effects of municipal compost extracted complex microbial communities on physio-ecological characteristics of turfgrass under drought stress	DUO Lian, WANG Jingjing, ZHAO Shulan (4717)
Spatiotemporal relationship of leaf area index simulated by CLM3.0-DGVM and climatic factors	SHAO Pu, ZENG Xiaodong (4725)
Analysis of circular economy of Liaoning Province based on eco-efficiency	HAN Ruiling, TONG Lianjun, SONG Yanan (4732)
Review and Monograph	
The fungal to bacterial ratio in soil food webs, and its measurement	CAO Zhiping, LI Depeng, HAN Xuemei (4741)
Indicators for evaluating sustainable communities: a review	ZHOU Chuanbin, DAI Xin, WANG Rusong, et al (4749)
Discussion	
Differential expression of <i>PAL</i> multigene family in allelopathic rice and its counterpart exposed to stressful conditions	FANG Changxun, WANG Qingshui, YU Yan, et al (4760)
Scientific Note	
Ecology study on the benthic animals of QinZhou Bay	WANG Di, CHEN Pimao, MA Yuan (4768)
Change characteristics of soil carbon and nitrogen contents in the Yellow River Delta soil after artificial restoration	DONG Kaikai, WANG Hui, YANG Liyuan, et al (4778)
Estimation and spatial pattern analysis of forest biomass in Fenglin Nature Reserve based on Geostatistics	LIU Xiaomei, BU Rencang, DENG Huawei, et al (4783)
Study on sap flow in forest of <i>Quercus liaotungensis</i> and <i>Populus davidiana</i> by using the TDP method	SUI Xuhong, ZHANG Jianjun, WEN Wanrong (4791)
N ₂ O Emission and its driving factors from typical marsh and shrub swamp in Xiaoxing'an Mountains, Northeast China	SHI Lanying, MU Changcheng, TIAN Xinmin, et al (4799)

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 16 期 (2011 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 16 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