

# 卡拉麦里山有蹄类自然保护区水源地 野放普氏野马的活动节律： 基于红外相机监测数据

吴兵<sup>①②</sup> 初雯雯<sup>②③</sup> 吴洪潘<sup>②④</sup> 任松柏<sup>①②</sup> 贺雷<sup>②</sup> 葛炎<sup>②</sup>  
布兰<sup>②</sup> 初红军<sup>①②③\*</sup>

① 新疆大学资源与环境科学学院 乌鲁木齐 830046; ② 新疆卡拉麦里山有蹄类自然保护区阿勒泰管理站 阿勒泰 836500;

③ 北京林业大学自然保护区学院 北京 100083; ④ 新疆大学生命和科学技术学院 乌鲁木齐 830046

**摘要:** 2014年4月至11月,在卡拉麦里山有蹄类自然保护区的22个水源地安放66台红外相机,其中在8个野放普氏野马(*Equus przewalskii*)利用的水源地放置了16台红外相机,对野放普氏野马在水源地的活动节律和时间分配进行了研究。16台相机累计工作1 068 d,获得野放普氏野马有效照片2 051张。研究发现,野放普氏野马在水源地不同时段的有效照片数量符合正态分布,且季节间存在极显著差异。野放普氏野马在水源地不同时段的有效照片数量,春季远低于夏季和秋季( $P < 0.05$ ),而夏季与秋季差异不显著( $P > 0.05$ )。野放普氏野马饮水频次春季极显著低于夏季和秋季( $P < 0.01$ ),夏季与秋季差异不显著( $P > 0.05$ )。普氏野马在水源地具有稳定的日活动节律,时间分配上呈典型的钟形,13:00~17:00时达到高峰,20:00~次日5:00时快速下降,3:00~6:00时是一天中的低谷,在5:00~13:00时快速上升。不同月份野放普氏野马的日活动差异指数 $\alpha$ ( $t = 8.364, df = 7, P < 0.01$ )和昼行性指数 $\beta$ ( $t = 19.519, df = 7, P < 0.01$ )均存在极显著差异,且 $\beta$ 值为 $0.66 > 0.54$ ,表明野放普氏野马活动以昼间为主。季节间活动差异指数存在极显著差异(单样本K-S检验, $t = 7.851, df = 23, P < 0.01$ )。独立多样本Kruskal-Wallis检验季节性活动强度指数 $\gamma$ 值差异不显著( $\chi^2 = 0.162, df = 2, P > 0.05$ )。通过在卡山保护区固定水源地的实时监测,初步明晰了野放普氏野马在水源地附近的活动节律及其季节性水源地利用,从而为野放普氏野马的生态学研究及保护措施的制定提供科学依据。

**关键词:** 普氏野马; 红外线相机技术; 卡拉麦里山有蹄类自然保护区; 活动节律

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2017) 04-545-10

## Activity Rhythms of Reintroducing Przewalski's Horse (*Equus przewalskii*) at Watering Holes by Camera Traps

**基金项目** 新疆自治区科技支撑项目 (No. 201233131), 卡拉麦里山有蹄类自然保护区阿勒泰管理站中央财政森林生态效益补偿基金和科技部科技基础性工作专项重大项目 (No. 2013FY110300);

\* 通讯作者, E-mail: hongjunchu@vip.163.com;

**第一作者简介** 吴兵, 男, 硕士研究生; 研究方向: 动物生态学; E-mail: 1072692052@qq.com。

收稿日期: 2016-10-24, 修回日期: 2017-02-12 DOI: 10.13859/j.cjz.201704001

## in Mount Kalamaili Ungulate Nature Reserve, Xinjiang

WU Bing<sup>①②</sup> CHU Wen-Wen<sup>②③</sup> WU Hong-Pan<sup>②④</sup> REN Song-Bai<sup>①②</sup> HE Lei<sup>②</sup>  
 GE Yan<sup>②</sup> BU Lan<sup>②</sup> CHU Hong-Jun<sup>①②③\*</sup>

① *College of Resources & Environment Sciences, Xinjiang University, Urumqi 830046*; ② *Altay Management Station, Mt. Kalamaili Ungulate Nature Reserve, Altay 836500*; ③ *School of Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083*;

④ *College of Life Science & Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China*

**Abstract:** Sixty six infrared cameras were placed in 22 water sources from April to November 2014 to monitor the activity rhythms and time budgets of reintroducing *Equus przewalskii* in the Mount Kalamaili Ungulate Nature Reserve (MKUNR). Of 16 cameras that were placed in 8 water sources used frequently by the horses (Fig. 1) obtained 2 051 independent photos on the reintroduced horse during 1 068 days. By analyzing those photos we found out the number of effective photos capturing the horses in the water source area was following the normal distribution. The difference of daily activity  $\alpha$  index (Fig. 2) and diurnal  $\beta$  index (Fig. 3) of the horses showed significant difference between months ( $\alpha$  index,  $t = 8.364$ ,  $df = 7$ ,  $P < 0.01$ .  $\beta$  index,  $t = 19.519$ ,  $df = 7$ ,  $P < 0.01$ ), and the  $\beta$  index was  $0.66 > 0.54$ , which indicated that reintroducing horses was dominated in activity by daytime. Significant difference was detected in the seasonal activity index (single sample K-S test,  $t = 7.851$ ,  $df = 23$ ,  $P < 0.01$ ) for the horse. However, no significant difference was found in the seasonal activity intensity index (Fig. 4) ( $\chi^2 = 0.162$ ,  $df = 2$ ,  $P > 0.05$ ) by the independent multi sample Kruskal-Wallis test. The results of multiple comparisons showed that the number of effective photosynthetic rate on the reintroducing horse in spring was significantly lower than that in summer and autumn ( $P < 0.05$ ), but there was no significant difference between summer and autumn ( $P > 0.05$ ). The reintroducing horses were found in the water source at any time of day with a significantly variation between the groups sizes in the day time and night time ( $P < 0.05$ , T test), even in different hours. The water demands increased as the temperature increase and peaked around noontime (Fig. 5). The numbers of valid photo every day at different hours met the normal distribution for each season, and the horses at the water source showed a stable daily activity rhythm with a typical bell-shaped time allocation. In summer, the horses drank water at  $(25.29 \pm 2.9)$  times/d and they took water is far less  $(13.88 \pm 1.8)$  times/day than they did in spring ( $P < 0.01$ ) by multiple comparison test. No any significant difference in the frequency of drank water between summer and autumn ( $P > 0.05$ ). The number of horse drinking peaked from 13:00 to 17:00, 20:00 - 5:00 when the rapid decline, and 3:00 - 4:00 to the lowest, in the 5:00 - 13:00 when the rapid rise (Fig. 6). This study was firstly got the water use data in detail for the reintroducing horses by the real-time monitoring at the fixed water source in the MKUNR.

**Key words:** Przewalski's Horse, *Equus przewalskii*; Infrared camera; Mount Kalamaili Ungulate Nature Reserve; Activity rhythms

活动节律与时间分配现已成为动物行为学研究的重要内容(尚玉昌 1998),其结果可以反映出动物个体的营养状态、社会地位等状况,

也有助于分析物种的生存状况或对策,对于制定保护措施具有十分重要的意义(赵玉泽等 2013)。红外线触发自动数码相机陷阱技术(以

下简称红外相机技术)具有长期性、客观性、隐蔽性、无损伤性等特征, 现已普遍运用于野生动物的活动模式 (Haruka et al. 2014)、种群密度 (Rahel et al. 2013)、空间分布 (Bashir et al. 2014)、行为节律 (Li et al. 2014)、生境选择 (Wronski et al. 2013)、物种多样性 (Samejima et al. 2012) 等领域的研究。

普氏野马 (*Equus przewalskii*) 主要栖息于缓坡上的山地草原、开阔的戈壁荒漠及水草条件较好的沙漠戈壁, 是我国 I 级重点保护野生动物。其性机警, 善奔跑, 一般由一匹强健的公马 (头马) 结成 3~15 匹的马群, 马群包括数匹母马及一些幼驹, 多沿固定路线去往水源地饮水。普氏野马是现存真正的野马, 曾经在亚欧大陆的草原带广泛分布 (Liu et al. 2014), 由于人为因素的影响, 普氏野马已经野外灭绝 (金昌柱 1991)。2001 年 8 月 28 日, 新疆野马繁育中心首次在卡拉麦里山有蹄类自然保护区放归 27 匹普氏野马。野放的普氏野马在春季与秋季处于野放状态, 在冬季则大部分返回围栏内过冬。到目前为止, 普氏野马成功在野外产驹 (刘姝等 2013)。目前对于圈养以及野放普氏野马的研究主要涉及到家域面积 (王渊等 2016)、生境及种群 (王渊 2014)、食性分析 (陈金良等 2008)、繁殖现状 (孟玉萍 2007)、空间行为研究 (阿力木江·克热木 2015)、夏季高温昼间活动 (吉晟男等 2013), 而鲜有对野放普氏野马季节性全天候水源地附近活动节律的研究报道。在干旱区, 旱季高温与缺水通常同期出现, 使水成为众多野生动物依存的重要生态因子, 可利用水源自然就成为众多荒漠有蹄类动物生存的限制因素之一 (张永军等 2014)。2014 年 4 月至 11 月, 在新疆卡拉麦里山有蹄类自然保护区, 利用红外相机技术全天候监测野放普氏野马在水源地的活动, 以确定野放普氏野马在水源地活动的节律, 为普氏野马在我国的重引入事业持续开展奠定坚实的基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

新疆卡拉麦里山有蹄类自然保护区 (以下简称卡山保护区) 始建于 1982 年, 位于新疆准噶尔盆地东部的昌吉州和阿勒泰地区境内, 西起滴水泉、沙丘河, 东至老鸦泉和散巴斯陶东缘, 南到自流井附近, 北至乌伦古河南 30 km 处。根据新疆维吾尔自治区人民政府文件批复, 卡山保护区地处 44°36' ~ 46°00'N, 88°30' ~ 90°03'E, 面积约 13 000 km<sup>2</sup>, 是典型的荒漠和半荒漠野生动物类型保护区。年降水量少, 气候干燥, 冬季寒冷漫长, 夏季炎热短暂, 是典型的温带大陆性气候。卡山保护区内植被组成较为简单, 类型单一、稀疏。野生动物以适应干旱和半干旱的种类占优势, 大中型荒漠有蹄类动物是该荒漠景观的代表性物种。在该保护区分布有野放普氏野马、蒙古野驴 (*E. hemionus*) 等 13 种国家 I 级重点保护野生动物和 36 种国家 II 级重点保护野生动物 (初红军等 2009)。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 红外相机布放** 2014 年 4 月至 11 月, 在卡山保护区 22 个固定水源地 (图 1) 一次性布设 66 台红外相机 [Ltl 5210 创世夏汉 (北京) 科贸有限公司和 Scout Guard 550 Scout Guard (America)]。根据每个水源地面积大小, 安放 2~4 台红外线相机。其中, 在 8 个水源地放置的 16 台红外相机拍摄到野放普氏野马的活动影像。这 8 个水源地安放的 16 台红外相机累计工作 1 068 d, 共收集到野放普氏野马红外相机照片 49 801 张, 其中独立照片 2 051 张。

红外相机放置在离水源 1~2 m 距地面高度 1 m 以上位置, 镜头与地面平行或与地面呈小于 5° 的俯视角, 避开直射的阳光并防止相机相互对摄, 架设方向以东南或西北方向为宜; 相机的视野应覆盖水源周围的一定区域, 且不能有较大的灌木、随风摇动的草本植物遮挡; 为避免自然或人为因素导致相机机位移动, 所有相机架设在人工制作的角铁上。红外相机设

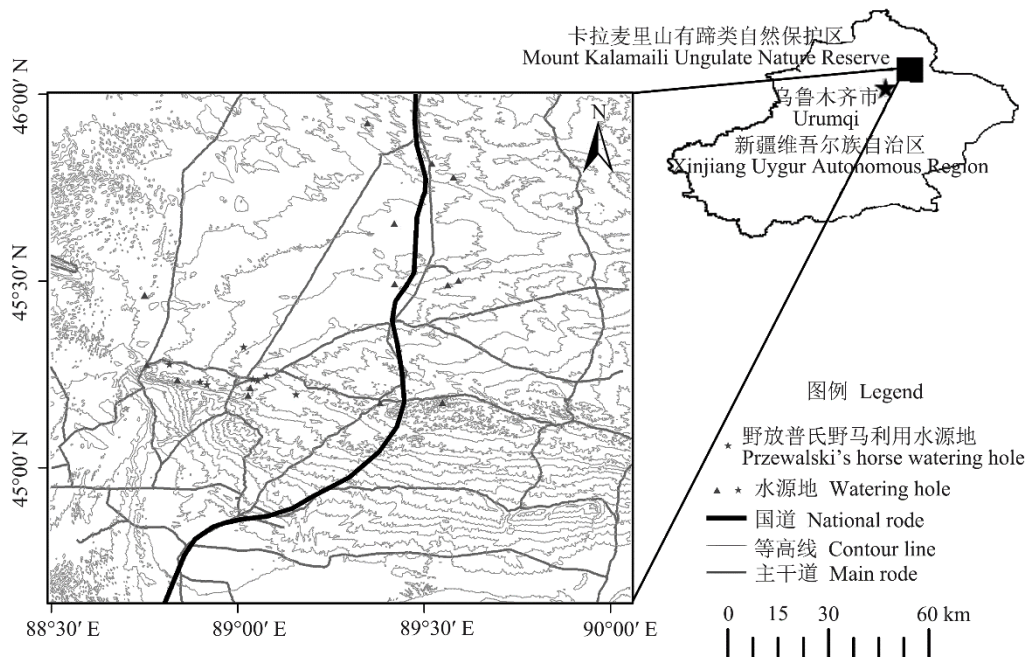


图 1 新疆卡拉麦里山有蹄类自然保护区水源地红外相机布设位置示意图

Fig. 1 Water source locations of setting infrared cameras in the Mount Kalamaili Ungulate Nature Reserve, Xinjiang, China

置采用 24 h 照片模式, 以北京时间设置日期和时间, 拍摄频率设置为 5 s 自动连拍 2 张。在相机安放记录表格上记录布设相机的编号、日期、GPS 位点、海拔、生境及人类干扰等信息。每 15 d 左右对红外相机进行日常检查, 更换电池、拷贝照片或更换存储卡, 使用专门设计的检查表格记录每台相机的相关数据, 包括拍摄照片数、工作时长、拍摄物体等。

根据卡山保护区的气候特点, 划分 4 ~ 5 月为春季、6 ~ 8 月为夏季、9 ~ 11 月为秋季、12 月至翌年 3 月为冬季。由于冬季降雪后水源地结冰, 故不在水源地布设红外相机。

**1.2.2 数据处理与分析** 自相机架设至相机最后一次触发拍摄图片的时间为每台相机的监测周期。对每一台相机的工作照片进行筛选, 删除非动物触发误拍的照片。

“独立有效照片”时间间隔为含同种个体的相邻有效照片间隔时间。参照 Yasuda 等 (2004) 和 Michalski 等 (2007) 的方法, 对地

点或时间相近, 连续拍摄的野放普氏野马照片比对体型、毛色、群体数量以及群体成幼体所占比例等特征, 以判断是否属同一次拍摄, 不同次数的照片定义为有效照片 (independent photography, IP)。将每天 24 h 按照 1 h 划分为连续的 24 个单位取样间隔。统计出有效照片中野放普氏野马的数目即为有效个体数量 (effective individual number, EIN)。

单张有效照片中野放普氏野马的平均数量计算公式为  $A_i = E_i/I_i$ , 其中,  $A_i$  为第  $i$  时间点单张有效照片中野放普氏野马的平均数量,  $E_i$  为第  $i$  时间点时拍摄的有效照片中野放普氏野马的有效个体数量,  $I_i$  为第  $i$  时间点时拍摄的野放普氏野马有效照片数量, 公式中的  $i$  为全天候 (24 h) 拍摄野放普氏野马水源地的活动节律记录的时间点, 时间间隔为 1 h, 如 1:00 ~ 2:00 时的时间点为 1。

野放普氏野马活动强度的日活动差异指数  $\alpha$  (daily-discrepancy index, DDI), 昼行性指数

$\beta$  (diurnal-nocturnal index, DNI), 昼夜活动节律的季节变化指数  $\gamma$  (seasonal-activity index,

SAI) 计算公式如下:  $\alpha = \sum_{i=1}^n r_i^2$ ,  $\beta = \sum_{i=8}^{20} r_i$ ,

$\gamma = \frac{P_{i-3}}{N_3}$ , 式中,  $P_{i-3}$  表示每个季节  $i$  时间点

拍摄到野放普氏野马有效照片数,  $N_3$  表示每个季节内拍摄野放普氏野马总有效照片数,  $r_i$  为  $i$  时刻的相对活动强度, 定义为  $i$  时刻内拍摄到的野放普氏野马有效照片数占研究地每个月拍摄野放普氏野马总有效照片数的比例, 即  $r_i = P_i / N$ ,  $P_i$  表示在  $t_i$  时刻拍摄到野放普氏野马有效照片数量,  $N$  表示每个月内拍摄野放普氏野马总有效照片数。

同时, 以有效照片中每天到达水源地的所有野马数量为野马饮水次数。

日活动差异性指数  $\alpha$  用于衡量动物日活动时间分配的均匀程度,  $\alpha$  的数值越大, 表明野放普氏野马在该时间段内活动时间分配越不均匀; 昼行性指数  $\beta$  用于判定野放普氏野马究竟属于昼行动物还是夜行动物, 如若  $\beta$  的数值接近于 13/24 (约为 0.54), 表明野放普氏野马活动没有明显的昼夜差别, 如若  $\beta > 13/24$ , 则表明野放普氏野马以昼行为主, 反之则以夜行为主 (宛新荣等 2002)。

利用 Excel 2007 和 SPSS 18.0 处理数据。数据采用单样本 K-S 检验方法 (One-sample Kolmogorovsmirnov Test) 进行数据的正态性检验 ( $P \leq 0.05$  为显著差异,  $P \leq 0.01$  为极显著差异,  $P > 0.05$  为差异不显著)。采用 Kruskal-Wallis 检验季节性活动强度指数, 采用 LSD 法 (最小显著差异法) 对不同季节野放普氏野马在水源地的活动节律进行多重比较。

## 2 结果

2014 年 4 月至 11 月, 在 8 个水源地安放的 16 台红外相机累计工作 1 068 d, 共收集到

野放普氏野马红外相机照片 49 801 张, 其中独立照片 2 051 张 (春季 419 张, 夏季 861 张, 秋季 771 张)。野放普氏野马在水源地不同时段的有效照片数量符合正态分布, 各月份间日活动差异指数  $\alpha$  (单样本 K-S 检验,  $t = 8.364$ ,  $df = 7$ ,  $P < 0.01$ , 图 2) 和昼行性指数  $\beta$  (单样本 K-S 检验,  $t = 19.519$ ,  $df = 7$ ,  $P < 0.01$ , 图 3) 均存在极显著差异, 且  $\beta$  值为 0.66, 大于 0.54, 表明野放普氏野马活动以昼行为主。季节间昼夜活动节律存在极显著差异 (单样本 K-S 检验,  $t = 7.851$ ,  $df = 23$ ,  $P < 0.01$ )。经 K-S 检验, 季节性活动强度指数  $\gamma$  (图 4) 符合正态分布 ( $P > 0.05$ ), 独立多样本 Kruskal-Wallis 检验季节性活动强度指数  $\gamma$  值不存在显著差异 ( $\chi^2 = 0.162$ ,  $df = 2$ ,  $P > 0.05$ )。多重比较检验结果显示, 野放普氏野马在水源地不同时段的有效照片数量, 春季远低于夏季和秋季 ( $P < 0.05$ ), 而夏季和秋季间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

全天任意时间段均有野放普氏野马在水源地活动, 且集群数量在昼间与夜间差异显著 ( $P < 0.05$ ,  $t$  检验)。在不同的时间段, 野放普氏野马集群的平均数量会有相应变化, 随着温度的升高, 野放普氏野马对于水的需求量会相应增加, 高峰期出现在正午前后, 夜间则是野放普氏野马饮水的低谷期 (图 5)。

春季 ( $t = 7.002$ ,  $df = 23$ ,  $P < 0.01$ )、夏季

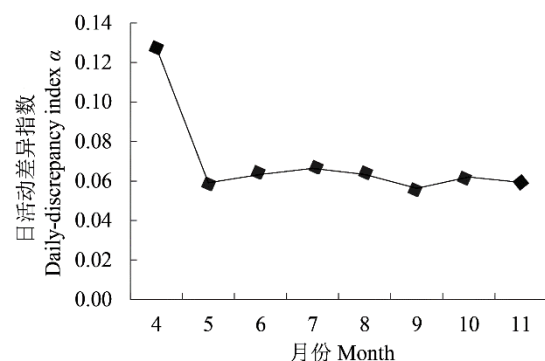


图 2 野放普氏野马日活动差异性指数 ( $\alpha$ )

Fig. 2 Monthly change of daily discrepancy index ( $\alpha$ ) of reintroducing *Equus przewalskii*

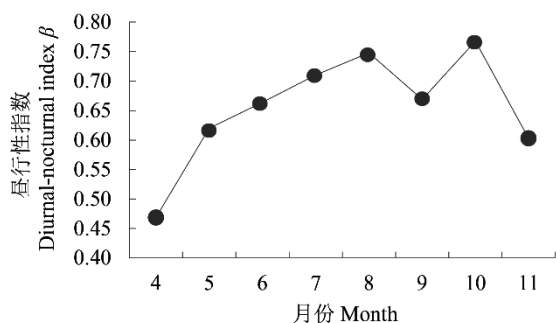


图3 野放普氏野马昼行性指数 (β)

Fig. 3 Monthly change of diurnal nocturnal index (β) of reintroducing *Equus przewalskii*

( $t = 6.828, df = 23, P < 0.01$ )、秋季( $t = 7.859, df = 23, P < 0.01$ )每天不同时段的有效照片数量均符合正态分布, 且时段间差异极显著。野放普氏野马的饮水活动在时间分配上呈典型的钟形(图6), 13:00~17:00时达到高峰, 20:00~5:00时快速下降, 3:00~6:00时是一天中的低谷, 在5:00~13:00时快速上升。

夏季, 野放普氏野马饮水行为频次最高, 平均为(29.25 ± 4.1)次/d, 其次是秋季, 平均

为(25.29 ± 2.9)次/d, 春季最少, 为(13.88 ± 1.8)次/d。多重比较检验结果显示, 野放普氏野马饮水频次, 春季远低于夏季( $P < 0.01$ ), 秋季高于春季( $P < 0.01$ ), 夏季与秋季差异不显著( $P > 0.05$ )。

### 3 讨论

普氏野马生活在开阔的戈壁荒漠以及沙漠地带, 以荒漠植物为食(孟玉萍等 2007), 其夏季活动区域与水源的分布具有密切关系。夏季, 野放普氏野马在固定水源地周边活动。野放普氏野马的各月份日活动差异指数α存在极显著差异( $P < 0.01$ ), 说明野放普氏野马一天活动时间分配并不均匀, 主要是集中在一天中的某个时间段。可能的干扰因素为昼间干热条件迫使野放普氏野马去水源地饮水, 除直接从水源地获取水分外, 野放普氏野马还会在水源地进行泥浴等行为, 以降低体温。

野生动物的行为活动受到很多因素的影响, 如营养需求、食物分布、气候条件以及捕食风

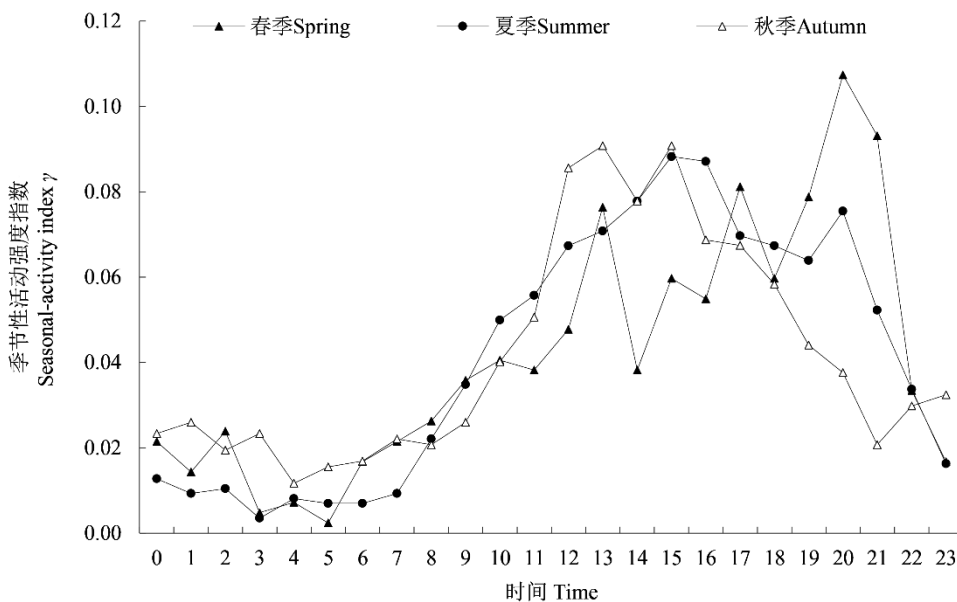


图4 野放普氏野马昼夜活动节律的季节变化

Fig. 4 Seasonal activity intensity index (γ) of reintroducing *Equus przewalskii*

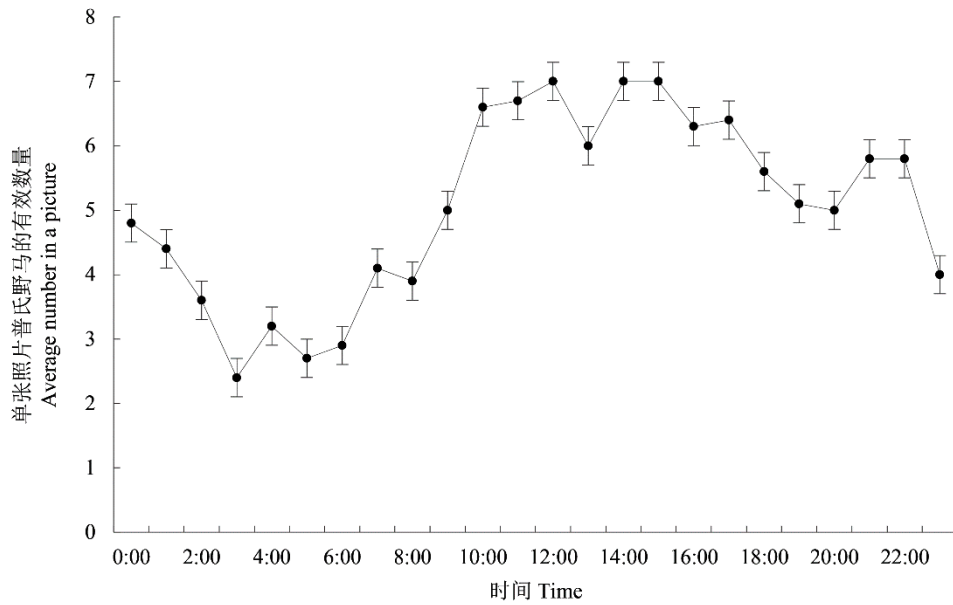


图5 不同时段单张有效照片中野放普氏野马的平均数量

Fig. 5 Average number of reintroducing *Equus przewalskii* in single picture at different times in Mount Kalamaili

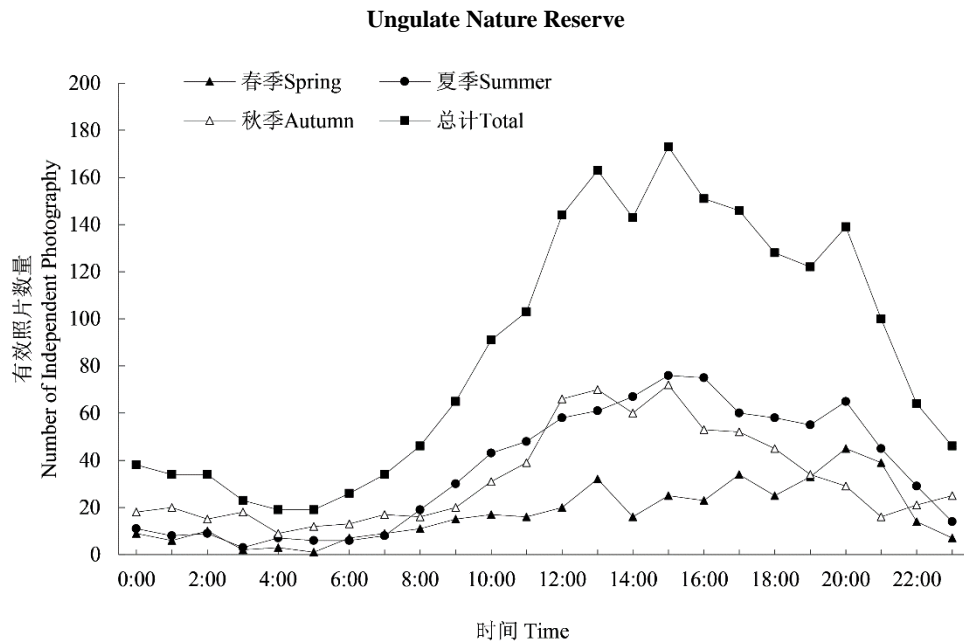


图6 不同季节各时段普氏野马有效照片数量

Fig. 6 Identification pictures of reintroducing *Equus przewalskii* at different times by camera trapping in Mount Kalamaili Ungulate Nature Reserve

险等 (Samson et al. 1995)。通过长期的监测发现，野放普氏野马行为节律的季节性差异表现在夏季在水源地饮水次数最多，秋季次之，春

季最低。这是由于春季气温较低，野放普氏野马对水的需求量相对较少，这也是  $\alpha$  值在 4 月份出现较大波动的原因。夏季卡山保护区气温

高, 荒漠和沙漠蒸发量极大, 野放普氏野马体温急剧升高, 加上雌野马育幼等对水的需求量, 饮水次数和数量均加大。秋季气温逐渐降低, 昼夜温差加大, 野放普氏野马对水的需求也会相应降低。

野放普氏野马在卡山保护区水源地的活动具有稳定的节律。温度对野放普氏野马在水源地的活动节律有显著影响, 尤其在夏季, 野放普氏野马会持续在水源地附近活动, 饮水频率也会随之增加。陈金良等(2008)和张峰(2010)也提到野放普氏野马夏季的休息时间和饮水频次明显高于其他季节, 绝大部分的饮水行为发生在中午和傍晚。

除野放普氏野马外, 卡山保护区同时也是蒙古野驴分布最集中的区域, 种群数量约有 3 379 ~ 6 068 头(初红军等 2008)。2014 年, 吴洪潘等对卡山保护区蒙古野驴在水源地的活动节律进行了研究, 发现蒙古野驴的饮水主要集中在夜间进行。在高温干旱的卡拉麦里荒漠区, 气温高时, 野放普氏野马需要频繁地去水源地饮水以补充散失的水分。本次研究, 通过对卡山保护区 22 个水源地架设的 66 台红外相机照片统计发现, 蒙古野驴在昼间温度最高的时间段几乎没有出现在水源地。这可能是由于蒙古野驴对高温缺水条件的耐受性比野放普氏野马要高, 也可能蒙古野驴在水源地的行为节律是对野放普氏野马的刻意回避。Kaczensky 等(2011)采用直接观察和 GPS 追踪法, 研究蒙古野驴和野放普氏野马在蒙古戈壁的种群动态, 野放普氏野马在一天中的任何时候都处于等级较高的地位, 蒙古野驴会主动回避与野放普氏野马共同饮水, 表明蒙古野驴和野放普氏野马在水源利用的时间生态位分异很大, 种间竞争很小。王渊等(2014)对卡拉麦里山有蹄类自然保护区狼(*Canis lupus*)的活动节律进行研究, 狼的季节性活动高峰分别出现在 5 ~ 6 月以及 9 ~ 11 月, 且以夜行为主, 夏天气温高限制了狼的活动, 导致其晚上的活动频次增加, 这与野放普氏野马在水源地的活动节律有一定

的差异, 野放普氏野马在白昼高温时在水源地附近活动, 且气温越高对于水源地的依赖程度越高, 二者活动节律的差异, 从一定程度上减少了天敌对野放普氏野马的威胁。

利用红外相机陷阱技术进行野生动物行为节律的研究具有一定局限性, 例如对于同一个体不能进行连续观察(章书声等 2012), 但其特有的优点却能弥补传统方法的许多不足。以往对野生动物行为的研究, 大多都是依靠佩戴项圈或发射器等(Moern et al. 1996, Wong et al. 2004)以及研究人员抵近观察, 这会对研究个体的行为产生影响; 如若在野外进行隐蔽观测, 则易受观测人员主观因素的影响, 耗费时间且不具有长期性。

误差问题是影响红外相机陷阱技术监测结果的主要因素之一。首先, 红外相机的拍摄能力与架设的时间、地点、位置有关, 针对不同的物种其拍摄能力也不同。红外相机传感器在白天可能不如温度较低的夜晚灵敏(Lynam et al. 2013)。其次, 在水源地架设红外相机, 由于野放普氏野马是群体性动物, 加之水源地水域面积不是很大, 很多情况下会发生一匹野放普氏野马将红外摄像头遮住的现象, 造成红外相机无法正常完成拍摄。第三, 有效照片时间间隔的选择。在本次研究中将该时间间隔设置为 1 h。目前相关研究中独立有效照片时间间隔有 1 min(刘芳等 2012)和 1 h(Rovero et al. 2009), 且独立照片时间间隔受调查地域与监测物种影响较大, 应在不断探索的基础上, 持续调整卡山保护区野放普氏野马最适有效照片的时间间隔。

通过在卡山保护区固定水源地的实时监测, 初步明晰了野放普氏野马在水源地附近的活动节律及其季节性水源地利用, 从而为野放普氏野马的生态学研究及保护措施的制定提供科学依据。水源是荒漠野生动物生存必需的主要因素之一, 定期改造水源是保证野放普氏野马野外生存的重要措施。人工水源是改善干旱区野生动物水利用状况的重要途径, 人工水源可以



补给天然水源干涸造成的野生动物缺水少水的问题。近几年的研究发现, 野放普氏野马很少利用远距离的水源, 距离野放普氏野马活动范围近的水源地被利用率相对较高, 所以要着重保护此类水源地。

**致谢** 本研究得到蒋新春、李斌、蒙坎、白硕、艾代、阿尔成、叶尔江、木合买提、哈力等卡山保护区工作人员的大力协助, 包括野外资料的收集工作等, 谨致衷心感谢。

## 参 考 文 献

- Bashir T, Bhattacharya T, Poudyal K, et al. 2014. Integrating aspects of ecology and predictive modelling: implications for the conservation of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in the Eastern Himalaya. *Mammal Research*, 59(1): 35–47.
- Haruka O H S, Masae S T, Reiko H R E, et al. 2014. Differences in the activity pattern of the wild boar *Sus scrofa* related to human disturbance. *European Journal of Wildlife Research*, 59(3): 167–177.
- Kaczynsky P, Walzer C. 2011. Evaluation of ARGIS and GPS/ARGIS telemetry for monitoring Przewalski's horses and Asiatic Wild Ass in Mongolia. *Biological Conservation*, 144(2): 920–929.
- Li X Y, Paul B, Jiang X L. 2014. Habitat associations of four ungulates in mountain forests of southwest China, based on camera trapping and dung counts data. *Population Ecology*, 56(1): 251–256.
- Liu G, Aaron B A S, Waltraut Z, et al. 2014. Evaluating the reintroduction project of Przewalski's horse in China using genetic and pedigree data. *Biological Conservation*, 171(7): 288–298.
- Lynam A J, Jenks K E, Tantipisanuh N, et al. 2013. Terrestrial activity patterns of wild cats from camera-trapping. *Raffles Bulletin of Zoology*, 61(1): 407–415.
- Michalski F, Peres C A. 2007. Disturbance-mediated mammal persistence and abundance–area relationships in Amazonian forest fragments. *Conservation Biology*, 21(6): 1626–1640.
- Moern R, Pastor J, Cohen Y. 1996. Interpreting behavior from activity counters in GPS collars on moose. *The Journal of Wildlife Management*, 60(3): 659–668.
- Rahel S, Natália M T, Mariana M F, et al. 2013. Combining camera-trapping and noninvasive genetic data improves density estimates for the jaguar. *Biological Conservation*, 167(22): 242–247.
- Rovero F, Marshall A R. 2009. Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. *Journal of Applied Ecology*, 46(5): 1011–1017.
- Samejima H, Ong R, Lagan P, et al. 2012. Camera-trapping rates of mammals and birds in a Bornean tropical rainforest under sustainable forest management. *Forest Ecology & Management*, 270(4): 248–256.
- Samson C, Raymond M. 1995. Daily activity pattern and time budget of stoats (*Mustela erminea*) during summer in southern Québec. *Mammalia*, 59(4): 501–510.
- Wong S T, Servheen C W, Ambu L. 2004. Home range, movement and activity patterns, and bedding sites of Malayan sun bears *Helarctos malayanus* in the Rainforest of Borneo. *Biological Conservation*, 119(2): 169–181.
- Wronski T, Apio A, Plath M, et al. 2013. Sex difference in the communicatory significance of localized defecation sites in Arabian gazelles (*Gazella arabica*). *Journal of Ethology*, 31(2): 129–140.
- Yasuda M. 2004. Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps: a case study on Mount Tsukuba, central Japan. *Mammal Study*, 29(1): 37–46.
- 阿力木江·克热木. 2015. 普氏野马空间行为研究及生境适宜性评价. 北京: 北京林业大学硕士学位论文.
- 陈金良, 胡德夫, 李凯, 等. 2008. 圈养和放归成年雌性普氏野马 (*Equus przewalskii*) 夏季昼间的摄食行为. *生态学报*, 28(3): 1104–1108.
- 初红军, 蒋志刚, 葛炎, 等. 2009. 卡拉麦里山有蹄类自然保护区蒙古野驴和鹅喉羚种群密度和数量. *生物多样性*, 17(4): 414–422.
- 初红军, 蒋志刚, 兰文旭, 等. 2008. 蒙古野驴、鹅喉羚和家畜的食物重叠. *动物学报*, 54(6): 941–954.
- 吉晟男, 杨亮亮, 葛兴芳, 等. 2013. 圈养普氏野马夏季高温期间活动时间分配研究. *四川动物*, 32(5): 676–683.
- 金昌柱. 1991. 国际第四纪大会. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所参加第十三届国际第四纪大会论文集. 北京: 北京科

- 学技术出版社.
- 刘芳, 李迪强, 吴记贵. 2012. 利用红外相机调查北京松山国家级自然保护区的野生动物物种. *生态学报*, 32(3): 730–739.
- 刘姝, 初红军, 王渊, 等. 2013. 普氏野马 (*Equus przewalskii*) 重引入区域的社区保护意识调查分析. *干旱区研究*, 30(1): 135–143.
- 孟玉萍. 2007. 放归普氏野马食源植物、食性选择及采食对策的研究. 北京: 北京林业大学硕士学位论文.
- 孟玉萍, 胡德夫, 陈金良, 等. 2007. 荒漠草原动物的代表物种——普氏野马. *生物学通报*, 42(8): 19–20.
- 尚玉昌. 1998. 行为生态学. 北京: 北京大学出版社.
- 宛新荣, 王梦军, 王广和, 等. 2002. 布氏田鼠标志种群的繁殖参数. *兽类学报*, 22(2): 116–122.
- 王渊. 2014. 野放普氏野马生境、种群、家域及同域分布狼活动节律的研究. 乌鲁木齐: 新疆大学硕士学位论文.
- 王渊, 初红军, 韩丽丽, 等. 2016. 野放普氏野马 (*Equus przewalskii*) 家域面积及其影响因素. *生态学报*, 36(2): 545–553.
- 吴洪潘, 初红军, 王渊, 等. 2014. 卡拉麦里山有蹄类自然保护区水源地蒙古野驴的活动节律: 基于红外相机监测数据. *生物多样性*, 22(6): 752–757.
- 张峰. 2010. 普氏野马行为节律及其影响因子研究. 北京: 北京林业大学硕士学位论文.
- 张永军. 2014. 放归普氏野马水源利用模式及对干旱适应对策研究. 北京: 北京林业大学博士学位论文.
- 章书声, 鲍毅新, 王艳妮, 等. 2012. 不同相机布放模式在古田山兽类资源监测中的比较. *生态学杂志*, 31(8): 2016–2022.
- 赵玉泽, 王志臣, 徐基良, 等. 2013. 利用红外照相技术分析野生白冠长尾雉活动节律及时间分配. *生态学报*, 33(19): 6021–6027.

## 《动物学杂志》第十二届编辑委员会

**名誉主编:** 马 勇

**主 编:** 宋延龄

**副主编:** 赵 勇 彭景榭 孙悦华 梁 冰 (常务)

**编 委:** (以姓氏笔画为序)

丁长青 马 勇 马志军 马建章 王德华 计 翔 石树群 边疆晖 刘洒发  
 孙青原 孙悦华 宋延龄 宋林生 宋昭彬 张正旺 张明海 张春光 张树义  
 张堰铭 李 明 李枢强 李保国 李春旺 李新正 杨增明 陈广文 宛新荣  
 郑光美 费 梁 赵 勇 赵亚辉 夏国良 徐宏发 桂建芳 梁 冰 彭贤锦  
 彭景榭 曾治高 蒋志刚 蒋学龙 谢 锋 戴家银 魏辅文

**编 辑:** 梁 冰 尹 航