

# 应用红外相机技术研究秦岭观音山自然保护区内野猪的行为和丰富度

王长平<sup>1,2</sup> 刘雪华<sup>1\*</sup> 武鹏峰<sup>3,6</sup> 蔡琼<sup>4</sup> 邵小明<sup>3</sup> 朱云<sup>4</sup> Melissa Songer<sup>5</sup>

(1 清华大学环境学院, 北京 100084) (2 佳木斯大学生命科学学院, 佳木斯 154007)

(3 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193) (4 陕西观音山自然保护区, 佛坪 723400)

(5 Conservation Ecology Center, Smithsonian Conservation Biology Institute, Front Royal, Virginia 22630, USA)

(6 沈阳师范大学化学与生命科学学院, 沈阳 110034)

**摘要:** 2009年7月, 在陕西观音山自然保护区凉风垭小区域(中高海拔)和西沟小区域(低海拔)安装18台红外相机, 2009年8月至2013年4月共收集野猪照片1195张。定义9种野猪行为, 分别为站立、走动、跑动、采食、饮水、修饰、发情、拱土、坐着休息, 并逐一比对照片中野猪的行为, 统计各种行为所占的比例; 引入月相对丰富度和时间段相对丰富度两个指数分别研究野猪的年活动规律和日活动规律; 利用一个种群估测模型探讨野猪密度的年际变化。结果表明: (1) 春季野猪以走动、采食和站立为主, 分别占总行为次数的36%、25.6%和17.4%; 夏季野猪以走动、站立、采食和跑动为主, 分别占总行为次数的35.7%、23.6%、17%和16.5%; 秋季野猪以采食、走动和发情为主, 分别占总行为次数的50.3%、19.3%和17.8%; 冬季野猪以采食、走动和站立为主, 分别占总行为次数的53.7%、26.7%和11.9%。(2) 野猪在8月、9月和12月活动较为频繁; 全年日活动高峰出现在午后14:00-16:00, 低谷出现在22:00-04:00, 四季活动规律不同。(3) 2009-2012年野猪密度呈逐年上升趋势。这些研究结果有助于了解野猪的行为活动和种群动态, 并采取针对性的措施对野猪进行有效管理。

**关键词:** 红外相机; 野猪; 行为; 相对丰富度

中图分类号: Q958

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050(2015)02-0147-10

## Research on behavior and abundance of wild boar (*Sus scrofa*) via infrared camera in Guanyinshan Nature Reserve in Qinling Mountains, China

WANG Changping<sup>1,2</sup>, LIU Xuehua<sup>1\*</sup>, WU Pengfeng<sup>3,6</sup>, CAI Qiong<sup>4</sup>, SHAO Xiaoming<sup>3</sup>, ZHU Yun<sup>4</sup>, Melissa Songer<sup>5</sup>

(1 School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

(2 College of Life Science, Jiamusi University, Jiamusi 154007, China)

(3 College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

(4 Shaanxi Guanyinshan Nature Reserve, Foping County, Shaanxi 723400, China)

(5 Conservation Ecology Center, Smithsonian Conservation Biology Institute, Front Royal, Virginia 22630, USA)

(6 College of Chemistry and Life Science, Shenyang Normal University, Shenyang 110034, China)

**Abstract:** In July 2009, eighteen infrared cameras were installed in Guanyinshan Nature Reserve in Shaanxi Province, located in the Liangfengya area (middle and high altitude) and the Xigou area (low altitude). We collected a total of 1195 photos of wild boar during the 45 months from August 2009 to April 2013. We defined 9 types of wild boar behavior: standing, walking, running, feeding, drinking, preening, rutting, rooting and sitting/resting. Each of 1195 photos was examined carefully and we summarized the percentage of each type of behavior in each season. We introduced two indices as monthly relative abundance index (MRAI) and time-period relative abundance index (TRAI) to discuss annual activity and daily activity of wild boar respectively. A simple model was used to estimate the change of population density of wild

**基金项目:** 国家自然科学基金项目“干扰机制下秦岭森林景观格局对动物多样性及活动特征的影响”(41271194); 国家林业局国际合作项目“秦岭大熊猫栖息地恢复的监测研究”(WH0633); 973计划项目“候鸟迁徙和栖息地利用研究”(2010CB530300-4)

**作者简介:** 王长平(1978.4-), 男, 博士, 副教授, 主要从事动物行为与福利研究. E-mail: wcp100200@163.com

**收稿日期:** 2014-06-19; **修回日期:** 2015-03-16

\* 通讯作者, Corresponding author, E-mail: xuehua-hjx@tsinghua.edu.cn

boar yearly. The results show that (1) in spring, behaviors with the great majority of wild boar are walking, feeding and standing (36%, 25.6% and 17.4% respectively); in summer, walking, standing, feeding and running are the most common behaviors (35.7%, 23.6%, 17% and 16.5% respectively); in autumn, proportions for feeding, walking and rutting are 50.3%, 19.3% and 17.8% respectively; and in winter, the behaviors of feeding, walking and standing are dominant having proportions of 53.7%, 26.7% and 11.9% respectively. (2) The activities of wild boars are more frequent in August, September and December based on the MRAI values, and wild boars are more active during the daytime according to the TRAI values. Especially, we got peak values at the period of 14:00–16:00, and low values at the period of 22:00–04:00 at the year scale. The activity patterns across the four seasons are different. (3) Finally, the population density of wild boar increased from 2009 to 2012. All of these results can help us to know population dynamics and activity patterns of wild boar, and then we might manage to take effective measures to reduce kinds of damage.

**Key words:** Behavior; Infrared camera; Relative abundance; Wild boar

野猪 (*Sus scrofa*) 种群数量增长快, 其危害已成为一个社会关注的问题, 主要表现在对庄稼 (尤其对玉米) 的破坏 (Herrero *et al.*, 2006)。在地中海的一些区域, 野猪数量剧增, 对当地的葡萄园造成了巨大损失, 从 1978 年到 1997 年的 20 年间, 损失增长了 3 倍, 约 46 万欧元 (Calenge *et al.*, 2004)。Kristiansson (1985) 认为这种破坏大部分是因践踏造成, 因取食造成的损失只有 5%–10%。为有效地减少损失, 国内学者通过散布东北虎粪便、放置东北虎图像、播放东北虎声音的方法对野猪危害进行防治 (张丹和刘丙万, 2012)。

针对野猪危害, 主要采用问卷调查或访谈的方式进行, 并针对性地给出一些防护建议。如余海慧等 (2009) 对辽宁省东部山区野猪危害农作物实际情况进行问卷调查, 分析了造成危害的原因, 并提出调整作物结构、适度捕杀等防治措施。建议对野猪数量过多, 危害农作物, 应适量捕杀、总量控制 (陶亮, 2005)。开展野猪行为学、生态学等方面的研究, 可为野猪资源的保护和利用提供科学依据 (吴诗宝等, 2000)。而动物行为是在个体层次上对外界环境的变化和内在生理状况的改变而做出的整体性反应 (尚玉昌, 2014), 因此通过研究动物的行为活动规律能够明白动物个体与环境之间的关系, 从而达到预期防治、有效控制的目的。

红外相机技术用于记录动物的活动已有近半个世纪的历史 (Gysel and Davis, 1956; Cutler and Swann, 1999; Swann *et al.*, 2004), 在 20 世纪 90 年代逐渐发展成熟, 广泛用于生态学、种群评估、行为生态学、兽类资源调查以及动物损害、动物种群数量和密度的研究等领域 (Carthew and Slater, 1991; Harris, 1995; Martorello *et al.*, 2001; Karanth *et al.*, 2004)。我国使用红外相机技术进行相关研

究的工作起步较晚, 国内研究者利用红外相机记录野生动物的活动模式 (裴家骥, 1998), 探测野生动物的多样性 (马世来和何理来, 1996; 肖诗白, 2009; Li *et al.*, 2010), 或者记录特定的野生动物, 如东北虎 (*Panthera tigris altaica*) (李志兴, 2004; 李冰等, 2008)、大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) (卢学理等, 2005; 何佰锁等, 2009)、雪豹 (*Uncia uncia*) (马鸣等, 2006; 马鸣和徐峰, 2006) 及华南虎 (*Panthera tigris amoyensis*) (黄祥云等, 2003, 2004) 等, 这些研究调查时间短 (卢学理等, 2005; 肖诗白, 2009; 何佰锁等, 2009), 获取的动物照片数量相对较少。

目前, 利用红外相机技术研究野猪的活动模式还鲜有报道。为此, 本研究利用 2009–2012 年的红外相机监测数据来探讨秦岭野猪的行为类别及活动规律, 摸索基于红外相机技术来防治野猪危害的可行性。

## 1 研究方法

### 1.1 研究地点

本研究在位于陕西秦岭山脉中段的陕西观音山自然保护区进行。该保护区东和陕西天华山自然保护区相接, 西与佛坪国家级自然保护区相邻, 北同周至国家级自然保护区毗邻, 南与拟建的佛坪娘娘山自然保护区接壤。地理坐标为东经 107°51′–108°01′, 北纬 33°35′–33°45′。年平均气温 11.5℃, 极端最高气温 36.4℃, 极端最低气温 -14.3℃; 年降水量 922.8 mm。植被类型主要有落叶阔叶林、针阔混交林和针叶林。

### 1.2 设备安装维护及数据收集

考虑到资金、人员、森林情况等条件的限制, 红外相机安装地点主要集中于观音山自然保护区两

个小区域，即凉风垭小区（保护区中高海拔区域）和西沟小区（保护区低海拔区域）（表 1）。2009 年 7 月，18 台红外相机分别被安装于选定的 18 个固定样点。固定样点选择原则主要包括：（1）长期监测的植被恢复样地；（2）动物通道；（3）明显发现动物活动痕迹的地方（如粪便、足迹、

卧迹等）。在具体进行相机安装时，安装位点的海拔为 2 100 m 和 1 700 m。本研究选用两种不同的红外相机（型号分别是 Cuddeback™ 和 Reconyx™），基于相机电量和工作条件的考虑，每 3 个月收集一次相片数据。从 2009 年 8 月初到 2013 年 4 月共收集到 1 195 张野猪照片。

表 1 陕西观音山自然保护区安装红外相机的两个小区域的特征  
Table 1 Characteristics of two areas installed infrared cameras in Guanyinshan Nature Reserve

	海拔 Elevation (m)	坡度 Slope (°)	坡向 Aspect (°)	优势植被 Dominant vegetation
凉风垭小区 Liangfengya area	1 600 - 2 500	0 - 55	0 - 360	针阔混交林 Mixed conifer-broadleaf forest
西沟小区 Xigou area	1 200 - 2 300	0 - 65	0 - 360	落叶阔叶林 Deciduous broadleaf forest

### 1.3 数据处理方法

#### 1.3.1 野猪行为分析方法

基于所获得的野猪照片，参考《动物行为学》（尚玉昌，2014）分类方法，定义了 9 种行为，即站立、走动、跑动、采食、饮水、修饰、发情、拱土和坐着休息（表 2）。然后对所获得的 1 195 张野猪相片逐一鉴别归类，统计各种行为在每个季节出现的比例及在全年中的比例。统计工作在 Excel 软件中进行。

#### 1.3.2 月相对丰富度计算方法和年活动规律分析

为了进行丰富度分析，首先对所获得野猪照片进行选择处理，去除同一时段内拍摄的重复照片，获得非重复野猪照片 385 张。基于 Kawanishi 等（1999）使用的相对丰富度的公式进行变换，然后按月统计数据记录，计算月相对丰富度指数（Monthly relative abundance index, MRAI），探讨保护区野猪的年活动规律（武鹏峰等，2012；Liu *et al.*, 2013）。见公式（1）。

$$MRAI = \frac{1}{n} \times \sum_{k=1}^n \frac{N_{km}}{N_k} \times 100 \quad (1)$$

其中， $N_{km}$  表示第  $k$  台红外相机第  $m$  月的相片数； $N_k$  表示第  $k$  台红外相机相片总数； $n$  表示参与运算的红外相机的台数。

#### 1.3.3 时间段相对丰富度计算方法及日活动规律分析

利用非重复野猪照片 385 张，以每 2 h 为时间段，计算时间段相对丰富度指数（Time-period relative abundance index, TRAI）（武鹏峰等，2012；

Liu *et al.*, 2013），具体计算见公式（2）、（3），并根据计算结果做出野猪的日活动规律图。

$$TRAI = \frac{N_t}{N} \times 100 \quad (2)$$

$$TRAI_j = \frac{N_{jt}}{N_j} \times 100 \quad (3)$$

其中， $TRAI_j$  表示每个季节（ $j=1 \dots 4$ ）的时间段相对丰富度指数； $j$  代表 4 个季节（ $j=1$  春季， $j=2$  夏季， $j=3$  秋季， $j=4$  冬季）； $N_t$  代表野猪在第  $t$  时间段（ $t=1 \dots 12$ ）出现的相片数； $N_{jt}$  表示每个季节野猪在第  $t$  时间段出现的相片数； $N$  代表非重复野猪相片总数（ $N=385$ ）； $N_j$  表示每个季节的野猪相片数（ $N_1 + N_2 + N_3 + N_4 = N$ ）。

#### 1.3.4 野猪种群密度的年际变化

本研究中使用一个相对简单的方法来估测野猪的种群密度（ $D$ ）（Liu *et al.*, 2013）。采用 2009 年 8 月至 2012 年 7 月的非重复照片 281 张估测各个年度的野猪密度，计算中使用公式（4）：

$$D_i = \frac{\sum_{k=1}^{nt} \frac{N_{ik}}{S_k \times T_{ik}}}{nt} \quad (4)$$

其中， $D_i$  代表第  $i$  年（ $i=1 \dots 3$ ）野猪的年际种群平均密度（头/ $\text{km}^2$ ）； $N_{ik}$  代表第  $i$  年第  $k$  台红外相机所拍摄的野猪总数； $S_k$  代表第  $k$  台红外相机所拍摄的范围，本文中红外相机拍摄范围存在两种情况，即 50 m × 50 m 或者 30 m × 30 m。 $T_{ik}$  代表第  $i$  年第  $k$  台红外相机的监测时间； $nt$  表示参与运算的红外相机数量。

表2 秦岭的野猪行为类别及其定义  
Table 2 Wild bores' behavioral categories and their definitions in the Qinling Mountains

行为 Behavior	描述 Description	行为 Behavior	描述 Description
站立 Standing 	四肢直立同时支持体重，并表现安静，没有表现出定义中的其它行为 Standing on all four limbs, keeping quiet and not showing any other behavior listed below	修饰 Preening 	通过树干等物体来摩擦自己身体 Rubbing the body or leaning against tree trunk
走动 Walking 	通过腿的运动正常行走，且没有表现出定义中的其它行为 Walking, legs moving and not showing any other behavior listed	发情 Rutting 	追逐异性个体，嗅闻异性的外阴部 Chasing and smelling individuals of the opposite sex
跑动 Running 	后腿呈登跃状态，身体出现位置移动 Displaying hind leg leaping and having a little movement	拱土 Rooting 	通过吻部针对地面的挖掘运动 Excavating the ground with the snout
采食 Feeding 	在吃食，或嘴部位于食物旁边，头在背部水平线之下 Eating, or the mouth being close to food, and the head beneath the level of the back	坐着休息 Sitting and resting 	身体不被四肢支撑，后肢着地，前腿支撑，暂停活动，以恢复精神体力 Not propping up the body with the four limbs. Stop acting to recover
饮水 Drinking 	正在喝水、吃雪，或者嘴部接近水或雪 Drinking, eating snow or the mouth being close to water or snow		

## 2 结果

### 2.1 野猪行为

春季野猪以走动、采食和站立为主，分别占总行为次数的 36%、25.6% 和 17.4% (图 1a)；夏季以走动、站立、采食和跑动为主，分别占总行为次数的 35.7%、23.6%、17.0% 和 16.5% (图 1b)；秋季以采食、走动和发情为主，分别占总行为次数

的 50.3%、19.3% 和 17.8% (图 1c)；冬季以采食、走动和站立为主，分别占总行为次数的 53.7%、26.7% 和 11.9% (图 1d)。从全年来看，野猪的行为大多以采食、走动和站立为主，分别占总行为次数的 44.4%、25.1% 和 11.4% (图 1e)。而且发情行为只发生在秋季，其它季节都没有监测到。

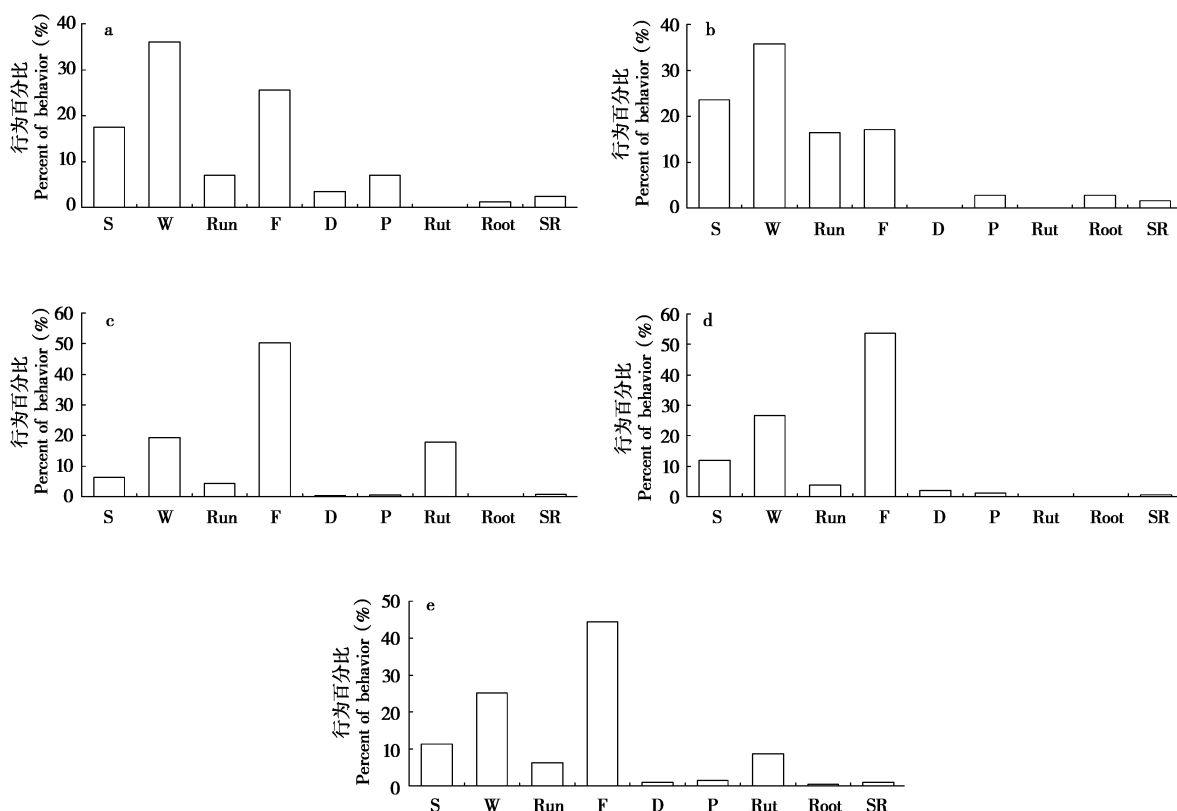


图1 陕西观音山自然保护区红外相机监测到的野猪在四季的行为和全年总行为 . a: 春季; b: 夏季; c: 秋季; d: 冬季; e: 全年 . S: 站立; W: 走动; Run: 跑动; F: 采食; D: 饮水; P: 修饰; Rut: 发情; Root: 拱土; SR: 坐着休息

Fig. 1 Behaviour of *Sus scrofa* in four seasons (a-spring, b-summer, c-autumn, d-winter) and full year (e) detected by infrared cameras in Guanyinshan Nature Reserve, Shaanxi. S: Standing; W: Walking; Run: Running; F: Feeding; D: Drinking; P: Preening; Rut: Rutting; Root: Rooting; SR: Sitting and resting

## 2.2 野猪月相对丰富度和年活动规律

1-6月野猪的月相对丰富度 (MRAI) 值都较低, 约为 5.0%, 7-12月 MRAI 值上升, 有4个月的 MRAI 值达到 10.0%。8月和9月的 MRAI 值分别为 13.0% 和 12.7%, 表明野猪在这两个月活动较为频繁, 3月 MRAI 值最低, 活动较少 (图2)。

## 2.3 野猪时间段相对丰富度和日活动规律

春季, 野猪活动高峰出现在 14:00-16:00, 时间段相对丰富度 (TRAJ) 值为 28.6%, 是四季中最大值; 冬季在 16:00-18:00; 而夏季和秋季活动高峰都集中于 10:00-12:00。从全年来看, 野猪活动高峰出现在 14:00-16:00, 低谷出现在 22:00-04:00; 野猪在 10:00-20:00 这段时间 TRAJ 值都大于 10.0%, 表明野猪以白天活动为主 (图3)。

## 2.4 野猪种群丰富度的年际变化

在 2009.8-2010.7、2010.8-2011.7、2011.8

-2012.7 3 个年度中, 观音山自然保护区野猪种群密度呈逐年上升趋势 (图4)。

## 3 讨论

动物行为 (包括起源、发展与现存生态条件的关系) 是行为生态学研究的重要内容 (张君和胡锦涛, 2003)。野生动物行为变化规律与其能量的获得和保存密切联系 (Belovsky and Slade, 1986)。本研究定义了野猪的9种行为, 在各个季节各种行为所占比例不同, 而且主导行为也不一致, 监测结果显示野猪秋季发情, 这与王京仁等 (2002) 对野猪发情的描述一致。Owen-Smith (1979) 认为动物各种行为之间的转换可以看作是对食物数量和质量变化的一种适应。

红外相机监测技术能够提供清晰的图片数据, 对研究动物行为非常有利 (裴家骥, 1998), 但在数据处理方面还不太成熟, 相关文献较少。如章书

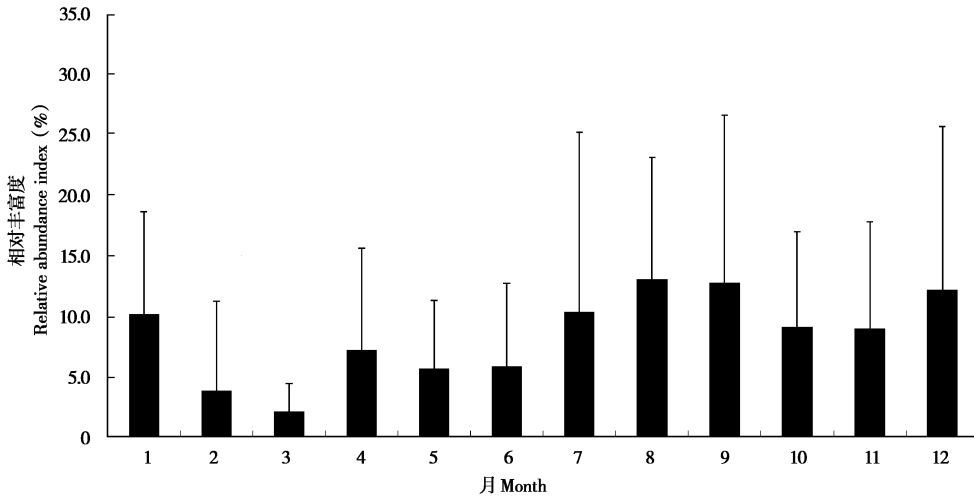


图2 陕西观音山自然保护区红外相机监测到的野猪的月相对丰富度 (MRAI)  
Fig. 2 MRAI of *Sus scrofa* detected by infrared cameras in Guanyinshan Nature Reserve, Shaanxi

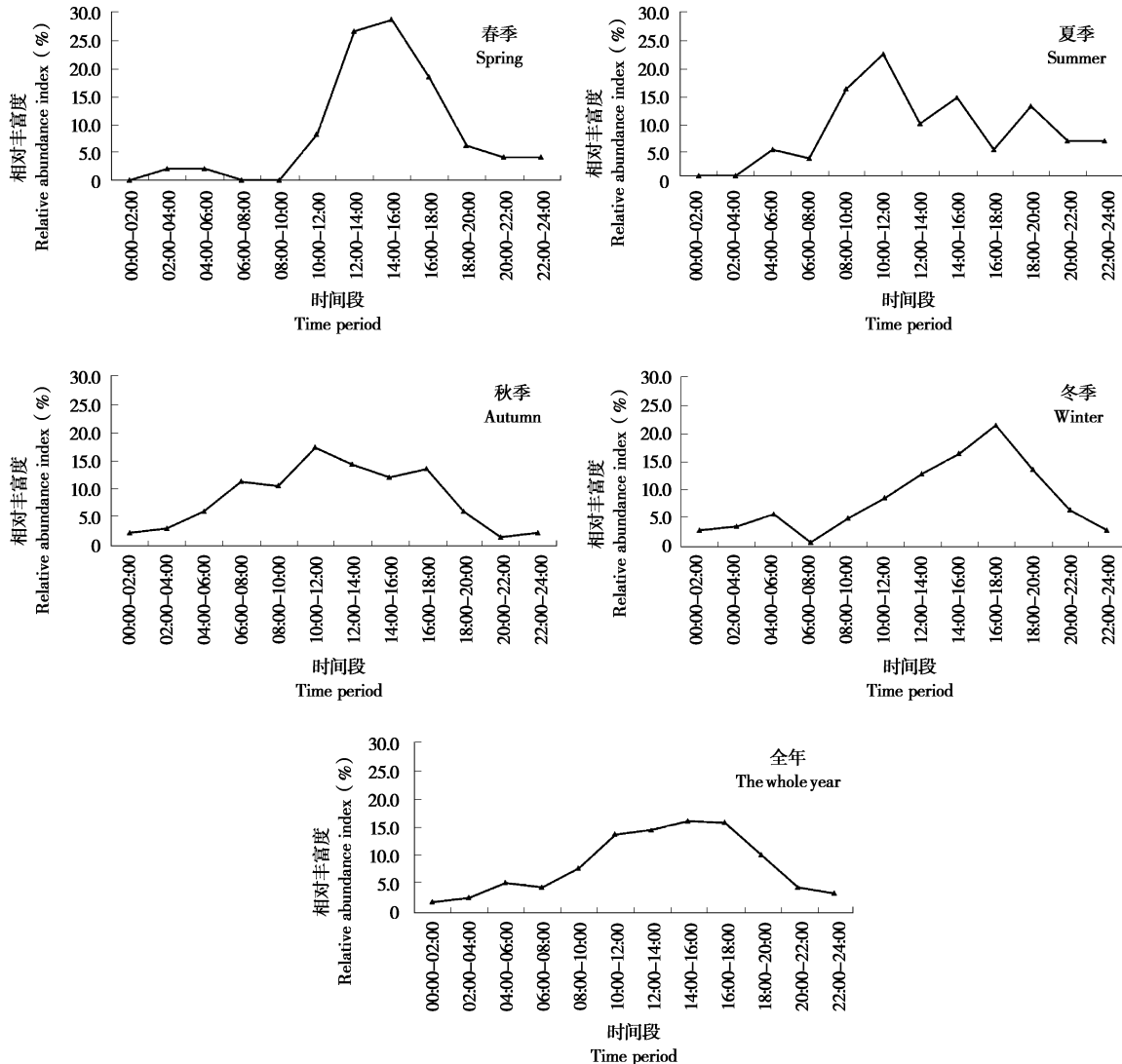


图3 陕西观音山自然保护区红外相机监测到的野猪时间段相对丰富度 (TRAI)  
Fig. 3 TRAI of *Sus scrofa* detected by infrared camera in Guanyinshan Nature Reserve, Shaanxi

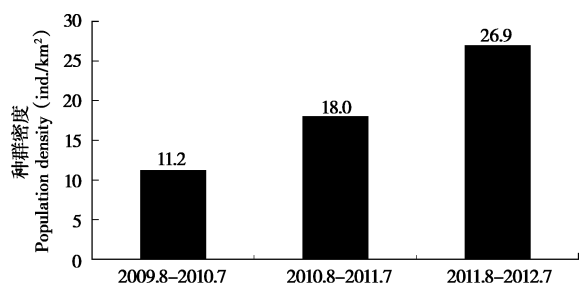


图4 陕西观音山自然保护区野猪种群密度估测年际变化

Fig. 4 The annual change of estimates of population density of wild boar in Guanyinshan Nature Reserve, Shaanxi

声等 (2012) 通过计算日活动差异指数、昼行性指数、季节性活动强度指数分析黑麂 (*Muntiacus crinifrons*) 活动节律的年际变化。吴洪潘等 (2014) 统计了单张有效照片中野驴的平均数量, 指出蒙古野驴 (*Fquus hemionus*) 在水源地具有稳定的日活动节律, 时间分配上呈典型的“U”型。刘冬志等 (2015) 使用日活动强度差异指数、夜行性指数等讨论了蒙新河狸 (*Caster fiber birulai*) 的日活动强度和夜行性。本研究在讨论年活动规律时, 引入了月相对丰富度 (MRI) 的概念, 在分析日活动规律时, 使用了时间段相对丰富度 (TRAI)。结果表明, 野猪在 8 月和 9 月活动频繁; 在一天中的 10:00 - 20:00 TRAI 都大于 10.0%, 野猪以白天活动为主。Russo 等 (1997) 研究了意大利 Maremma 自然公园 17 只佩戴无线电颈圈野猪的活动规律, 指出野猪晚上活动频率高于白天。这个结论与本文结果略有差异, 可能是由于人为干扰而导致的活动节律改变。当外部干扰较轻且短暂时, 野猪白天的活动会适当增加 (Keuling *et al.*, 2008)。张静等 (2007) 对小兴安岭南坡利用无线电遥测技术监测的野猪活动规律与本文结果基本一致。宋玉成等 (2009) 认为昼夜更替是行为活动节律的决定因素, 遗传、食物、能量、性别、繁殖状况、社群、种间竞争以及天气状况等属于主导因素, 所以通过研究野猪的活动节律可以促进对其行为与环境关系的研究。

许多学者曾使用不同方法估测过野猪种群密度, 结果不太一致。吴玥 (2005) 发现吉林琿春自然保护区红松 - 云杉 - 阔叶混交林和蒙古栎 - 桦树阔叶林中野猪种群密度在 2003 年分别为 0.03 头/km<sup>2</sup> 和 0.04 头/km<sup>2</sup>; 吴诗宝等 (2000) 采

用实体记数以及分析确认野猪留下的足迹、粪便、未消化的植物籽粒的方法, 认为广东大雾岭保护区内 1998 年野猪密度约为 4.87 - 5.15 头/km<sup>2</sup>; 2004 - 2006 年 Hebeisen 等就利用标志重捕法调查瑞士日内瓦野猪数量和种群密度, 参与调查的两名研究者对野猪平均密度的估测分别为 (10.6 ± 0.8) 头/km<sup>2</sup> 和 (10.0 ± 0.6) 头/km<sup>2</sup> (Hebeisen *et al.*, 2008)。本研究尝试使用红外相机数据来近似计算野猪的种群密度。因为野猪较难进行个体识别, 不能使用“捕获 - 再捕获模型” (Karanth and Nichols, 1998; Jackson *et al.*, 2006; Heilbrun *et al.*, 2006)。考虑到相机的数量和布设位置的限制, 本文中计算的种群密度为红外相机拍摄区域的相对丰富度, 因为没有识别野猪个体而被重复计算, 使结果偏大。但还是能够从整体上反映出一种趋势, 从监测结果来看, 保护区内野猪密度出现了逐年递增的趋势, 对当地居民的日常活动造成了较严重的影响。笔者曾于 2010 年对当地居民做了社区调查, 居民反映野猪数量明显增加, 对庄稼的破坏力更加严重。在陕西西南的宁强县汉源村, 由于野猪的危害, 每年要损失近万斤粮食 (潘京和张东平, 2002)。

在野外工作条件下, 考虑到大风、雨雪等自然状况可能会暂时影响相机的工作, 但从 18 台相机 45 个月的监测结果来看, 这种影响较小。计算月相对丰富度的公式, 与武鹏峰等 (2012) 所使用的公式略有不同, 主要是考虑到参与运算的红外相机数量, 而不是使用了整体的 18 台, 因为在 45 个月的监测中, 由于自然或者人为因素而导致部分相机不能有效工作, 为了使结果更加准确, 对计算公式进行了修改。

本研究基于红外相机监测数据, 分析了野猪 9 种行为出现的季节性特征, 讨论了野猪的年和日活动规律, 估测了观音山自然保护区野猪密度的年际变化。在野猪频繁活动的季节、月份、时间段, 采取有效防治措施, 能够取得更好的效果。所模拟得到的野猪种群密度呈现逐年增加的趋势应该得到重视, 采取合适的管理措施, 以避免农民和农业受到更多的影响。

#### 参考文献:

Belovsky G E, Slade J B. 1986. Time budgets of grassland herbivores: body size similarities. *Oecologia* (Berlin), **70**: 53 - 62.

- Calenge C, Maillard D, Fournier P, Fouque C. 2004. Efficiency of spreading maize in the garrigues to reduce wild boar (*Sus scrofa*) damage to Mediterranean vineyards. *European Journal of Wildlife Research*, **50**: 112–120.
- Carthew S M, Slater E. 1991. Monitoring animal activity with automated photography. *The Journal of Wildlife Management*, **55**: 689–692.
- Cutler T L, Swann D E. 1999. Using remote photography in wildlife ecology: a review. *Wildlife Society Bulletin*, **27**: 571–581.
- Gysel L W, Davis E M. 1956. A simple automatic photographic unit for wildlife research. *Journal of Wildlife Management*, **20**: 451–453.
- Harris P J. 1995. The role of trap cameras in catch per unit effort calculations for species of the South Atlantic bight snapper–grouper complex. *Fisheries Research*, **22**: 1–9.
- Hebeisen C, Fattebert J, Baubet E, Fisher C. 2008. Estimating wild boar (*Sus scrofa*) abundance and density using capture-resights in Canton of Geneva, Switzerland. *European Journal of Wildlife Research*, **54** (3): 391–401.
- Heilbrun R D, Silvy N J, Peterson M J, Tewes M E. 2006. Estimating bobcat abundance using automatically triggered cameras. *Wildlife Society Bulletin*, **34** (1): 69–73.
- Herrero J, Garcia-Serrano A, Couto S, Ortuno V M, Garcia-González R. 2006. Diet of wild boar *Sus scrofa* L. and crop damage in an intensive agroecosystem. *European Journal of Wildlife Research*, **52** (4): 245–250.
- Huang X Y, Hu D F, Liu W S, Muntifering J. 2003. Field survey on South China tigers and their habitat evaluation in Yihuang Provincial Reserve in Jiangxi Province. *Journal of Beijing Forestry University*, **25** (4): 54–58. (in Chinese)
- Huang X Y, Hu D F, Tang X P, Wang Z C, Liu W S. 2004. Field survey of south China tigers and their habitat evaluation in Hupingshan National Reserve. *Journal of Zhejiang Forestry College*, **21** (2): 180–184. (in Chinese)
- He B S, Yuan Z H, Zhang X M, Li X Z, Li J. 2009. Infrared triggered camera-trap survey technique and monitoring. *Science Journal of Northwest University (Online)*, **7**: 1–5. (in Chinese)
- Jackson R M, Roe J D, Wangchuk R, Hunter D O. 2006. Estimating snow leopard population abundance using photography and capture-recapture techniques. *Wildlife Society Bulletin*, **34**: 772–781.
- Karanth K U, Nichols J D. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology*, **79**: 2852–2862.
- Karanth K U, Chundawat R S, Nichols J D, Kumar N. 2004. Estimation of tiger densities in the tropical dry forests of Panna, Central India, using photographic capture-recapture sampling. *Animal Conservation*, **7** (3): 285–290.
- Kawanishi K, Sahak A M, Sunquist M. 1999. Preliminary analysis on abundance of large mammals at Sungai Relau, Taman Negara. *Journal of Wildlife and Parks*, **17**: 62–82.
- Keuling O, Stier N, Roth M. 2008. How does hunting influence activity and spatial usage in wild boar *Sus scrofa* L.? *European Journal of Wildlife Research*, **54**: 729–737.
- Kristiansson H. 1985. Crop damage by wild boars in Central Sweden, Brussels. Proceedings of the 17th Congress of the International Union of Game Biologists, 605–609.
- Li B, Zhang E D, Zhang Z H, Liu Y. 2008. Preliminary monitoring of Amur tiger population in Jilin Hunchun National Nature Reserve. *Acta Theriologica Sinica*, **28** (4): 333–341. (in Chinese)
- Li S, McShea W J, Wang D J, Shao L K, Gu X D. 2010. The use of infrared-triggered cameras for surveying phasianids in Sichuan Province, China. *IBIS*, **152**: 299–309.
- Li Z X. 2004. Hunchun National Nature Reserve: Amur tiger re-occurs. *Wildlife*, **25**: 34. (in Chinese)
- Liu D Z, Huang X W, Chu H J, Liu Y C, Zhang F, Chen G, Qi Y J. 2015. Activity rhythms of sino-mongolia beaver (*Caster fiber birulai*) measured with infrared camera traps in Xinjiang, China. *Arid Zone Research*, **32** (1): 205–211. (in Chinese)
- Liu X H, Wu P F, Songer M, Cai Q, He X B, Zhu Y, Shao X M. 2013. Monitoring wildlife abundance and diversity with infra-red camera traps in Guanyinshan Nature Reserve of Shaanxi Province, China. *Ecological Indicators*, **33**: 121–128.
- Lu X L, Jiang Z G, Tang J R, Wang X J, Xiang D Q, Zhang J P. 2005. Auto-trigger camera traps for studying giant panda and its sympatric wildlife species. *Acta Zoologica Sinica*, **51**: 495–500. (in Chinese)
- Ma M, Xu F, Chundawat R S, Jumabay K, Wu Y Q, Ai Z Z, Zhu M H. 2006. Camera trapping of snow leopards for the photo capture rate and population size in the Muzat Valley of Tianshan Mountains. *Acta Zoologica Sinica*, **52**: 788–793. (in Chinese)
- Ma M, Xu F. 2006. Successful camera trapping on snow leopard in the Muzat Vally, Tomur Feng Nature Reserve, P. R. China. *Arid Land Geography*, **29**: 307–308. (in Chinese)
- Ma M, Xu F, Munkhtsog B, Wu Y Q, Mccarthy T, Mccarthy K. 2011. Monitoring of population density of snow leopard in Xinjiang. *Journal of Ecology and Rural Environment*, **27** (1): 79–83. (in Chinese)
- Ma S L, Harris R B. 1996. Use of remote camera system to document wildlife species in forested areas of Yunnan. *Zoological Research*, **17** (4): 360, 370. (in Chinese)



- Martorello D A, Eason T H, Pelton M R. 2001. A sighting technique using cameras to estimate population size of black bears. *Wildlife Society Bulletin*, **29**: 560 – 567.
- Owen-Smith N. 1979. Assessing the foraging efficiency of a large herbivore, the kudu. *South African Journal of Wildlife Research*, **9** (3/4): 102 – 110.
- Pei J Q. 1998. An evaluation of using auto-trigger cameras to record activity patterns of wild animals. *Taiwan Journal of Forest Science*, **13**: 317 – 324. (in Chinese)
- Russo L, Massei G, Genov P V. 1997. Daily home range and activity of wild boar in a Mediterranean area free from hunting. *Ethology Ecology & Evolution*, **9**: 287 – 294.
- Shang Y C. 2014. *Animal Ethology* (second edition). Beijing: Peking University Press. (in Chinese)
- Song Y C, Zhao H, Shi L. 2009. Daily activity rhythm and its affecting environmental factors of *Teratoscincus roborowskii*. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, **32** (1): 22 – 25. (in Chinese)
- Swann D E, Hass C C, Dalton D C, Wolf S A. 2004. Infrared triggered cameras for detecting wildlife: an evaluation and review. *Wildlife Society Bulletin*, **32**: 357 – 365.
- Tao L. 2005. Discussion about protecting and hunting of wild boar in mountain areas in Anhui Province. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, **33** (7): 1347, 1356. (in Chinese)
- Wang J R, Li S H, Xia W F, Wang W B, Han Q, Li W J. 2002. Biological characters and taming of wild pig. *Journal of Economic Animal*, **6** (3): 52 – 54. (in Chinese)
- Wu H P, Chu H J, Wang Y, Ma J W, Ge Y, Bu L. 2014. Monitoring activity rhythms of *Equus hemionus* at watering holes by camera traps in Mount Kalamaili Ungulate Nature Reserve, Xinjiang. *Biodiversity Science*, **22** (6): 752 – 757. (in Chinese)
- Wu P F, Liu X H, Cai Q, He X B, Songer M, Zhu Y, Shao X M. 2012. The application of infrared camera in mammal research in Guanyinshan Nature Reserve, Shaanxi. *Acta Theriologica Sinica*, **32** (1): 67 – 71. (in Chinese)
- Wu S B, Chen H, Cai X Q. 2000. Preliminary study on the population structures and reproductive habit in wild boar (*Sus scrofa*) in Dawuling Natural Reserve. *Acta Theriologica Sinica*, **20** (2): 151 – 156. (in Chinese)
- Xiao S B. 2009. Using infrared camera to record rainforest crisis. *Life World*, **2**: 66 – 69. (in Chinese)
- Yu H H, Wu J P, Fan Y Y. 2009. Survey on damages by wild boar in east Liaoning. *Chinese Journal of Wildlife*, **30** (3): 124 – 128. (in Chinese)
- Zhang D, Liu B W. 2012. Survey and control of wild boar *Sus scrofa* damage in Qingyun forest, Heilongjiang Province. *Chinese Journal of Wildlife*, **33** (2): 59 – 63. (in Chinese)
- Zhang J, Wang W, Zhang W, Liu H B. 2007. Activity patterns of wild boar in South Xiaoxing'an Mountains. *Chinese Journal of Zoology*, **42** (5): 90 – 93. (in Chinese)
- Zhang J, Hu J C. 2003. Development and progress of research on behavioral ecology in China. *Journal of China West Normal University (Natural Sciences)*, **24** (3): 325 – 329. (in Chinese)
- Zhang S S, Bao Y X, Wang Y N, Fang P F, Ye B. 2012. Activity rhythms of black muntjac (*Muntiacus crinifrons*) revealed with infrared camera. *Acta Theriologica Sinica*, **32** (4): 368 – 372. (in Chinese)
- 马世来, 何理来. 1996. 自动感应照相系统在野生动物调查中的应用. *动物学研究*, **17** (4): 360, 370.
- 马鸣, 徐峰, Chundawat R S, Jumabay K, 吴逸群, 艾则夜, 朱玛洪. 2006. 利用自动照相术获得天山雪豹拍摄率与个体数量. *动物学报*, **52**: 788 – 793.
- 马鸣, 徐峰. 2006. 利用红外自动照相技术首次拍摄到清晰雪豹照片——新疆木扎特谷雪豹冬季考察简报. *干旱区地理*, **29**: 307 – 308.
- 王京仁, 李淑红, 夏维福, 王文彬, 韩庆, 李文健. 2002. 野猪生物学特性及驯养方法. *经济动物学报*, **6** (3): 52 – 54.
- 卢学理, 蒋志刚, 唐继荣, 王学杰, 向定乾, 张建平. 2005. 自动感应照相系统在大熊猫以及同域分布的野生动物研究中的应用. *动物学报*, **51**: 495 – 500.
- 刘冬志, 黄效文, 初红军, 刘元超, 张帆, 陈刚, 戚英杰. 2015. 基于红外相机陷阱技术的蒙新河狸 (*Caster fiber birulai*) 活动节律. *干旱区研究*, **32** (1): 205 – 211.
- 李冰, 张恩迪, 张振华, 刘宇. 2008. 吉林珲春自然保护区东北虎种群的初步监测. *兽类学报*, **28** (4): 333 – 341.
- 李志兴. 2004. 珲春再现东北虎. *野生动物*, **25**: 34.
- 肖诗白. 2009. 红外相机记录雨林危机. *生命世界*, **2**: 66 – 69.
- 吴玥. 2005. 2003 – 2005 年冬季吉林珲春保护区有蹄类动物数量调查及生境利用分析. 华东师范大学硕士学位论文.
- 吴诗宝, 陈海, 蔡显强. 2000. 大雾岭保护区野猪种群数量、结构及繁殖习性的初步研究. *兽类学报*, **20** (2): 151 – 156.
- 吴洪潘, 初红军, 王渊, 马建伟, 葛炎, 布兰. 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.
- 何佰锁, 袁朝晖, 张希明, 李小枝, 李健. 2009. 红外线触发数码相机陷阱技术在大熊猫监测中的应用. *西北大学学报 (自然科学网络版)*, **7**: 1 – 5.
- 余海慧, 吴建平, 樊育英. 2009. 辽宁东部地区野猪危害调查. *野生动物杂志*, **30** (3): 124 – 128.

- 宋玉成, 赵蕙, 时磊. 2009. 吐鲁番沙虎的活动节律及其影响因素分析. 新疆农业大学学报, **32** (1): 22-25.
- 张丹, 刘丙万. 2012. 黑龙江青云林场野猪危害调查及防治. 野生动物, **33** (2): 59-63.
- 张君, 胡锦涛. 2003. 行为生态学在中国的研究与进展. 西华师范大学学报 (自然科学版), **24** (3): 325-329.
- 张静, 王文, 张伟, 刘海波. 2007. 小兴安岭南坡春季野猪活动规律. 动物学杂志, **42** (5): 90-93.
- 武鹏峰, 刘雪华, 蔡琼, 何祥博, Melissa Songer M, 朱云, 邵小明. 2012. 红外相机技术在陕西观音山自然保护区兽类监测研究中的应用. 兽类学报, **32** (1): 67-71.
- 尚玉昌. 2014. 动物行为学 (第二版). 北京: 北京大学出版社.
- 陶亮. 2005. 安徽省山区野猪的保护与捕猎探讨. 安徽农业科学, **33** (7): 1347, 1356.
- 黄祥云, 胡德夫, 刘伟石, Muntifering J. 2003. 宜黄自然保护区华南虎野生种群调查及栖息地评价. 北京林业大学学报, **25** (4): 54-58.
- 黄祥云, 胡德夫, 唐小平, 王志臣, 刘伟石. 2004. 壶瓶山自然保护区华南虎野外调查及栖息地评价. 浙江林学院学报, **21** (2): 180-184.
- 章书声, 鲍毅新, 王艳妮, 方平福, 叶彬. 2012. 基于红外相机技术的黑麂活动节律. 兽类学报, **32** (4): 368-372.
- 裴家骥. 1998. 利用自动照相设备记录野生动物活动模式之评估. 台湾林业科学, **13**: 317-324.
- 潘京, 张东平. 2002. 野猪闹秦岭. 中国社会导刊, **10**: 34-38.