

浙江清凉峰国家级自然保护区野猪空间分布及活动节律

谢培根¹ 胡娟¹ 李婷婷¹ 郭瑞² 许丽娟² 宋虢¹ 李佳琦^{3*} 徐爱春^{1*}

(1 中国计量大学生命科学学院, 杭州 310018) (2 浙江清凉峰国家级自然保护区管理局, 杭州 311300)

(3 生态环境部南京环境科学研究所, 南京 210042)

摘要: 为了解浙江清凉峰国家级自然保护区内野猪 (*Sus scrofa*) 的分布及活动节律, 2018年3月至2019年2月, 我们利用红外相机技术对其进行了网格化监测。在千顷塘和龙塘山区域总计布设109个红外相机监测点, 共计调查39 240个相机日。结果表明, 在千顷塘区域, 野猪倾向于在落叶阔叶林 (拍摄率 5.33 ± 5.64) 和针阔混交林 (3.75 ± 3.46) 活动, 而在龙塘山区域, 则倾向于针阔混交林 (4.32 ± 5.21); 千顷塘与龙塘山区域野猪各月间的日活动差异指数 α 均存在极显著差异 ($P < 0.01$), 冬季的 α 值高于其他季节; 昼行性指数 β 的平均值分别为0.870和0.768, 显著高于理论值13/24 ($P < 0.01$), 表明清凉峰的野猪种群具有明显的昼行性特征, 且在冬季的活动时间分配较之其他季节更不均匀。通过核密度估计法分析不同季节野猪的日活动节律发现, 保护区内野猪春季有晨昏两个活动高峰 (08:00—10:00、17:00—19:00), 冬季活动高峰出现在午后 (13:00—17:00), 其他季节无明显活动高峰。本研究有助于加深对野猪华南亚种生态习性的认知, 为保护区的野生动物管理工作提供科学依据。

关键词: 空间分布; 活动节律; 红外相机; 清凉峰国家级自然保护区; 野猪

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050 (2022) 02-0168-09

Distribution and activity patterns of wild boar (*Sus scrofa*) in the Qingliangfeng National Nature Reserve, Zhejiang Province

XIE Peigen¹, HU Juan¹, LI Tingting¹, GUO Rui², XU Lijuan², SONG Xiao¹, LI Jiaqi^{3*}, XU Aichun^{1*}

(1 College of Life Sciences, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China)

(2 Administrative Bureau of Zhejiang Qingliangfeng National Nature Reserve, Hangzhou 311300, China)

(3 Nanjing Institute of Environmental Science, Ministry of Ecology and Environment, Nanjing 210042, China)

Abstract: To study the distribution and activity patterns of wild boar (*Sus scrofa*), a grid-type infrared camera method was employed in the Qingliangfeng National Nature Reserve in Zhejiang Province. From March 2018 to February 2019, a total of 109 cameras were deployed in Qianqingtang and Longtangshan areas of the reserve, with a total monitoring time of 39 240 camera-days. Wild boar tended to select deciduous broad-leaved forest (capture rate = 5.33 ± 5.64) and coniferous broad-leaved mixed forest (3.75 ± 3.46) in Qianqingtang, while in Longtangshan, it selected mainly coniferous broad-leaved mixed forest (4.32 ± 5.21). There was a significant difference ($P < 0.01$) in daily-discrepancy index α in different months, and the average value of α in winter was significantly higher than that in the other seasons. In addition, the average value of diurnal-nocturnal index β was 0.870 in Qianqingtang and 0.768 in Longtangshan, which are significantly higher than the theoretical value of 13/24 ($P < 0.01$). These results indicated that the wild boar is a diurnal animal and its activity pattern in winter is not consistent with the other seasons. The Kernel density estimation showed that the daily activity patterns of wild boar varied among seasons with two apparent activity peaks in the morning (08:00–10:00) and dusk (17:00–19:00) in spring, one apparent peak in winter afternoon (13:00–17:00), and no obvious peak in the other seasons. This study will help to deepen the understanding of the ecological habits of wild boar and contribute to the wildlife management in the reserve.

基金项目: 浙江省珍稀濒危野生动植物抢救保护工程 (2017–2020, 03106181120); 生态环境部生物多样性调查、观测与评估项目; 浙江省野猪专项抽样本底调查项目

作者简介: 谢培根 (1995–), 男, 硕士研究生, 主要从事动物生态与保护学研究。

收稿日期: 2021-02-15; **接受日期:** 2021-12-14

* 通讯作者, Corresponding authors, E-mail: springlover@cjlu.edu.cn; lijiaqi@163.com

Key words: Spatial distribution; Activity pattern; Infrared camera; Qingliangfeng National Nature Reserve; Wild boar (*Sus scrofa*)

动物的空间分布和活动节律是长期适应自然的结果, 由诸多外在和内在因素决定, 是重要的生态与行为特征 (Kay *et al.*, 2017; 颜文博等, 2019)。动物的空间分布受许多因素影响, 如植被是野生动物赖以生存的栖息环境和食物来源, 不同植被类型内的动物群落组成及其生态学特点各不相同; 不同海拔存在不同的气候生物带, 影响着野生动物物种的分布 (张跃等, 2012), 并随着这些因素的变化而发生改变 (Freifeld, 1999; 张国钢等, 2003)。日活动节律是野生动物在一天中的活动强度和变换规律 (孙儒泳, 2001; 石江艳等, 2020), 动物的活动峰型受日出日落的时间变化而提前或推迟, 而昼夜长度和日出日落时间存在明显的季节性变化 (陈立军等, 2019)。理解物种与其栖息地的关系及影响物种分布的因素, 探讨不同环境条件下野生动物的行为适应策略, 是生态学、生物地理学和保护生物学领域有待深入研究的重要科学问题, 是自然保护区选择与设计的重要依据 (尚玉昌, 2006; Sexton *et al.*, 2009; Wiens, 2011)。

野猪 (*Sus scrofa*) 属偶蹄目 (Artiodactyla) 猪科 (Suidae) 猪属 (*Sus*), 中国有 7 个亚种 (赵国静等, 2019), 分布于全国各地 (Smith and Xie, 2010)。野猪为杂食性动物, 成体体重 80 ~ 100 kg, 以 4 ~ 10 头集群活动为主 (冯小鹿, 2010)。目前在野猪的种群数量、结构及繁殖习性 (吴诗宝等, 2000)、食性 (Lynes and Campbell, 2000)、行为与丰富度 (王长平等, 2015)、栖息地选择 (鲁庆彬等, 2007; 滕丽微等, 2007) 和栖息地特征分析 (周绍春等, 2010) 等方面有研究, 但对野猪的活动规律与空间分布研究相对较少。已有的少量研究关注川陕亚种 (*S. s. moupinensis*) 与东北亚种 (*S. s. ussuricus*), 其分布区的气候、地貌和植被与中国南方差异较大, 无法完全代表广泛分布在华东和华南地区的华南亚种 (*S. s. chirodonticus*) 种群。近年来, 由于野猪种群增长较快, 人与野猪冲突的情况时有发生 (李伟斌等, 2018); 同时, 野猪还是多种病毒的携带者, 2018 年我国爆发了非洲猪瘟疫情, 并在野猪和家猪间传播 (唐冬艳等, 2019), 所以亟需掌握华南亚种野猪的分布及活动节律。

红外相机技术 (camera-trapping) 因装置隐蔽和能够持续工作的特点使其十分适于探测活动隐秘、数量稀少的动物 (李晟等, 2014), 为野生动物的活动规律、空间分布和栖息地利用等研究提供了可靠的手段 (程建祥等, 2018; 任鹏等, 2019)。本研究在浙江清凉峰国家级自然保护区利用红外相机技术对野猪开展监测, 以期掌握其分布及活动节律, 为保护区对野猪资源的管理提供科学依据。

1 研究方法

1.1 研究区域概况

浙江清凉峰国家级自然保护区 (北纬 30°00'42" ~ 30°19'33", 东经 118°50'57" ~ 119°13'23") 位于浙江省西北部, 地处浙江省临安市境内, 坐落在天目山脉, 总面积 112.52 km², 是杭州市及长三角地区重要的生态屏障, 最高峰为清凉峰 (海拔 1 787.4 m)。本区域为浙西北地势最高的山地丘陵区, 海拔 315 ~ 1 787.4 m, 地质地貌结构复杂, 气候温暖湿润, 光照充足, 春季 (3—5 月)、夏季 (6—8 月)、秋季 (9—11 月)、冬季 (12—2 月) (鲁庆彬等, 2007), 四季分明, 中亚热带季风气候特征明显。降雨量充沛, 年平均降水量约 1 500 ~ 2 000 mm, 湿度相对较大。气温随海拔高度和季节变化较大, 年平均气温 11.7°C ~ 12.5°C。

清凉峰国家级自然保护区由千顷塘野生华南梅花鹿 (*Cervus nippon kopschi*) 保护区 (56.90 km²)、龙塘山森林生态系统保护区 (44.82 km²) 和顺溪坞珍稀濒危植物保护区 (10.80 km²) 组成 (图 1)。

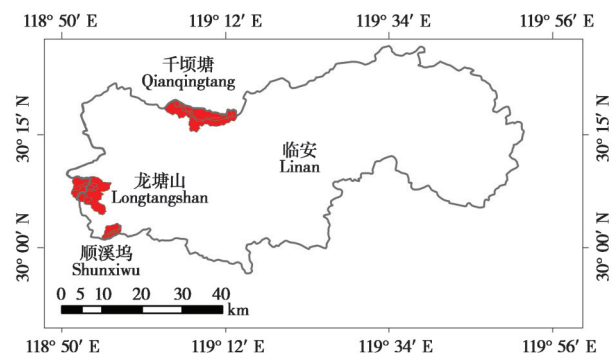


图 1 浙江清凉峰国家级自然保护区地理位置

Fig. 1 Geographical location map of Qingliangfeng National Nature Reserve in Zhejiang Province

千顷塘野生华南梅花鹿保护区(北纬30°15′~30°20′, 东经119°03′~119°13′)呈东西延伸长条形, 主要由海拔1 000 m左右的山峰构成, 坡度相对平缓, 沟谷宽且浅。龙塘山森林生态系统保护区(北纬30°04′~30°10′, 东经118°50′~118°57′)地形西高东低, 西部多为海拔1 000 m以上的陡峻山体, 东部逐渐过渡为低山丘陵地带。顺溪坞珍稀濒危植物保护区域占清凉峰保护区面积不足10%, 因此本研究不覆盖。两个保护区红外相机放置位点的植被类型包括落叶阔叶林、常绿阔叶林、针叶林、针阔混交林、灌木林5种, 基本涵盖调查区域的主要植被类型。

1.2 红外相机布设

2018年3月至2019年2月, 采用公里网格法(施小刚等, 2017)进行监测位点预设, 根据GIS

栅格地图在千顷塘和龙塘山区域划分1 km × 1 km的调查单元格, 并对其编号(图2)。在单元格中心点50 m × 50 m范围内选择野猪可能经过的位置安放红外相机, 相机捆绑高度40~80 cm。相机布设密度为每单元格1台。相机型号为猎科Ltl-6210, 拍摄参数设置为连拍2张, 拍摄间隔5 s, 中灵敏度, 调查人员于2018年5月、11月及2019年5月进行储存卡回收及数据收集。其中千顷塘区域设置58个网格, 共布设57台红外相机, 海拔最低为第45号网格位点, 最高为第15号网格位点, 海拔梯度614~1 259 m; 龙塘山区域设置59个网格, 共布设54台红外相机, 海拔最低为第56号网格位点(463 m), 最高为第9号网格位点(1 677 m), 海拔梯度变化达到1 214 m。

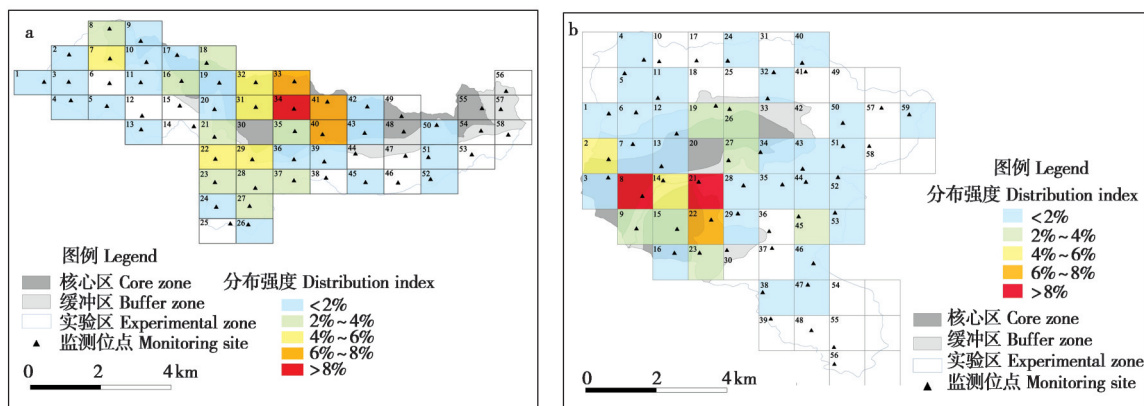


图2 清凉峰千顷塘(a)和龙塘山(b)区域野猪监测位点和分布

Fig. 2 Monitoring sites and distribution of wild boar in Qianqingtang (a) and Longtangshan (b) Qingliangfeng National Nature Reserve

1.3 数据处理

1.3.1 野猪的空间分布

由于动物个体在觅食或行走过程中会持续触发红外相机连续拍摄多张照片, 为避免重复计算, 把同一台相机30 min内拍摄的同一物种的照片或视频记为一张独立照片(independent photograph)(Michalski and Peres, 2007; 郭瑞等, 2020)。

用分布强度参数(distribution index)来反映野猪在保护区内的分布格局(程建祥等, 2018), 如网格内相机获得野猪的影像, 即认为该网格所覆盖的区域为野猪分布区, 反之则不是其分布区; 将每个网格中相机所获得野猪独立照片 p_i 累加后与独立照片总数 P_i 的比值作为野猪分布强度参数

F , 即:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{\sum_{i=1}^N P_i} \times 100\%$$

式中, n 为当前单元格, N 表示相机总台数。

1.3.2 野猪的拍摄率

采用拍摄率(Capture rate, CR)计算野猪在不同栖息地类型中的相对多度(刘芳等, 2012; 李佳等, 2016), 计算公式如下:

$$CR = \frac{p_i \times 100}{T}$$

式中, p_i 为单个网格中拍摄到的野猪独立照片数,

T 为相机总有效监测日。依据栖息地类型将网格数据合并, 作为该海拔或栖息地类型的样本, 用卡方检验比较不同栖息地类型中拍摄率的差异。

1.3.3 野猪的活动节律

将每天的时间划分为连续的24个单位取样间隔(例如01:00—02:00等), 分别计算每个自然月的日活动差异指数 α (Daily-discrepancy index) 和昼行性指数 β (Diurnal-nocturnal index), 具体计算公式如下(宛新荣等, 2002):

$$\alpha = \sum_{i=1}^n r_i^2 \quad \beta = \sum_{i=6}^{18} r_i$$

式中, i 为记录时间点数量, 时间相隔为1 h, 全天候拍摄野猪的活动状况; t_i 为第 i 个数据点的时间值, 如07:00—08:00的时间值为7, 13:00—14:00的时间值为13; r_i 表示 t_i 时刻的相对活动强度, 定义为 t_i 时刻内拍摄到的野猪独立照片数占每月独立照片总数的比例。

日活动差异指数 α 可以用于指示野猪日活动时间分配的均匀程度, α 的数值越大, 则表明野猪一天的活动时间分配越不平均。昼行性指数 β 是用来确定野猪是昼行性还是夜行性。若 $\beta = 13/24$, 表明野猪活动不存在显著的昼夜差异; $\beta > 13/24$, 表明以昼行性为主; $\beta < 13/24$, 表明以夜行性为主。

采用单样本K-S检验方法 (One-sample Kolmogorov-Smirnov test) 对两个区域野猪日活动差异指数 α 和昼行性指数 β 进行数据的正态性检验。对符合正态分布的样本应用 t 检验进行分析, 对不符合正态分布的样本应用Mann-Whitney U 检验进行分析。数据分析在SPSS 24.0和Excel 2010中实现。

采用核密度估计方法 (Kernel density estimation) (Ridout and Linkie, 2009) 描述野猪不同季节的日活动节律特征。该方法认为物种的每次探测是从连续的日活动节律分布中采集的随机样本, 这个日活动节律分布描述了该物种在某个特定时间段被探测到的概率, 横轴为时间, 纵轴(密度)为该时间点上物种被探测到的概率, 曲线下面积的积分值为1。同时, 采用重叠系数 (Coefficient of overlap) (Ridout and Linkie, 2009) 计算野猪日活动节律在不同季节间的重叠程度, 用不同季节日活动节律分布曲线重叠的面积比 Δ 表示: $\Delta = 0$ 表示完全分离, $\Delta = 1$ 表示完全重叠。核密度估计和重叠指数, 均根据独立有效照片数进行分析。相关分析、作图通

过R软件 (R Core Team, 2020) 的“overlap”统计包 (Meredith and Ridout, 2014) 完成。

2 结果

2.1 野猪的空间分布

千顷塘区域共得到57台相机的数据, 累计20 520相机工作日, 拍摄到野猪独立照片690张。其中核心区的平均分布强度最高(3.36%), 其次是缓冲区(1.45%), 实验区最低(0.99%)。拍摄到野猪的相机共计40台, 占有所有红外相机的70%, 位于核心区的小坪溪、大坪溪周边地区为野猪的主要分布区。其中, 34号网格的野猪分布强度参数 F 最高(8.6%), 其次是33号、40号和41号网格(分别为6.5%、7.8%和7.8%)。未拍摄到野猪的相机多数集中在保护区东部(图2a)。

龙塘山区域共得到52台相机的数据, 累计18 720相机工作日, 共拍摄到野猪独立照片354张。缓冲区的平均分布强度最高(4.06%), 其次是核心区(1.3%), 实验区最低(1.16%)。共有39台相机拍摄到野猪, 占有所有红外相机的75%。其中, 野猪在8号和21号网格活动最频繁, 分布强度参数 F 分别为12.7%和11%; 其次是22号、2号和14号网格(分别为10.5%、5.9%和5.4%)。未拍摄到野猪的相机多数集中在保护区北部和南部(图2b)。

2.2 野猪的栖息地选择

千顷塘区域野猪在落叶阔叶林的拍摄率最高(5.3), 其次为针阔混交林(3.8)、针叶林(1.6)和常绿阔叶林(0.7), 灌木林(0.14)最低(表1)。

龙塘山区域野猪在针阔混交林的拍摄率最高(4.3), 然后依次为针叶林(2.2)、落叶阔叶林(2.1)和常绿阔叶林(1.04)(表1)。

2.3 野猪的活动节律

2.3.1 野猪日活动时间分布

经单样本K-S检验, 千顷塘与龙塘山野猪在12个月的日活动差异指数 α 都符合正态分布($P > 0.05$), 千顷塘区域野猪 α 值存在极显著差异($t = 8.608$, $df = 11$, $P < 0.01$), 龙塘山区域野猪 α 值也存在极显著差异($t = 4.087$, $df = 11$, $P < 0.01$)(图3)。

2.3.2 野猪活动的昼夜差异

经单样本K-S检验, 千顷塘与龙塘山野猪在12个月的昼行性指数 β 都符合正态分布($P >$

表 1 野猪在不同植被类型的拍摄率
Table 1 Capture rate of wild boar under different vegetation types

栖息地 Habitat	独立照片数 Number of independent photos		相机数 Number of cameras		相机有效工作日 Number of camera days		拍摄率 Capture rate	
	Q	L	Q	L	Q	L	Q	L
落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest	26.40 ± 19.40	9.89 ± 11.35	22	12	7 920	4 320	5.33 ± 5.64	2.06 ± 2.96
针叶林 Coniferous forest	8.25 ± 6.52	7.75 ± 6.76	17	8	6 120	2 880	1.62 ± 1.85	2.15 ± 1.88
针阔混交林 Mixed coniferous and broad-leaved fores	16.20 ± 11.90	21.80 ± 18.91	12	7	4 320	2 520	3.75 ± 3.46	4.32 ± 5.21
常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	2.50 ± 3.54	4.70 ± 4.67	2	25	720	9 000	0.69 ± 0.98	1.04 ± 1.27
灌木林 Shrubbery	0.50 ± 1.00		4		1 440		0.14 ± 0.28	

Q: 千顷塘; L: 龙塘山
Q: Qianqingtang; L: Longtangshan

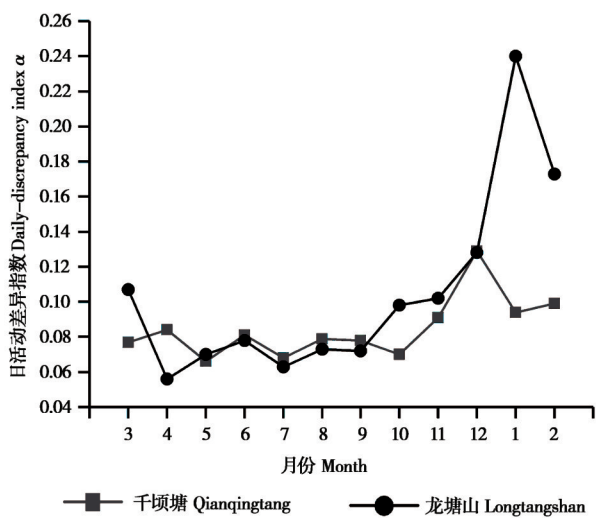


图 3 千顷塘与龙塘山野猪日活动差异指数 (α) 月变化

Fig. 3 Monthly variation of wild boar daily activity difference index (α) in Qianqingtang and Longtangshan

0.05), 千顷塘区域野猪 β 值的均值为 0.861, 显著高于理论值 13/24 ($t = 16.485, df = 11, P < 0.01$), 龙塘山区域野猪 β 值的均值为 0.728, 显著高于理论值 13/24 ($t = 4.8, df = 11, P < 0.01$), 说明清凉峰野猪种群倾向于在昼间活动 (图 4)。

2.4 野猪活动的季节性差异

千顷塘区域春、夏、秋、冬 4 个季节野猪的独立有效照片分别为 153 张、217 张、263 张和 57 张, 龙塘山区域分别为 67 张、111 张、124 张和 52 张。两个区域野猪日活动节律的重叠系数在各季节均较

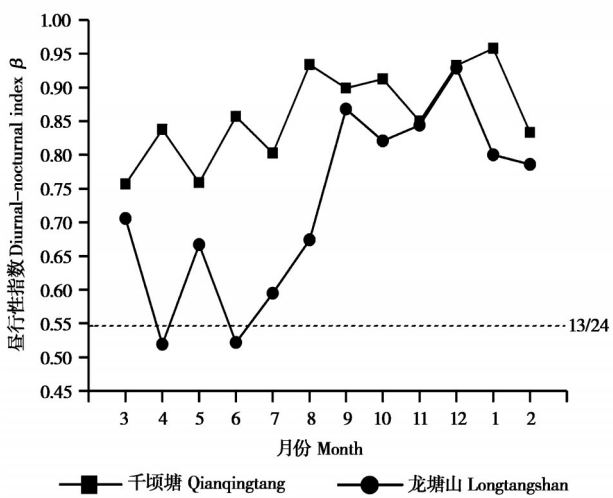


图 4 千顷塘与龙塘山野猪昼行性指数 (β) 月变化

Fig. 4 Monthly variation of wild boar daytime sexual index (β) in Qianqingtang and Longtangshan

高, 其中秋季的重叠系数最高 ($\Delta = 0.9$), 春季最低 ($\Delta = 0.76$) (图 5)。

不同季节比较的结果表明, 野猪日活动节律存在季节性变化。千顷塘和龙塘山区域春季的日活动节律模式相似, 早、晚两个时间段有明显的活动高峰 (08:00—10:00、17:00—19:00) (图 5A); 夏季与秋季, 两个区域野猪在昼间 (06:00—18:00) 的活动强度都较高, 无明显的活动高峰 (图 5B, C); 冬季, 两个区域的野猪活动节律为明显的单峰型, 活动高峰主要集中在午后 (13:00—17:00) (图 5D)。

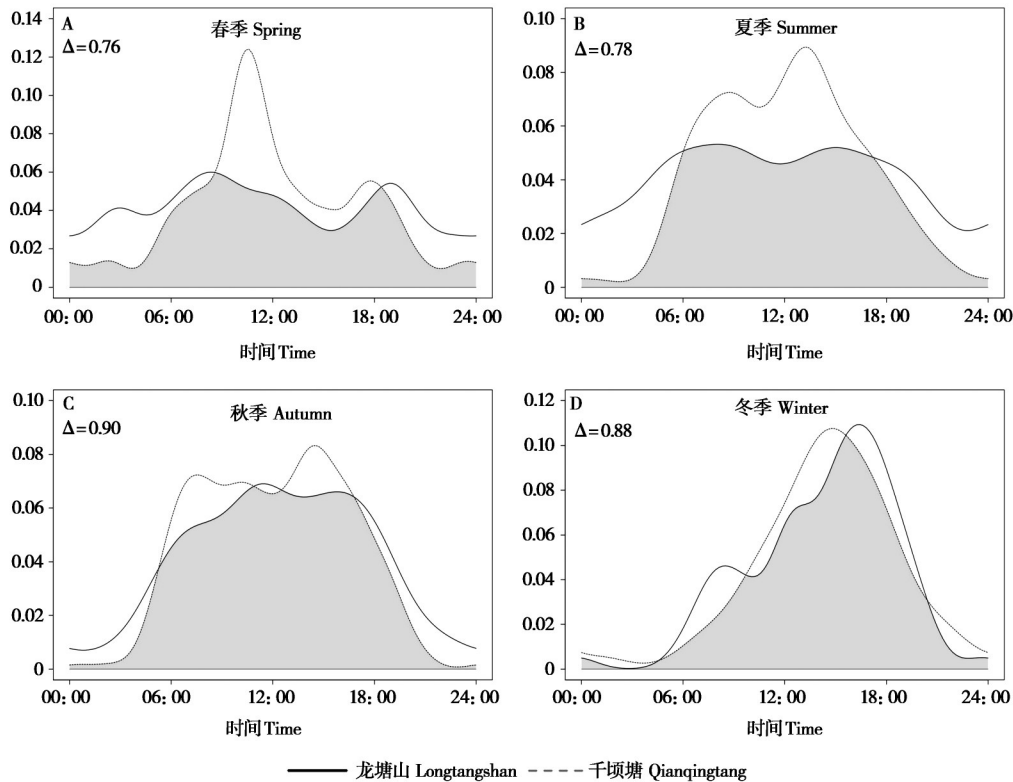


图5 野猪不同季节昼夜活动节律

Fig. 5 Circadian rhythm of wild boar in different seasons

3 讨论

3.1 野猪的空间分布及栖息地选择

野猪在浙江清凉峰国家级自然保护区千顷塘野生华南梅花鹿保护区域和龙塘山森林生态系统保护区域内均有分布，其中核心区、缓冲区是野猪的主要分布区。红外相机拍摄到野猪的比例较高 (> 70%)，说明保护区内具有一定的野猪种群数量，其分布也较为广泛。千顷塘区域野猪主要分布在以千顷塘水库为中心的周边地区，龙塘山区域主要分布在核心区中心区。两个保护区域的实验区野猪分布强度均最低，这与该区存在着较高的非法旅游活动密切相关；此外，部分红外相机网格没有记录到野猪分布，与人类传统经济活动(如放牧业和养蜂业等)干扰较大有关。

研究发现，按照网格计算，野猪分布强度大于5%的网格，植被均以落叶阔叶林与针阔混交林为主；按照栖息地类型计算，在落叶阔叶林下野猪的拍摄率最高，针阔混交林拍摄率次之，说

明千顷塘区域野猪倾向于选择这两种类型的栖息地。

在龙塘山区域，缓冲区平均分布强度最高，其次是核心区，最低为实验区。在野猪分布强度最高的8号、21号网格位点，植被类型主要为针阔混交林，且该种栖息地类型中野猪的拍摄率最高，说明龙塘山区域野猪更倾向于选择针阔混交林，这与高中信等(1995)在小兴安岭地区对野猪的研究结果相似。不同的栖息地类型能够提供不同的食物资源(Braithwaite *et al.*, 1983)，千顷塘区域落叶阔叶林生长茂密，乔木和灌木丰富，有丰富的果实以及多淀粉的根茎食物供野猪觅食，为野猪提供了较高的食物丰富度(Small and McCarthy, 2002)。Pescador等(2009)在对阿根廷南部的野猪种群研究中指出，野猪选择混交林可能是针阔混交林植物物种丰富度较高，因而野猪喜食的植物地下部分和各种果实等可能更为丰富，且易于挖掘；同时混交林兼顾了便于逃跑的特性(鲁庆彬等, 2007)。

3.2 野猪的活动节律

千顷塘和龙塘山区域冬季野猪的日活动差异指数 α 值的平均数显著高于另外3个季节,表明相比于其他季节,野猪在冬季的活动时间更为集中;两个区域夏季的 α 值均小于其他3个季节,则说明野猪在夏季一天之内的活动时间分配相对均匀。千顷塘与龙塘山区域野猪日活动差异主要体现在冬季后期(1—2月),这与千顷塘区域沟谷相对平缓、野猪食物资源相对丰富有关;而龙塘山区域整体山丘陡峻,野猪在采食上需要更多时间分配。因此,季节变化会对野猪的日活动差异产生较大的影响(Cahill *et al.*, 2012; Podgórski *et al.*, 2013)。野猪调节自身活动水平是控制其自身热平衡的重要行为手段(Brivio *et al.*, 2017)。天气可以直接影响动物的活动模式,即通过日常天气变化,或间接通过气候对环境条件的季节性影响,特别是对食物供应的影响(Olson and Wallander, 2002; Shi *et al.*, 2006)。

野猪昼行性指数 β 平均值分析结果显示,清凉峰野猪属于以白昼活动为主的昼行性动物,这与张静等(2007)研究发现野猪活动规律表现为白天活动、夜间休息的结果一致。整体上, β 平均值随着春、夏、秋季节的更迭而逐渐增大,这与光周期日照时间变化相关;冬季尽管日照时间相对缩短,但因食物资源短缺及夜间气温低,野猪白天活动强度高而导致 β 平均值高。此外,千顷塘区域地势平缓日照时间明显长于龙塘山,导致千顷塘区域野猪 β 平均值较龙塘山高;而秋季和初冬季因食物相对丰富,二者 β 平均值趋于一致。因此,野猪昼行性指数 β 平均值主要受光周期变化和食物资源丰富度的影响。

Keuling等(2008)研究发现野猪活动节律变化很大,对外界因素适应性强,活动节律为单峰、双峰或多峰(Russo *et al.*, 1997)。清凉峰野猪种群冬季活动节律模式呈明显的单峰型,活动时间集中在午后。这可能是下午气温相对较高,所以野猪选择此时活动,气温较低时通过休息降低能量的损耗(Peter, 1997; Keuling *et al.*, 2008)。此外,清凉峰野猪种群春季活动节律模式表现为双峰,两个活动高峰出现在晨间与黄昏,这可能是由于早晨嫩叶的露水可以提供水分,同时可以躲避正午的阳光以减少体内水分消耗,在其他季节则未

监测到明显的活动高峰。上述结果说明,季节是驱动野猪活动峰型变化的重要因子。

本研究表明,浙江清凉峰国家级自然保护区内野猪华南亚种分布广泛,千顷塘水库及龙塘山核心区为主要分布区,建议加强野猪种群动态和疫源疫病的监测工作。保护区实验区内野猪分布强度较低,建议取缔非法旅游活动,适当降低人类活动强度。保护区野猪种群倾向于选择高海拔地区的落叶阔叶林和针阔混交林活动,建议今后在林相或野生动物栖息地改造中应增加落叶阔叶林与针阔混交林的面积,为野猪种群增长提供足够的空间和适宜栖息地。作为典型的昼行性动物,野猪活动节律主要受季节、光周期和食物资源丰富度因素影响,春季在晨昏有两个活动高峰,夏季和秋季没有明显的活动高峰,而冬季活动高峰则集中于午后,建议保护区种群调查与监测根据不同季节活动高峰进行。最后,我们建议保护区应对野猪种群动态进行长期调查和监测,为物种保护积累丰富的本底数据,为进一步掌握野猪华南亚种的生态习性提供依据,以便保护区对野猪开展长期、安全、有效的科学管理。

致谢:感谢浙江省野生动植物保护管理总站、浙江清凉峰国家级自然保护区管理局对本项目的支持;感谢程樟峰、章叔岩、许立军、王向军、王军旺、王旭池、季聪、陈海波和程后意等对野外调查与布设相机的贡献。

参考文献:

- Braithwaite L W, Dudzinski M L, Turner J. 1983. Studies on the arboreal marsupial fauna of eucalypt forests being harvested for wood-pulp at Eden, N. S. W. II. Relationship between the fauna density, richness and diversity, and measured variables of the habitat. *Wildlife Research*, **10** (2): 231–247.
- Brivio F, Grignolio S, Brogi R, Benazzi M, Bertolucci C, Apollonio M. 2017. An analysis of intrinsic and extrinsic factors affecting the activity of a nocturnal species: The wild boar. *Mammalian Biology*, **84**: 73–81.
- Cahill S, Llimona F, Cabaeros L, Calomardo F. 2012. Characteristics of wild boar (*Sus scrofa*) habituation to urban areas in the Collserola Natural Park (Barcelona) and comparison with other locations. *Animal Biodiversity and Conservation*, **35** (2): 221–233.
- Chen L J, Shu Z F, Xiao Z S. 2019. Application of camera-trapping data to study daily activity patterns of Galliformes in Guangdong Chebaling National Nature Reserve. *Biodiversity Science*, **27** (3): 266–272. (in Chinese)

- Cheng J X, Huang X X, Chen D D, Bao Y X. 2018. Study on the distribution and activity patterns of *Cervus pseudaxis* in the Qingliangfeng National Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, **38** (22): 8213–8222. (in Chinese)
- Feng X L. 2010. The habit of wild boar. *China Swine Industry*, **5** (2): 67. (in Chinese)
- Freifeld H B. 1999. Habitat relationships of forest birds on Tutuila Island, American Samoa. *Journal of Biogeography*, **26** (6): 1191–1213.
- Gao Z X, Zhang M H, Hu R B. 1995. Winter bedding site selection of ussurian wild pig in the Lesser Khing-An Mountains. *Acta Theriologica Sinica*, **15** (1): 25–30. (in Chinese)
- Guo R, Xu L J, Wang X C, Liu W, Fan P L, Xu A C. 2020. Preliminary investigation on mammal and bird resources using infrared camera traps in Qianqingtang area of Zhejiang Qingliangfeng National Nature Reserve. *Acta Theriologica Sinica*, **40** (2): 183–192. (in Chinese)
- Kay S L, Fischer J W, Monaghan A J, Beasley J C, Boughton R, Campbell T A, Cooper S M, Ditchkoff S S, Hartley S B, Kilgo J C, Wisely S M, Wyckoff A C, VerCauteren K C, Pepin K M. 2017. Quantifying drivers of wild pig movement across multiple spatial and temporal scales. *Movement Ecology*, **5** (14): 1–15.
- 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** (4): 729–737.
- Li J, Liu F, Zhang Y, Li G L, Li D Q. 2016. Using camera traps to survey mammals in Zhongtie-Jungong area of Sanjiangyuan National Nature Reserve, Qinghai Province. *Biodiversity Science*, **24** (6): 709–713. (in Chinese)
- Li S, Wang D J, Xiao Z S, Li X H, Wang T M, Feng L M, Wang Y. 2014. Camera-trapping in wildlife research and conservation in China: review and outlook. *Biodiversity Science*, **22** (6): 685–695. (in Chinese)
- Li Y B, Chen C, Liu B W. 2018. Status of the conflict between the resident and wildlife, and damage control in Hunchun area Jilin Province. *Chinese Journal of Wildlife*, **39** (4): 962–965. (in Chinese)
- Liu F, Li D Q, Wu J G. 2012. Using infrared cameras to survey wildlife in Beijing Songshan National Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, **32** (3): 730–739. (in Chinese)
- Lu Q B, Yu J A, Gao X, Yang X Y, Zhou Q, Zhang L B, Zhang S Y. 2007. Winter habitat selection of Reeves's muntjac and wild boars in the Qingliangfeng Mountains. *Acta Theriologica Sinica*, **27** (1): 45–52. (in Chinese)
- Lynes B C, Campbell S D. 2000. Germination and viability of mesquite (*Prosopis pallida*) seed following ingestion and excretion by feral pigs (*Sus scrofa*). *Tropical Grasslands*, **34** (2): 152–158.
- Meredith M, Ridout M. 2014. Overlap: Estimates of coefficient of overlapping for animal activity patterns. <https://CRAN.Rproject.org/package=overlap>.
- Michalski F, Peres C A. 2007. Disturbance-mediated mammal persistence and abundance-area relationships in Amazonian forest fragments. *Conservation Biology*, **21**: 1626–1640.
- Olson B E, Wallander R T. 2002. Influence of winter weather and shelter on activity patterns of beef cows. *Canadian Journal of Animal Science*, **82** (4): 491–501.
- Pescador M, Sanguinetti J, Pastore H, Peris S. 2009. Expansion of the introduced wild boar (*Sus scrofa*) in the Andean region, Argentinean Patagonia. *Galemys*, **21**: 121–134.
- Peter C. 1997. Movements, activity patterns and habitat use of feral pigs (*Sus scrofa*) in a Tropical Habitat. *Wildlife Research*, **24**: 77–87.
- Podgórski T, Bas G, Jedrzeiewska B, Sonnichsen L, Snieszko S, Jedrzejewski W, Okarma H. 2013. Spatiotemporal behavioral plasticity of wild boar (*Sus scrofa*) under contrasting conditions of human pressure: primeval forest and metropolitan area. *Journal of Mammalogy*, **94** (1): 109–119.
- Ren P, Yu J P, Chen X N, Shen X L, Song X, Zhang T T, Yu Y Q, Ding P. 2019. Seasonal variation in the distribution of Elliot's pheasant (*Syrnaticus ellioti*) in Gutianshan National Nature Reserve. *Biodiversity Science*, **27** (1): 13–23. (in Chinese)
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ridout M S, Linkie M. 2009. Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, **14** (3): 322–337.
- 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** (3): 287–294.
- Sexton J P, McIntyre P J, Angert A L, Rice K J. 2009. Evolution and ecology of species range limits. *Annual Review of Ecology Evolution & Systematics*, **40** (1): 415–436.
- Shang Y C. 2006. Behavioral rhythm of animals. *Bulletin of Biology*, **41** (10): 8–10. (in Chinese)
- Shi J B, Dunbar R, Li D Q, Xia W F. 2006. Influence of climate and daylength on the activity budgets of feral goats (*Capra hircus*) on the isle of rum, Scotland. *Zoological Research*, **27** (6): 561–568.
- Shi J Y, Yang H, Hua J Q, Zhao Y Z, Li J Q, Xu J L. 2020. The relationship between the diurnal activity rhythm of Reeves's pheasant (*Syrnaticus reevesii*) and human disturbance revealed by camera trapping. *Biodiversity Science*, **28** (7): 796–805. (in Chinese)
- Shi X G, Hu Q, Li J Q, Tang Z, Yang J, Li W J, Shen X L, Li S. 2017. Camera-trapping surveys of the mammal and bird diversity in Wolong National Nature Reserve, Sichuan Province. *Biodiversity Science*, **25** (10): 1131–1136. (in Chinese)
- Small C J, McCarthy B C. 2002. Spatial and temporal variability of herbaceous vegetation in an eastern deciduous forest. *Plant Ecology*, **164** (1): 37–48.
- Smith A T, Xie Y. 2010. *A Guide to the Mammals of China*. Princeton University Press.
- Sun R Y. 2001. *Principles of Animal Ecology*, 3rd edn. Beijing: Normal University Publishing House. (in Chinese)
- Tang D Y, Zhou X H, Zhang W. 2019. Management of interactions between wild boar and people. *Chinese Journal of Wildlife*, **40** (4): 1043–1049. (in Chinese)

- Teng L W, Liu Z S, Song Y L, Zeng Z G. 2007. Habitat selection of wild boar (*Sus scrofa*) in Hainan Datan Reserve. *Chinese Journal of Wildlife*, **42** (1): 1-7. (in Chinese)
- Wan X R, Wang M J, Liu W, Wang G H, Zhong W Q. 2002. Numerical indices for evaluating the activity patterns of rodent species. *Acta Theriologica Sinica*, **22** (3): 211-217. (in Chinese)
- Wang C P, Liu X H, Wu P F, Cai Q, Shao X M, Zhu Y, Melissa S. 2015. Research on behavior and abundance of wild boar (*Sus scrofa*) via infrared camera in Guanyinshan Nature Reserve in Qinling Mountains, China. *Acta Theriologica Sinica*, **35** (2): 147-156. (in Chinese)
- Wiens J J. 2011. The niche, biogeography and species interactions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **366** (1576): 2336-2350.
- 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)
- Yan W B, Ji S N, Shuai L Y, Zhao L G, Zhu D P, Zeng Z G. 2019. Spatial distribution patterns of mammal diversity in Yangxian County of Shaanxi Province on the southern slope of the Qinling Mountains. *Biodiversity Science*, **27** (2): 177-185. (in Chinese)
- Zhang G G, Zhang Z W, Zheng G M, Li X Q, Li J F, Huang L. 2003. Spatial pattern and habitat selection of brown eared pheasant in Wulushan Nature Reserve, Shanxi Province. *Biodiversity Science*, **11** (4): 303-308. (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 Wildlife*, **42** (5): 90-93. (in Chinese)
- Zhang Y, Lei K M, Zhang Y K, Liu C L, Yang Y H, Sun H O, Li S J. 2012. Effects of vegetation, elevation and human disturbance on the distribution of large- and medium-sized wildlife: a case study in Jiuzhaigou Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, **32** (13): 4228-4235. (in Chinese)
- Zhao G J, Gong Y N, Yang H T, Xie B, Wang T M, Ge J P, Feng L M. 2019. Study on habitat use and activity rhythms of wild boar in eastern region of Northeast Tiger and Leopard National Park. *Acta Theriologica Sinica*, **39** (4): 431-441. (in Chinese)
- Zhou S C, Zhang M H, Sun H Y, Yin Y X, Huang H J, Yu H W, Lu X D, Ge D N, Tian J L. 2010. Population size and habitat of wild boar (*Sus scrofa*) in the eastern Wanda Mountains. *Acta Theriologica Sinica*, **30** (1): 28-34. (in Chinese)
- 王长平, 刘雪华, 武鹏峰, 蔡琼, 邵小明, 朱云, Melissa Songer. 2015. 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. *兽类学报*, **35** (2): 147-156.
- 冯小鹿. 2001. 野猪的习性. *中国猪业*, **5** (2): 67.
- 石江艳, 杨海, 华俊钦, 赵玉泽, 李建强, 徐基良. 2020. 利用红外相机研究白冠长尾雉日活动节律与人为干扰的关系. *生物多样性*, **28** (7): 796-805.
- 任鹏, 余建平, 陈小南, 申小莉, 宋斌, 张田田, 余永泉, 丁平. 2019. 古田山国家级自然保护区白颈长尾雉的分布格局及其季节变化. *生物多样性*, **27** (1): 13-23.
- 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.
- 孙儒泳. 2001. 动物生态学 (第三版). 北京: 科学出版社.
- 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.
- 张跃, 雷开明, 张语克, 肖长林, 杨玉花, 孙鸿鹄, 李淑君. 2012. 植被、海拔、人为干扰对大中型野生动物分布的影响——以九寨沟自然保护区为例. *生态学报*, **32** (13): 4228-4235.
- 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.
- 张国钢, 张正旺, 郑光美, 李晓强, 李俊峰, 黄雷. 2003. 山西五鹿山褐马鸡不同季节的空间分布与栖息地选择研究. *生物多样性*, **11** (4): 303-308.
- 李晨, 王大军, 肖治术, 李欣海, 王天明, 冯利民, 王云. 2014. 红外相机技术在我国野生动物研究与保护中的应用与前景. *生物多样性*, **22** (6): 685-695.
- 李佳, 刘芳, 张宇, 李广良, 李迪强. 2016. 利用红外相机调查青海三江源国家级自然保护区中铁一军功分区兽类资源. *生物多样性*, **24** (6): 709-713.
- 李伟斌, 陈楚, 刘丙万. 2018. 吉林省珲春地区人与野生动物冲突现状与防控调查. *野生动物学报*, **39** (4): 962-965.
- 陈立军, 束祖飞, 肖治术. 2019. 应用红外相机数据研究动物活动节律——以广东车八岭保护区鸡形目鸟类为例. *生物多样性*, **27** (3): 266-272.
- 尚玉昌. 2006. 动物的行为节律. *生物学通报*, **41** (10): 8-10.
- 周绍春, 张明海, 孙海义, 尹远新, 黄海娇, 于洪伟, 卢向东, 葛东宁, 田家龙. 2010. 完达山东部林区野猪种群数量和栖息地特征的初步分析. *兽类学报*, **30** (1): 28-34.
- 宛新荣, 王梦军, 刘伟, 王广和, 钟文勤. 2002. 啮齿动物活动模式的几种数值指标. *兽类学报*, **22** (3): 211-217.
- 赵国静, 宫一男, 杨海涛, 谢冰, 王天明, 葛剑平, 冯利民. 2019. 东北虎豹国家公园东部的野猪生境利用和活动节律初步研究. *兽类学报*, **39** (4): 431-441.
- 施小刚, 胡强, 李佳琦, 唐卓, 杨建, 李文静, 申小莉, 李晨. 2017. 利用红外相机调查四川卧龙国家级自然保护区鸟兽多样性. *生物多样性*, **25** (10): 1131-1136.
- 郭瑞, 许丽娟, 王旭池, 刘伟, 范鹏来, 徐爱春. 2020. 浙江清凉峰国家级自然保护区千顷塘区域鸟兽资源的红外相机调查. *兽类学报*, **40** (2): 183-192.
- 高中信, 张明海, 胡瑞滨. 1995. 小兴安岭地区野猪冬季栖息地选择的初步研究. *兽类学报*, **15** (1): 25-30.
- 唐冬艳, 周学红, 张伟. 2019. 野猪与人冲突及防控. *野生动物学报*, **40** (4): 1043-1049.
- 鲁庆彬, 于江傲, 高欣, 杨仙玉, 周圻, 张良斌, 章叔岩. 2007. 冬季清凉峰山区小鹿和野猪的生境选择及差异. *兽类学报*, **27** (1): 45-52.
- 程建祥, 黄相相, 陈东东, 鲍毅新. 2018. 清凉峰国家级自然保护区华南梅花鹿分布及活动规律. *生态学报*, **38** (22): 8213-8222.
- 颜文博, 吉晟男, 帅凌鹰, 赵雷刚, 朱大鹏, 曾治高. 2019. 秦岭南坡陕西洋县辖区哺乳动物物种多样性的空间分布格局. *生物多样性*, **27** (2): 177-185.
- 滕丽微, 刘振生, 宋延龄, 曾治高. 2007. 海南大田自然保护区野猪的生境选择. *动物学杂志*, **42** (1): 1-7.