

DOI: 10.5846/stxb201801260208

王晓, 侯金, 张晋东, 白文科, 黄金燕, 周世强, 欧阳志云. 同域分布的珍稀野生动物对放牧的行为响应策略. 生态学报, 2018, 38(18): - .

Wang X, Hou J, Zhang J D, Bai W K, Huang J Y, Zhou S Q, Ouyang Z Y. Divergent behavioral responses of sympatric species to grazing disturbance. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(18): - .

同域分布的珍稀野生动物对放牧的行为响应策略

王 晓¹, 侯 金¹, 张晋东^{1,*}, 白文科¹, 黄金燕², 周世强², 欧阳志云³

¹ 西华师范大学生命科学院, 西南野生动植物资源保护教育部重点实验室, 南充 637002

² 中国大熊猫保护研究中心, 卧龙 623006

³ 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085

摘要:保护区内放牧活动对野生动物保护存在负面影响,明确不同物种对放牧干扰的行为响应对制定更有针对性的保护管理政策具有重要意义。使用红外相机研究卧龙自然保护区放牧活动对多种珍稀野生动物的影响,分析放牧激励政策实施前后大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)及其同域分布的小熊猫(*Ailurus fulgens*)、川金丝猴(*Rhinopithecus roxellana*)、水鹿(*Rusa unicolor*)4种珍稀野生动物的照片数、空间分布以及活动模式的变化,探讨这4种动物对放牧的行为响应策略。结果表明:(1)一期(2012—2013,2012年10月实施了禁马政策,同年12月实施放牧(牛羊)激励政策)家畜照片数量很少,4种野生动物照片数相对较多。二期(2014—2015)家畜的照片数显著增加($P<0.01$),小熊猫($P<0.05$)与川金丝猴($P<0.01$)的照片数均显著减少,大熊猫、水鹿的照片数也呈减少趋势;到三期(2016—2017),大熊猫、小熊猫及水鹿3种关注野生动物的照片数基本回升到激励政策实施前的水平,无川金丝猴照片记录。(2)一期,4种野生动物在研究区域有较广的分布;二期,大熊猫、小熊猫的空间分布范围均缩小,无川金丝猴空间分布信息,而家畜、水鹿的空间分布范围有所增加;到三期,大熊猫、小熊猫的空间分布基本恢复到放牧激励政策实施前的区域,无川金丝猴的空间分布信息。(3)放牧激励政策实施前后,大熊猫、小熊猫及川金丝猴活动模式无明显变化,但水鹿的活动更加集中于傍晚,以避免人类与家畜的活动高峰。同域分布的不同的野生动物对人类活动(如放牧)的行为响应策略不同,各保护区在制定相关保护政策时应综合考虑人类干扰对多个物种的影响,增加决策的科学性与合理性。

关键词:红外相机;卧龙保护区;放牧;空间利用;活动模式

Divergent behavioral responses of sympatric species to grazing disturbance

WANG Xiao¹, HOU Jin¹, ZHANG Jindong^{1,*}, BAI Wenke¹, HUANG Jinyan², ZHOU Shiqiang², OUYANG Zhiyun³

¹ Key Laboratory of Southwest China Wildlife Resources Conservation, China West Normal University, Ministry of Education, Nanchong 637002, China

² China Conservation and Research Center for the Giant Panda, Wolong 623006, China

³ Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

Abstract: Livestock grazing within protected areas may negatively affect wildlife; therefore, it is important to determine divergent behavioral responses of various species towards grazing disturbance. Infrared cameras were used to monitor grazing status in Hetaoping area, Wolong National Nature Reserve, Sichuan, where the government implemented an incentive policy to encourage livestock production (including yaks and goats). We used the images to study the spatial distribution and activity patterns of the giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*), red panda (*Ailurus fulgens*), golden monkey (*Rhinopithecus roxellana*), and sambar (*Rusa unicolor*), and evaluated divergent behavioral responses of these four species to livestock grazing. The results showed the following: (1) in the first phase (2012—2013), the local government banned all horse

基金项目:国家自然科学基金面上项目(41571517,31572293);西南野生动植物资源保护教育部重点实验室开放基金(XNYB17-2)

收稿日期:2018-01-26; **修订日期:**2018-06-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangjd224@163.com

grazing beginning in October 2012. The incentive policy was implemented in December 2012; it allowed 10 households in each village to get a loan without interest to support yak and goat rearing. There were few images of livestock, but many images of the four species. In the second phase (2014—2015), the number of images of livestock ($P < 0.01$) increased significantly, while images of the red panda ($P < 0.05$) and golden monkey ($P < 0.01$) decreased significantly. Images of the giant panda and sambar also decreased. In the third phase (2016—2017), the number of images of the giant panda, red panda, and sambar increased. Late in the third phase, i.e., January 2017, the number of images of the giant panda, red panda, and sambar basically rebounded to the levels observed before the policy was implemented. However, there were no images of golden monkeys. (2) The four species had wide distribution in this study area in the first phase. In the second phase, the spatial distribution of the giant panda and red panda shrank after the implementation of the livestock policy, and the spatial distribution of livestock and sambar increased. Spatial distribution information for the golden monkey was not available. In the third phase, the spatial distribution of the giant panda and red panda returned to the levels observed before the incentive policy was implemented. Additionally, there was no spatial distribution information for the golden monkey. (3) There were no differences in the daily activity patterns of the giant panda, red panda, and golden monkey before and after the implementation of the livestock policy, but images of the sambar were obtained more often at dusk after the implementation of the livestock policy. These results indicated that different wildlife taxa show divergent behavioral responses towards grazing disturbance. Consequently, to formulate more scientific and effective management and conservation policies, more comprehensive evaluation of the effects of human disturbance (e.g., livestock grazing) on multiple species are required in the future.

Key Words: infrared cameras; Wolong Nature Reserve; livestock grazing; land use; activity patterns

放牧活动是最为重要的人类干扰之一^[1],国内外已有大量的研究表明,放牧对群落生产力、草地昆虫群落、土壤物理化学性质以及植被地上形态及功能等有影响^[2-11]。随着畜牧业的迅猛发展,生态系统服务功能逐渐退化,自从 20 世纪 70 年代开始,由于过度放牧已经导致三分之一的草地丧失^[12],在一些国家和地区,放牧家畜呈现出向森林等生境扩展的趋势^[13]。

近年来,我国政府特别重视生态保护,相继实施了世界上最大的两项森林保护工程:“天然林保护工程”和“退耕还林工程”。随着这两项工程的实施,天然林的商业性采伐行为被禁止,耕种的区域也明显缩小^[14],致使地方产业结构出现调整,保护区内的放牧活动出现较强增势^[15-16],越来越多的家畜出现于保护区森林生境中。少数科研工作者关注这一现象并针对单一明星物种如大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)开展了相关研究^[13,15,17-24],但这些研究大多时间尺度小、研究物种单一,也少有提及野生动物对放牧干扰的响应,只有个别研究中指出大熊猫倾向于回避放牧生境^[13,17,23],将不太适宜的生境纳入使用^[13]。为更全面、深入地了解珍稀保护野生动物对放牧干扰的行为响应特征,本研究利用长期的红外相机监测数据定量分析了 4 种同域分布珍稀野生动物,包括大熊猫、小熊猫(*Ailurus fulgens*)、川金丝猴(*Rhinopithecus roxellana*)、水鹿(*Rusa unicolor*)对保护区放牧干扰的行为响应策略,旨在为制定更为科学有效的保护管理政策提供科学依据。

1 研究方法

1.1 研究区域

卧龙自然保护区(102°52′—103°24′E, 30°45′—31°25′N)始建于 1963 年,位于四川省阿坝藏族、羌族自治州汶川县境内,面积约为 20 万 hm^2 ,是以保护大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)等珍稀野生动植物和高山森林生态系统为主的综合性国家级自然保护区。保护区动物资源丰富,有脊椎动物 450 余种,其中有 36 种被列为国家重点保护的动物^[25]。据第四次全国大熊猫调查,保护区内现有大熊猫 104 只^[26]。

保护区内有卧龙和耿达两个镇,居民约 5000 人,其中大部分是农民,农牧业收入是区内农村人口的主要

收入来源,尤其在 2008 年汶川地震发生后,保护区放牧活动出现增强的趋势,所占收入比重也有所增加^[13,20-21,27]。本研究在核桃坪区域进行。核桃坪,面积约 40 km²,位于中国大熊猫保护研究中心核桃坪研究基地后山,与皮条河毗邻;其西南方向与东北方向分别是鱼丝洞牧场与老鸦山牧场,2 个牧场之间的森林是大熊猫、小熊猫、川金丝猴和水鹿等珍稀兽类的优质生境,其间有一条水源丰富的河谷—三岔沟,此处地势平坦且相对开阔,是研究区域冬季唯一永久性水源地^[28]。先前的研究表明,马对大熊猫生境与食物产生严重影响,所以当地政府在 2012 年 10 月实施了禁止牧马的政策,同时,考虑到当地社区经济发展与民众的情绪,于同年的 12 月实施了激励当地居民放养藏绵羊和藏牦牛的政策^[13,20]。Zhang 等研究发现,2013 年 6 月,保护区核桃坪区域家畜的拍摄率急剧增加^[13]。

1.2 相机布设与数据准备

在核桃坪布设共计 20 台红外相机,布设位点如图 1 所示,监测该区域 2011 年 11 月—2017 年 3 月人类活动、家畜及野生动物的活动情况。相机设置在沿水源与兽径一侧的树干上,距离地面约 50 cm,相机镜头基本与地面平行。每隔 100—200 m 设置一台相机,记录每个相机位点的 GPS 信息(包括经度、纬度、海拔)及其他生境信息(包括坡度、坡向、乔木种类等)。相机模式均设置为 2 次连拍,拍摄间隔为 2 s,一天工作 24 h。每个月收集一次照片数据,检查相机并更换 SD 卡与电池。

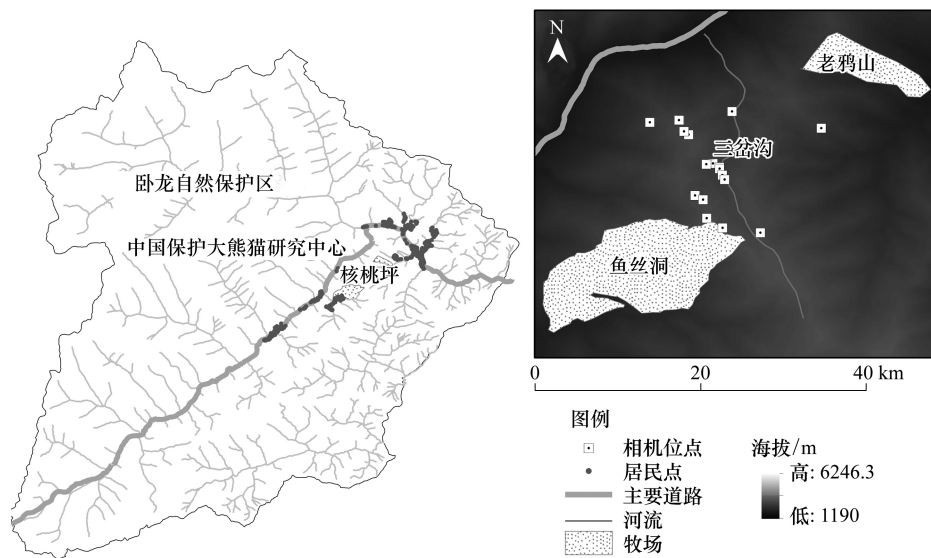


图 1 红外相机布设位点

Fig.1 Location of infrared camera traps

1.3 数据整理与分析

1.3.1 数据整理

每次收回的红外相机照片数据由专职工作人员录入、核对并汇总。对于所有动物记录,由专业人员进行物种识别鉴定,并且对家畜以及人类活动类别(包括放牧、采药、打猎等)进行鉴别,将鉴定结果录入 Excel 表格。人类活动的鉴别标准:家畜旁边有人一起为放牧活动;若拍到的人背有猎枪或带着猎狗,则为打猎;若带有采药工具则辨别为采药。为避免短时间内拍到多个重复的相同个体或活动,将照片数据录入 Excel 表格时只录入独立照片(Independent photograph, IP)所包含的信息。独立照片定义:(1)不同动物或人的照片;(2)相邻间隔时间超过 0.5 h 的包含相同人或同种动物的照片^[29-31]。

先前的研究表明,野生动物在冬季活动最为频繁^[13,32],本研究侧重于分析冬季出现率,因而在分析野生动物的照片数、空间分布时,我们只使用了冬季(即每年 1,2,3 月)的照片数据。

1.3.2 家畜及四种珍稀野生动物时空动态分析

按月整理每台相机拍到的家畜及监测中照片数最靠前的四种珍稀野生动物照片总数,根据所获得的动物

照片数量,运用 ArcGIS 10.2 空间分析工具,绘出放牧激励政策实施前后家畜、大熊猫、小熊猫、川金丝猴及水鹿的空间分布变化图。本研究基于六年的红外相机监测数据,根据监测过程中当地畜牧业政策的变化,将整个监测过程分为 3 期:一期为 2012—2013 年;二期为 2014—2015 年;三期为 2016—2017 年。2013 年 6 月,在研究区域内的家畜数量明显增加,为了分析家畜对野生动物的影响,本研究在 SPSS 17.0 软件支持下,采用配对 t 检验方法对一期、二期与三期关注物种的照片数进行了比较。

1.3.3 人类活动、家畜及四种珍稀野生动物日活动模式分析

数据处理时,先将 1 d 按 1 h 为一时段划分为 24 个时段区间,统计每个区间各物种照片总数,以某一物种各区间照片数占该物种照片总数的比例来描述该物种的日活动节律^[33-34],计算公式为:

$$\text{照片比例(Proportion of photos, PP)} = (N_i/N) \times 100\% \quad (1)$$

式中, N_i 是 24 个时间段(0:00—1:00, 1:00—2:00……23:00—24:00)内每个时间段拍摄的照片总数, $i=1, 2, 3$ 。分析 2011 年 11 月—2017 年 3 月所获得的所有照片,以期获得更加准确的日活动节律图。

受照片数据所限,本研究在分析放牧对野生动物活动模式的影响时,仅对比分析了放牧激励政策实施前后两个时期。

2 结果

2.1 人类活动类别、家畜及野生动物物种数与照片数量

汇总 2012—2017 冬季 1—3 月的照片数据,共获得照片数 912 张,其中,人类活动照片数 33 张,包括打猎($n=2$),放牧($n=29$)以及采药($n=2$)3 种类别。从所划分的 3 期来看,一期仅 2 张,具体为拍到打猎与放牧活动的照片各 1 张;二期为 11 张,全为放牧活动;3 期共计 20 张,分别为打猎 1 张,放牧 17 张,采药 2 张。拍到的家畜照片数共计 192 张,主要有藏牦牛以及藏绵羊,家畜照片数占照片总数的 21.05%。监测到野生动物照片数共计 687 张,鉴别出的野生动物包括兽类 14 种,鸟类 4 种(表 1)。其中,红外相机监测到照片数前四位的野生动物:大熊猫($n=188$)、小熊猫($n=181$)、水鹿($n=172$)以及川金丝猴($n=27$)的照片数之和占照片总数的 62.28%。

表 1 2011 年 11 月—2017 年 3 月冬季在研究区域拍到的野生动物照片数

Table 1 The number of images of wildlife species captured in winter using infrared cameras in study area, from November 2011 to March 2017

物种 Species	一期 The first phase	二期 The second phase	三期 The third phase	总计 Total
食肉目 Carnivora				
鼬科 Mustelidae				
黄喉貂 <i>Martes flavigula</i>	3	5	9	17
猫科 Felidae				
豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	2	0	0	2
熊科 Ursidae				
黑熊 <i>Selenarctos thibetanus</i>	0	1	1	2
大熊猫科 Ailuropodidae				
大熊猫 <i>Ailuropoda melanoleuca</i>	101	35	52	188
小熊猫科 Ailuridae				
小熊猫 <i>Ailurus fulgens</i>	92	15	74	181
偶蹄目 Artiodactyla				
鹿科 Cervidae				
水鹿 <i>Cervus unicolor</i>	67	57	48	172
毛冠鹿 <i>Elaphodus cephalophus</i>	1	7	14	22
牛科 Bovidae				
鬣羚 <i>Naemorhaedus sumatraensis</i>	8	10	2	20

续表

物种 Species	一期 The first phase	二期 The second phase	三期 The third phase	总计 Total
扭角羚 <i>Budorcas taxicolor taxicolor</i>	0	2	9	11
斑羚 <i>Naemorhedus caudatus</i>	1	1	3	5
猪科 Suidae				
野猪 <i>Sus scrofa</i>	4	8	1	13
麝科 Moschidae				
林麝 <i>Moschus berezovskii</i>	1	2	2	5
豪猪科 Hystricidae				
豪猪 <i>Atherurus macrourus</i>	0	5	3	8
灵长目 Primates				
猴科 Cercopithecidae				
川金丝猴 <i>Rhinopithecus roxellana</i>	27	0	0	27
雀形目 Passeriformes				
鸫科 Turdidae				
光背地鸫 <i>Zoothera mollissima</i>	0	0	2	2
画眉科 Timaliidae				
黑顶噪鹛 <i>Garrulax affinis</i>	0	1	1	2
鸡形目 Galliformes				
雉科 Phasianidae				
勺鸡 <i>Pucrasia macrolopha</i>	0	1	0	1
红腹角雉 <i>Tragopan temminckii</i>	0	8	1	9

2.2 家畜及 4 种珍稀野生动物照片数量的时间变化特征

一期获得 4 种珍稀野生动物的照片数之和共计 287 张(占整个研究 3 个时期的 31.47%),家畜的照片数仅 4 张(占整个研究 3 个时期的 0.44%)(图 2)。放牧激励政策实施后,本研究区域家畜数量并未立即剧增,而是到二期,拍到家畜照片数迅速增加,照片总数达到 78 张(占整个研究 3 个时期的 8.55%),而大熊猫、小熊猫、川金丝猴以及水鹿的照片总数仅 107 张(图 2)(占整个研究 3 个时期的 11.73%)。相较于一期,二期家畜的照片数显著增加($P < 0.01$),而小熊猫($P < 0.05$)及川金丝猴($P < 0.01$)的照片数均显著减少,大熊猫和水鹿的照片数也不同程度减少,但不具显著性差异($P > 0.05$)。

三期前期(2016 年冬季)家畜的照片数有所减少,大熊猫、小熊猫及水鹿的照片数开始缓慢增加,推测这 3 种珍稀野生动物对该区域的利用强度开始有所恢复(图 2)。到 3 期后期即 2017 年冬季,虽然家畜照片数维持在较高水平,但是大熊猫、小熊猫及水鹿 3 种关注野生动物的照片数基本回升到激励政策实施前的水平。相较于一期,三期家畜的照片数显著增加($P < 0.01$),川金丝猴($P < 0.01$)的照片数显著减少,大熊猫、小熊猫及水鹿的照片数有所减少,但不显著($P > 0.05$);相较于二期,三期大熊猫、小熊猫及家畜的照片数有所增加、水鹿的照片数有所减少,但均不具显著性差异($P > 0.05$)。

2.3 家畜及 4 种珍稀野生动物的空间变化特征

一期,大熊猫、小熊猫、川金丝猴以及水鹿 4 种珍稀野生动物在本研究区域主要分布于水源附近,在牧场附近也有拍到,并且大熊猫与小熊猫的分布较为集中(图 3)。二期,家畜数量迅速增加,分布范围也由牧场扩展到森林;大熊猫、小熊猫以及川金丝猴 3 种珍稀野生动物在该片区域的分布缩小,在牧场附近拍到的次数也急剧减少,然而水鹿的照片数量有所增加,且分布相对更为集中(图 3)。到三期,大熊猫、小熊猫的数量开始有所增加,空间分布相较于二期也有所扩大,水鹿的空间分布也有所扩大且相对没有二期那么集中,家畜的分布有所增大且较为集中(图 3)。因 2014 年冬季之后未再度拍到川金丝猴的照片,因此二期、三期无川金丝猴在本研究区域的空间分布信息(图 3)。

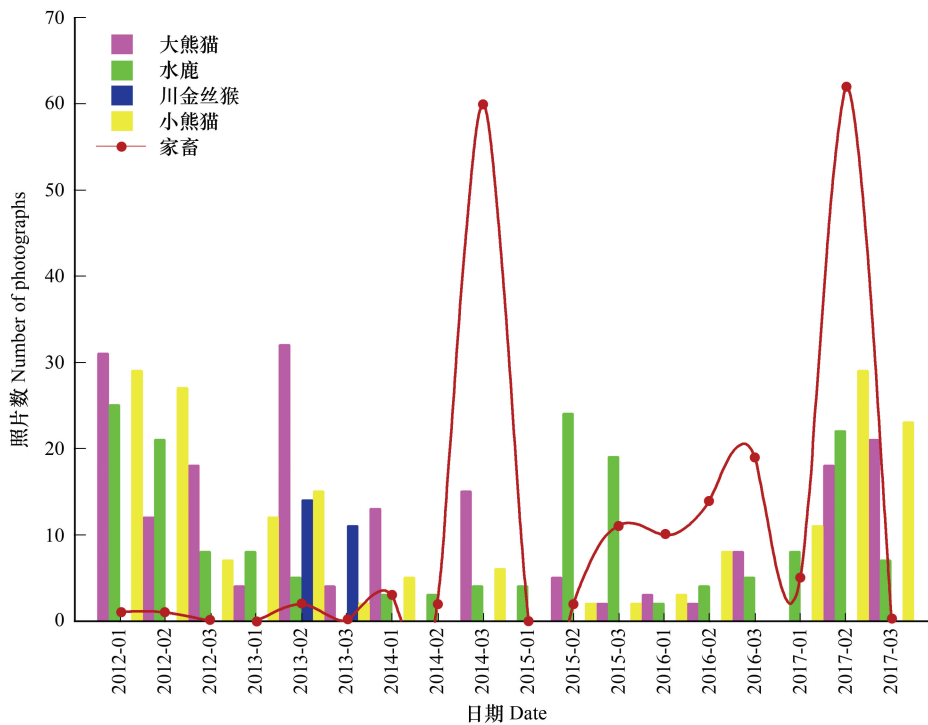


图2 家畜及4种珍稀野生动物的照片数

Fig.2 Number of images of livestock and four wildlife species

2.4 人类活动、家畜及4种珍稀野生动物活动模式变化特征

对比大量牛羊出现在研究区域前后,人类与家畜的活动几乎没有变化(图4);大熊猫的日活动节律也都呈现出多个高峰与低谷交替出现的模式(图4);虽二期之后未再度拍到川金丝猴,但在非冬季有川金丝猴的记录,这些照片信息为分析放牧激励政策实施后川金丝猴的活动模式提供了数据基础。分析结果显示,小熊猫与川金丝猴也一直有三个活动高峰(图4),而水鹿的日活动节律发生较大变化,从大量牛羊出现前的多个活动高峰变为一个活动高峰,且该活动高峰出现于傍晚(图4)。

3 讨论

本研究区域是卧龙保护区野生动物分布相对集中的区域之一,大熊猫、小熊猫、川金丝猴和水鹿等珍稀兽类丰富度较高,为深入研究同域分布的珍稀野生动物对放牧的行为响应提供了数据基础。

2012年10月实施了禁马政策,本研究红外相机监测发现,禁马政策实施后未再度拍到马的照片,表明该政策的实施效果明显。同年12月实施放牧(牛羊)激励政策,但家畜数量并没有立即增加,因此一期(2012—2013)拍到家畜照片数很少,其分布范围也很小;二期(2014—2015),牛羊大量进入研究区域,且由于家畜在森林生境中几乎没有天敌,其照片数极显著增加,分布也迅速扩大;三期(2016—2017),家畜的照片数虽然仍相对较多,但空间分布更为集中。值得注意的是,每年1月拍到家畜的照片数都十分少,这可能与当地人保有传统的放牧习惯有关,在春节前夕将家畜收回山下。

受家畜入侵影响,二期大熊猫与小熊猫的照片数相较于一期迅速减少,分布范围缩小;到三期,大熊猫与小熊猫的照片数与分布基本恢复到一期的水平。Zhang等用最大熵模型对政策实施前后卧龙保护区内大熊猫的分布进行预测,发现激励政策实施后大熊猫的分布更加趋于分散,且空间分布变广,大熊猫开始利用适宜性较低的生境,包括海拔较低、竹子覆盖度低、坡度较陡的地方^[13],这可以解释为什么家畜大量增加后大熊猫在本研究区域的出现率有所降低。对大熊猫和小熊猫而言,以往有研究表明水源是影响其生境选择的主要生态因子之一^[35-36],一期它们集中出现于主要水源附近,到二期,随着家畜的进入,在主要水源附近拍到大熊猫

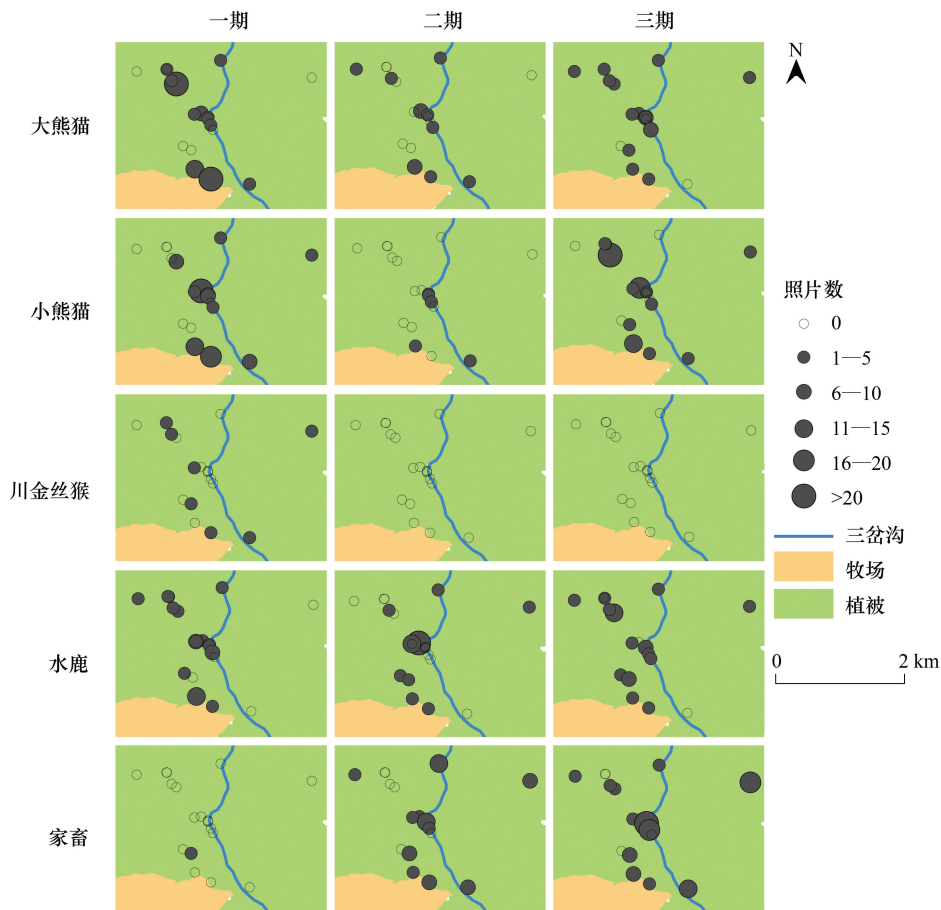


图3 放牧激励政策实施后家畜与野生动物空间分布变化

Fig.3 Change of distribution of livestock and four species after livestock incentive policy

和小熊猫的次数减少。到三期,发现家畜的分布更为集中,而大熊猫、小熊猫的照片数量与空间分布都有所恢复,一方面,三岔沟是研究区域动物冬季唯一水源,野生动物对水源地依赖性较强,另一方面,家畜的集中分布,也可能为大熊猫和小熊猫回到水源地提供了机会。

就川金丝猴而言,一期川金丝猴照片数相对较多,其在该区域的分布也较广,但二期、三期均未再拍到川金丝猴。由于川金丝猴在树上活动的时间相对较多,而相机的设置更多的是拍摄地栖动物,因此获得的川金丝猴的数据相对较少。同时,考虑到昼行性的灵长类不仅要把有限的时间合理安排用来寻找、处理和消化食物,并且还要保证有足够的时间进行社会交往,从而维持群体的社会关系等^[37],推测冬季食物与水资源相对匮乏,加上大量家畜入侵,对资源与空间的竞争加剧,为了优化时间分配,川金丝猴选择转移到其他地方,因此家畜大量增加后的冬季未再获得川金丝猴相关信息。

一期,水鹿的照片数相对较多,分布也较广;二期,家畜大量增加,水鹿的照片数有所减少,分布较一期更为集中;三期,水鹿的照片数几乎没有变化,空间分布有所扩大且相对没有二期那么集中。从活动模式看,仅水鹿的活动模式出现较为明显的变化,并且将访问水源的时间改为傍晚,以应对放牧干扰的增强,因此,其对该区域的利用强度与范围几乎未受家畜大量增加的影响。

放牧对大熊猫等珍稀野生动物带来消极影响,虽然动物能在行为和生理上进行调节,以适应周围环境的变化^[38],如本研究4种关注野生动物对研究区的利用强度、空间分布及活动模式的变化,但不同的野生动物对同一干扰的响应策略可能不同,这或与其生物学特性有关,包括生活习性、对食物、栖息地等的需求不同,因此只研究单一物种对放牧干扰的响应来代替所有物种的响应是有潜在风险的^[13]。保护措施与政策的实施会

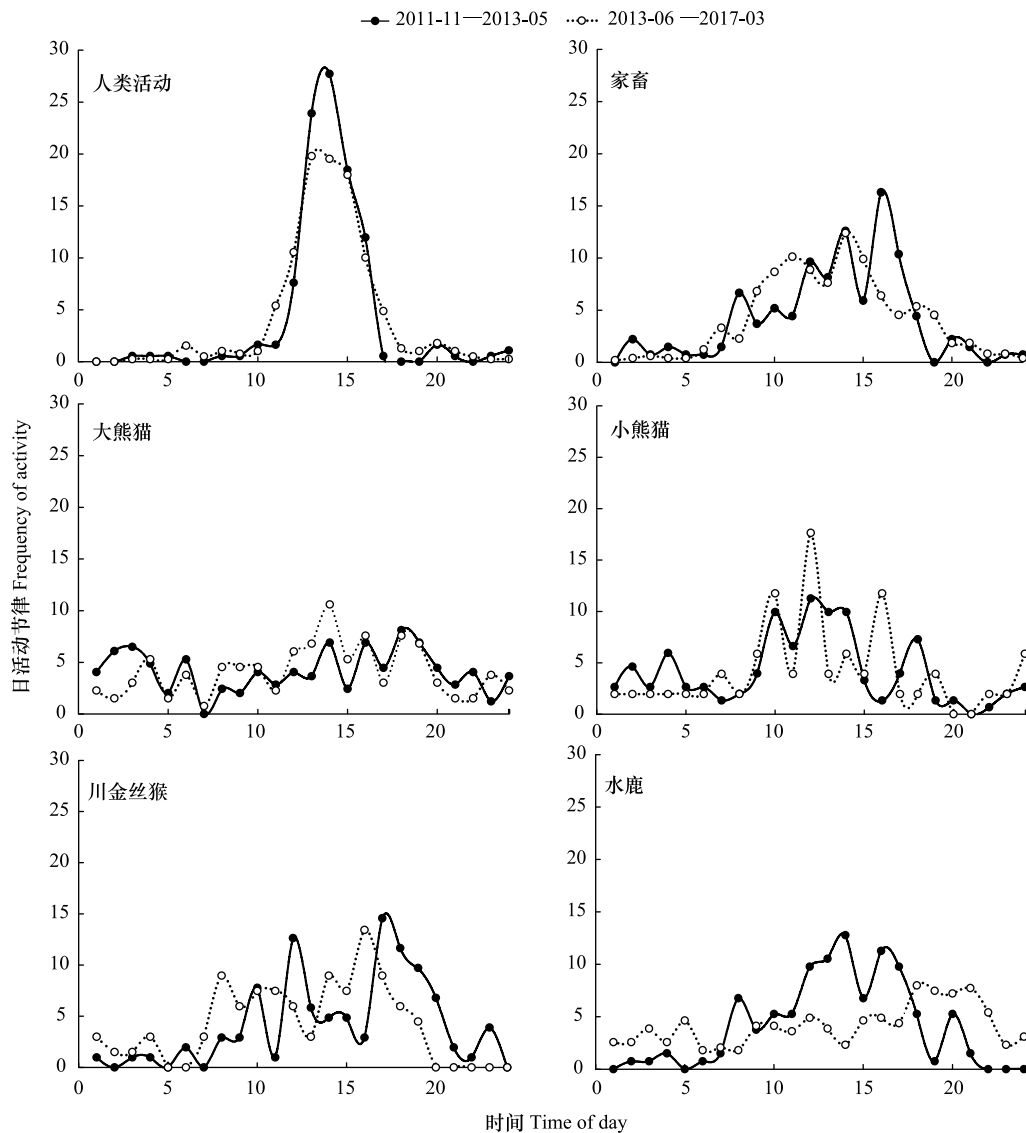


图4 家畜及4种珍稀野生动物的日活动节律

Fig.4 Daily activity patterns of livestock and four wildlife species

对同域分布的多个物种造成重要影响,因此实施前需要综合考虑该区域分布的多个物种^[13,39-41],以制定更具针对性、科学性的保护管理政策。基于本研究结果,我们建议:家畜应该远离保护物种的适宜栖息地,避免与野生动物竞争有限的空间与食物资源,尤其在食物匮乏的冬季应远离重要保护物种的主要水源地;提供一定的资金与技术支持并带领居民发展生态旅游等其他生计,以降低对放牧收入的依赖;保护政策与措施实施前应综合考虑该区域分布的多个物种,优先施行对大熊猫及同域分布的其他野生动物都有益的保护政策与措施。

参考文献 (References):

- [1] Fu G, Shen Z X, Zhang X Z, Zhou Y T, Zhang Y J. Response of microbial biomass to grazing in an alpine meadow along an elevation gradient on the Tibetan Plateau. *European Journal of Soil Biology*, 2012, 52: 27-29.
- [2] Bakker E S, Ritchie M E, Olf H, Milchunas D G, Knops J M H. Herbivore impact on grassland plant diversity depends on habitat productivity and herbivore size. *Ecology Letters*, 2006, 9(7): 780-788.
- [3] Koerner S E, Collins S L. Interactive effects of grazing, drought, and fire on grassland plant communities in North America and South Africa. *Ecology*, 2014, 95(1): 98-109.

- [4] Adler P, Raff D, Lauenroth W. The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. *Oecologia*, 2001, 128(4): 465-479.
- [5] Altesor A, Oesterheld M, Leoni E, Lezama F, Rodríguez C. Effect of grazing on community structure and productivity of a Uruguayan grassland. *Plant Ecology*, 2005, 179(1): 83-91.
- [6] Fleischner T L. Ecological costs of livestock grazing in western North America. *Conservation Biology*, 1994, 8(3): 629-644.
- [7] 康乐. 放牧干扰下的蝗虫-植物相互作用关系. *生态学报*, 1995, 15(1): 1-11.
- [8] 颜忠诚, 陈永林. 放牧对蝗虫栖境结构的改变及其对蝗虫栖境选择的影响. *生态学报*, 1998, 18(3): 278-282.
- [9] 朱慧, 王德利, 任炳忠. 放牧对草地昆虫多样性的影响研究进展. *生态学报*, 2017, 37(21): 7368-7374.
- [10] 韩大勇, 杨永兴, 杨杨, 李珂. 放牧干扰下若尔盖高原沼泽湿地植被种类组成及演替模式. *生态学报*, 2011, 31(20): 5946-5955.
- [11] 周文萍, 向丹, 胡亚军, 李志芳, 陈保冬. 长期围封对不同放牧强度下草地植物和 AM 真菌群落恢复的影响. *生态学报*, 2013, 33(11): 3383-3393.
- [12] Dong S K, Gao H W, Xu G C, Hou X Y, Long R J, Kang M Y, Lassioe J P. Farmer and professional attitudes to the large-scale ban on livestock grazing of grasslands in China. *Environmental Conservation*, 2007, 34(3): 246-254.
- [13] Zhang J D, Hull V, Ouyang Z Y, Li R G, Connor T, Yang H B, Zhang Z J, Silet B, Zhang H M, Liu J G. Divergent responses of sympatric species to livestock encroachment at fine spatiotemporal scales. *Biological Conservation*, 2017, 209: 119-129.
- [14] Li B V, Pimm S L, Li S, Zhao L J, Luo C P. Free-ranging livestock threaten the long-term survival of giant pandas. *Biological Conservation*, 2017, 216: 18-25.
- [15] 冉江洪, 刘少英, 王鸿加, 孙治宇, 曾宗永, 刘世昌. 小相岭大熊猫与放牧家畜的生境选择. *生态学报*, 2003, 23(11): 2253-2259.
- [16] 张晋东. 人类与自然干扰下大熊猫空间利用与活动模式研究[D]. 北京: 中国科学院大学. 2012.
- [17] 冉江洪, 刘少英, 王鸿加, 孙治宇, 曾宗永, 刘世昌. 放牧对冷勒自然保护区大熊猫生境的影响. *兽类学报*, 2003, 23(4): 288-294.
- [18] 王学志. 岷山地区人类活动干扰对大熊猫生境利用的影响研究[D]. 北京: 中国科学院生态环境研究中心, 2008.
- [19] 康东伟, 赵联军, 宋国华. 四川王朗国家级自然保护区大熊猫与家畜竞争关系. *东北林业大学学报*, 2011, 39(7): 74-76.
- [20] Hull V, Zhang J D, Zhou S Q, Huang J Y, Viña A, Liu W, Tuanmu M N, Li R G, Liu D, Xu W H, Huang Y, Ouyang Z Y, Zhang H M, Liu J G. Impact of livestock on giant pandas and their habitat. *Journal for Nature Conservation*, 2014, 22(3): 256-264.
- [21] 周世强, Hull V, 张晋东, 黄金燕, 刘巖, 黄炎, 李德生, 张和民. 野生大熊猫与放牧家畜的空间利用格局比较. *兽类学报*, 2016, 36(2): 138-151.
- [22] 郭海燕. 人类干扰对王朗自然保护区大熊猫及其栖息地的影响[D]. 成都: 四川大学, 2003.
- [23] 曾宗永, 岳碧松, 冉江洪, 刘少英, 陈佑平, 蒋世伟. 王朗自然保护区大熊猫对生境的利用. *四川大学学报: 自然科学版*, 2002, 39(6): 1140-1144.
- [24] 康东伟. 大熊猫的生境选择研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2015.
- [25] 程跃红, 乔麦菊, 唐莉, 金国名, 高光玖, 唐卓, 刘明冲, 杨建, 何明武. 卧龙国家级自然保护区外来植物调查. *四川林业科技*, 2015, 36(3): 125-132.
- [26] 四川省林业厅. 四川省第四次大熊猫调查报告. 成都: 四川科学技术出版社, 2015.
- [27] 刘巖, 黄金燕, 谢浩, 周世强, 张明春, 黄炎, 李德生, 刘明聪, 张和民. 汶川地震对卧龙自然保护区社区经济的影响. *四川林业科技*, 2014, 35(6): 77-80.
- [28] 余志伟, 邓其祥, 胡锦鑫, 李洪成, 王培勇. 卧龙自然保护区的脊椎动物. *南充师院学报: 自然科学版*, 1983, (1): 6-56.
- [29] Johnson A, Vongkhamheng C, Hedemark M, Saitongdam T. Effects of human-carnivore conflict on tiger (*Panthera tigris*) and prey populations in Lao PDR. *Animal Conservation*, 2006, 9(4): 421-430.
- [30] Kelly M J, Holub E L. Camera trapping of carnivores: trap success among camera types and across species, and habitat selection by species, on salt pond mountain, Giles County, Virginia. *Northeastern Naturalist*, 2008, 15(2): 249-262.
- [31] 宋大昭, 王卜平, 蒋进原, 万绍平, 崔士明, 王天明, 冯利民. 山西晋中庆城林场华北豹及其主要猎物种群的红外相机监测. *生物多样性*, 2014, 22(6): 733-736.
- [32] 张晋东, 李玉杰, 李仁贵. 红外相机技术在珍稀兽类活动模式研究中的应用. *四川动物*, 2015, 34(5): 671-676.
- [33] 武鹏峰, 刘雪华, 蔡琼, 何祥博, Songer M, 朱云, 邵小明. 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*, 2012, 32(1): 67-71.
- [34] 段利娟, 张玉波, 康东伟, 王小蓉, 李俊清. 血雉繁殖初期和育雏期的日活动模式及集群行为研究. *生物学杂志*, 2014, 31(6): 42-45.
- [35] 韩宗先, 魏辅文, 张泽钧, 李明, 张保卫, 胡锦鑫. 蜂桶寨自然保护区小熊猫对生境的选择. *兽类学报*, 2004, 24(3): 185-192.
- [36] Zhang Z J, Sheppard J K, Swaisgood R R, Wang G, Nie Y G, Wei W, Zhao N X, Wei F W. Ecological scale and seasonal heterogeneity in the spatial behaviors of giant pandas. *Integrative Zoology*, 2014, 9(1): 46-60.
- [37] Dunbar R I M, Korstjens A H, Lehmann J. Time as an ecological constraint. *Biological Reviews*, 2009, 84(3): 413-429.
- [38] 马长勇, 费汉榄, 黄涛, 崔亮伟, 范朋飞. 邦亮东黑冠长臂猿日食性与活动节律的季节性变化. *兽类学报*, 2014, 34(2): 105-114.
- [39] Wang F, McShea W J, Li S, Wang D J. Does one size fit all? a multispecies approach to regional landscape corridor planning. *Diversity and Distributions*, 2018, 24(3): 415-425.
- [40] Wang F, McShea W J, Wang D J, Li S. Shared resources between giant panda and sympatric wild and domestic mammals. *Biological Conservation*, 2015, 186: 319-325.
- [41] Li B V, Pimm S L. China's endemic vertebrates sheltering under the protective umbrella of the giant panda. *Conservation Biology*, 2016, 30(2): 329-339.