

DOI: 10.5846/stxb201801210162

王盼,白文科,黄金燕,张晋东,刘焯,夏珊珊,饶佳,周材权.同域分布大熊猫和水鹿生境利用分异特征.生态学报,2018,38(15): - .
Wang P, Bai W K, Huang J Y, Zhang J D, Liu D, Xia S S, Rao J, Zhou C Q. Habitat use of differentiation between sympatric giant panda and sambar.
Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(15): - .

同域分布大熊猫和水鹿生境利用分异特征

王盼¹, 白文科^{1,2}, 黄金燕³, 张晋东^{1,*}, 刘焯³, 夏珊珊¹, 饶佳¹, 周材权^{1,2}

1 西华师范大学珍稀动植物研究所 西南野生动植物资源保护教育部重点实验室, 南充 637002

2 西华师范大学生态研究院, 南充 637002

3 中国大熊猫保护研究中心, 卧龙 623006

摘要:野生动物的生境利用特征研究是动物生态学核心问题之一,同域分布动物对生境的利用特征及共存机制是其重要组成部分,也是实现珍稀濒危物种保护与栖息地恢复的基础。基于空间利用和生境因子选择差异研究了卧龙自然保护区同域分布大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)和水鹿(*Rusa unicolor*)的生境利用关系,探讨了同域分布野生动物在生境因子选择和空间利用的分异特征。结果表明:(1)空间利用上,大熊猫和水鹿的空间重叠系数为 58.35%,其中,在原始林和次生林生境中的空间重叠系数分别为 66.58%和 36.64%,二者在原始林中的空间重叠较高;(2)生境因子选择上,大熊猫和水鹿对物理因子的选择有坡位、离小路距离和离水源距离 3 个变量有显著性差异,对生物因子的选择有乔木密度、灌木盖度、灌木密度、竹林盖度、幼竹密度、幼竹基径、幼竹高度、成竹高度和死竹密度 9 种变量有显著性差异;(3)大熊猫和水鹿都表现为更偏好原始林生境,但大熊猫对原始林的依赖性更强。分析同域分布动物的生境利用关系有利于深入了解不同动物对资源的利用特征及共存机制,可以为保护区制定珍稀野生动物保护和栖息地恢复政策提供科学依据。

关键词:同域分布;生境利用;空间利用;共存机制

Habitat use of differentiation between sympatric giant panda and sambar

WANG Pan¹, BAI Wenke^{1,2}, HUANG Jinyan³, ZHANG Jindong^{1,*}, LIU Dian³, XIA Shanshan¹, RAO Jia¹, ZHOU Caiquan^{1,2}

1 Key Laboratory of Southwest China Wildlife Resources Conservation (Ministry of Education), Institute of Rare Animals & Plant, China West Normal University, Nanchong 637002, China

2 Institute of Ecology, China West Normal University, Nanchong 637002, China

3 China Conservation and Research Center for the Giant Panda, Wolong Nature Reserve, 623006, China

Abstract: Understanding wild animal habitat use is a core issue in animal ecology. The characteristics and coexistence mechanisms affecting the ability of multiple species to utilize the same habitat are fundamental to this understanding, and are also the basis for the conservation and habitat restoration of many rare and endangered species. To investigate the habitat utilization relationship between giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*) and sambar (*Rusa unicolor*) in Wolong Nature Reserve, we analyzed differences of space use and habitat selection between the two species. The results showed that: (1) the overlap index of the giant panda and sambar is 58.35%, with 66.58% overlap in primary forest and 36.64% overlap in secondary forest, indicating that the spatial overlap between the two species in primary forest is relatively large; (2) regarding the habitat selection of the panda and sambar, physical factors, including slope position, distance to water, and distance to footpath were significantly different, and biological factors, including tree density, shrub coverage, shrub

基金项目:国家自然科学基金面上项目(31572293;41571517);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);四川省科技计划项目(0215JY0219);西华师范大学博士科研启动项目(17E073;17E074);西华师范大学英才基金项目(17YC358;17YC369)

收稿日期:2018-01-21; 网络出版日期:2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: Zhangjd224@163.com

density, bamboo coverage, young bamboo density, young bamboo basal diameter, young bamboo height, mature bamboo height, and dead bamboo density were also significantly different; and (3) both species appeared to prefer primary forest habitats, but the panda's dependence on primary forests was stronger. The analysis of the habitat utilization relationships of sympatric species contributes to an in-depth understanding of their space-use characteristics and coexistence mechanisms. Such analyses also provide a scientific basis for the management and conservation of rare species, as well as habitat restoration in protected areas

Key Words: sympatry; habitat utilization; spatial utilization; coexistence

大熊猫是世界生物多样性保护的旗舰物种,也是中国特有珍稀孑遗动物。为保护这一珍稀濒危物种我国政府自 20 世纪 60 年代开始建立自然保护区,迄今为止全国已建立以大熊猫为主要保护对象的自然保护区 67 个,保护大熊猫栖息地 258 万 hm^2 ^[1]。在开展大熊猫及其栖息地保护的同时,由于其产生的“伞护效应”也保护了与其同域分布珍稀濒危动物及其栖息地,其中有超过 96% 的大熊猫栖息地与其他特有两栖类、鸟类和哺乳动物的分布区相重叠^[2]。但是,保护区内过度采伐迹地的森林植被目前并未完全恢复,缺乏完全的水文功能,生物多样性丰富度差^[3],再加上放牧等人类活动的影响,栖息地丧失和破碎化仍旧是对大熊猫及其同域分布物种生存的重要威胁^[4-6]。

关于大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)生境的研究主要涉及特定区域、特定季节、不同森林起源上的大熊猫生境选择和利用,研究对象大多是针对大熊猫单一物种的研究^[7-13]。但是在大熊猫栖息地保护和生境恢复的进程中,这种将单个物种作为保护对象,极具针对性的保护计划的效果已经受到质疑,需综合考虑多个物种对生境的需求,才能制定出更科学的保护计划^[14]。国内已经有学者关注到了这一问题并开展了大熊猫同域分布物种的调查,主要涉及大熊猫伴生动物种类调查、种群分布、动态变化等较为基础的研究^[15-18],但是仅有少数研究分析了大熊猫与其同域分布物种在生境选择与利用中的异同^[2, 19-22]。

卧龙自然保护区是我国最早成立的以保护大熊猫为主的国家级自然保护区,保护区内有着丰富的动物资源,研究表明与大熊猫同域分布的野生动物有小熊猫(*Ailurus fulgens*)、金丝猴(*Rhinopithecus roxellanae*)、扭角羚(*Budorcas taxicolor*)、水鹿(*Rusa unicolor*)、斑羚(*Naemorhedus goral*)等多种珍稀兽类,其中水鹿是在大熊猫核心栖息地内分布最多、野外遇见率最高的有蹄类之一^[23]。水鹿和大熊猫都是主要的林栖动物,有研究发现卧龙自然保护区内水鹿主要在森林和竹林活动,并且水鹿会采食冷箭竹的竹叶^[24],这表明水鹿和大熊猫不仅在生态位上有着重叠现象,二者还存在着竞食关系,但国内目前并未有关于大熊猫与水鹿的共存机制研究,本研究首次将大熊猫和水鹿的空间利用和生境选择特征进行比较,以探究同域分布动物生境利用分异特征。对同域分布的野生动物开展生境和空间利用研究是生物多样性保护的理论基础,有利于更深入的了解物种对空间和资源的竞争与共存机制。

1 研究方法

1.1 研究区域

四川卧龙国家级自然保护区(102°52′—103°24′E, 30°45′—31°25′N)始建于 1963 年,是我国建立最早的以保护大熊猫及森林生态系统为主的综合性自然保护区之一,保护区东西长 52 km,南北宽 62 km,总面积达 2000 km^2 。保护区处于成都平原向青藏高原的过渡地带,海拔变化显著,山高谷深,生态系统类型多样。主要有皮条河、正河、西河和中河,河流两侧发育有许多支流,形成树枝状水系^[25]。

保护区内的核桃坪、牛头山和五一棚区域毗邻皮条河,东南面由老鸦山河谷包围,海拔 1840—3200 m,森林植被类型多样,生长有拐棍竹(*Fargesia robusta*)、冷箭竹(*Bashania fangiana*)和短锥玉山竹(*Yushania brevipaniculata*),是大熊猫活动核心区^[26]。长期野外工作发现这些区域分布大量的水鹿活动痕迹,故选为本文的研究区域(图 1)。

1.2 样方设置

本研究将研究区域内不同海拔上的兽径作为研究样线,在每条样线上每隔 200 m 做一个植被样方。每个乔木样方设置为 20 m×20 m,记录坡度、坡向、动物痕迹(如食迹、粪便、实体等)等;在乔木样方内,以乔木样方中心点沿坡向的水平垂直线与乔木样方边界为界设置 4 个 10 m×10 m 的灌木样方,记录灌木盖度、平均高度、密度等;此外,在乔木样方内成“品”字形设置 3 个竹子样方,竹子样方之间直线距离至少大于 6 m,记录竹子盖度、密度、高度、基径等(表 1)。

1.3 分析方法

1.3.1 空间利用

为量化水鹿和大熊猫的空间利用竞争特征,本研究采用位点重叠计算公式计算两种动物的空间重叠关系。空间重叠系数计算公式为^[27]:

$$OI = O_{ij} / (O_i \times O_j)^{1/2}$$

式中, OI 表示重叠度系数; O_{ij} 表示水鹿和大熊猫共同出现的样方数; O_i 、 O_j 表示:有水鹿(大熊猫)出现的样方数。

1.3.2 生境选择

本研究随机选取了不同森林起源的生境做植被样方调查,以计算大熊猫和水鹿对原始林和次生林生境的利用强度。在每个样方中选择并记录了 27 种生境因子,用以分析水鹿和大熊猫对不同生态因子的选择差异,先用单一样本 Kolmogorov-Smirnov 检验对数据进行正态分布判定,对满足正态分布的数据采用独立样本 T 检验进行运算,非正态分布的数据采用 Mann-Whitney U 检验进行运算。检验皆使用 SPSS 22.0 软件进行,显著水平为 0.05。

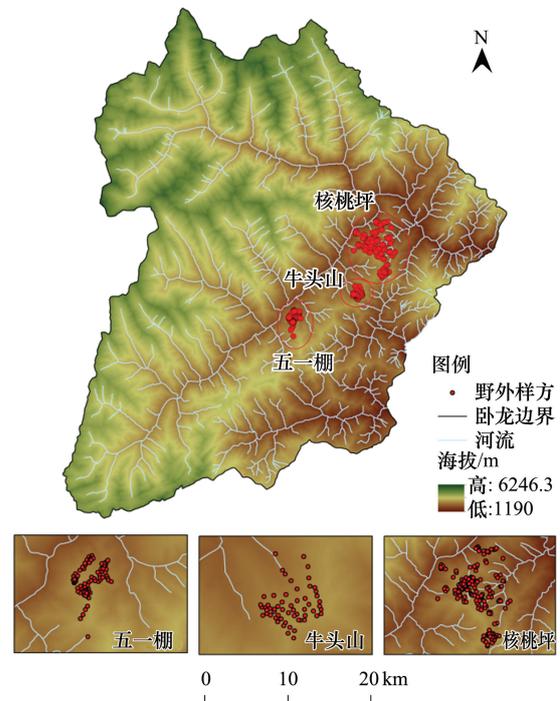


图 1 卧龙自然保护区野外样方设置点
Fig.1 Location of field sample in Wolong National Reserve

表 1 野外样方生境因子基本信息

Table 1 The basic information of habitat factors in the field sample

生境因子 Habitat factors	类型及定义(测量方法) Types and definition(measuring method)
大熊猫活动痕迹 Spoor of Giant Pandas	指有爪痕、足迹、粪便等具有大熊猫活动痕迹的场所;有、无
坡向 Slope aspect	以 45°等区间划分,GPS 测定;
坡位 Slope position	脊部:山脊及两侧垂直下降 20 m 范围;上部、中部、下部:分别为脊部和沟谷之间的垂直距离三等分;沟谷:汇水两侧的谷地、冲积地、平台及垂直上升 20 m 范围
坡度 Slope	20 m×20 m 样方中心处的坡度,GPS 测定;
水源距离 Distance to water/m	20 m×20 m 样方中心与其相距最近终年常流水的距离;
小路距离 Distance to footpath/m	20 m×20 m 样方中心与其相距最近林间小路;
植被类型 Vegetation types	常绿落叶阔叶林、灌丛、落叶阔叶林、亚高山暗针叶林、针阔混交林等;
郁闭度 Canopy density	20 m×20 m 样方内乔木林冠对地面的覆盖率;
乔木密度 Tree density	20 m×20 m 样方内高度大于 5 m 的乔木株数;
乔木高度 Height of tree/m	20 m×20 m 样方内所有乔木的平均高度;
乔木胸径 Tree diameter at breast height/cm	20 m×20 m 样方内所有乔木距地面 1.3 m 处的平均直径;
乔木冠幅 Crown diameter of tree/m	20m×20m 样方内所有乔木在坡向水平和垂直两个方向林冠长度的平均值;
乔木枝下高 Height under tree branches/m	20m×20 m 样方内所有乔木最下分枝的平均高度;

续表

生境因子 Habitat factors	类型及定义(测量方法) Types and definition(measuring method)
灌木盖度 Shrub coverage/%	4个10 m×10 m 灌木样方内灌木对地面的平均覆盖率;
灌木密度 Shrub density	4个10 m×10 m 灌木样方内高度小于5m的平均乔木株数与灌木丛数;
灌木高度 Height of shrub/m	4个10 m×10 m 灌木样方内所有灌木的平均高度;
灌木胸径 Shrub diameter at breast height/cm	4个10 m×10 m 样方内所有灌木主杆的平均直径;
竹子盖度 Bamboo coverage/%	3个1 m×1 m 竹子样方内竹子对地面的平均覆盖率;
竹笋密度 Numbers of bamboo shoots	3个1 m×1 m 竹子样方内竹笋的平均株数;
竹笋基径 Basal diameter of bamboo shoots/mm	3个1 m×1 m 竹子样方内随机10株竹笋的平均基径,不足10株的全部测量(用游标卡尺);
竹笋高度 Height of bamboo shoots/cm	3个1 m×1 m 竹子样方内进行基径测量的竹笋的平均高度;卷尺
幼竹密度 Density of young bamboo	3个1 m×1 m 竹子样方内幼竹的平均株数;
幼竹基径 Basal diameter of young bamboo/mm	3个1 m×1 m 竹子样方内随机10株幼竹的平均基径,不足10株的全部测量;游标卡尺
幼竹高度 Height of young bamboo/cm	3个1 m×1 m 竹子样方内进行基径测量的幼竹的平均高度;卷尺
成竹密度 Numbers of mature bamboo	3个1 m×1 m 竹子样方内成竹的平均株数;
成竹基径 Basal diameter of mature bamboo/mm	3个1 m×1 m 竹子样方内随机10株成竹的平均基径,不足10株的全部测量;游标卡尺
成竹高度 Height of mature bamboo/cm	3个1 m×1 m 竹子样方内进行基径测量的成竹的平均高度;卷尺
死竹密度 Density of death bamboo	3个1 m×1 m 竹子样方内死竹的平均株数;包括开花竹、被取食残株等

2 结果与分析

2.1 空间利用

在研究区域(核桃坪、牛头山、五一棚)共调查了400个样方。其中有大熊猫痕迹的样方263个,有水鹿痕迹的样方222个,同一样方中大熊猫和水鹿痕迹都有的样方有141个。利用位点重叠公式计算得出在大熊猫核心栖息地中大熊猫和水鹿的位点重叠系数为58.35%,在原始林生境中的重叠系数高达66.58%,如表2。这一结果表明在大熊猫核心栖息地中水鹿和大熊猫的生境重叠范围较广,二者在原始林生境中的空间竞争较大。

2.2 生境选择

根据大熊猫和水鹿样方数在森林起源上的不同,分析二者对原始林和次生林的利用强度。如图2,结果表明两种动物都在原始林的出现率较高,差异在于大熊猫对原始林的利用率高达82.89%,而水鹿对原始林的利用率为67.12%,表明大熊猫对原始林的依赖性更强。

在调查过程中仅有大熊猫痕迹的样方有122个,仅有水鹿痕迹的样方有81个。对5个物理因子进行差异性分析,结果如下表(表3),坡位($P<0.01$)、离小路距离($P<0.05$)、离水源距离($P<0.05$)有显著性差异。大熊猫出现率较高的区域位于中坡位和上坡位、离小路距离小于300 m、离水源距离小于500 m的地方;而水鹿出现率较高的区域位于中坡位和下坡位活动、离小路200—300 m、离水源距离小于300 m的地方。

对22个生物因子进行差异性分析,结果显示(表4):大熊猫和水鹿对乔木层因子中的乔木密度($P<0.05$)、灌木层因子中的灌木盖度($P<0.01$)和灌木密度($P<0.01$),竹林因子中的竹林盖度($P<0.05$)、幼竹密度($P<0.01$)、幼竹基径($P<0.05$)幼竹高度($P<0.05$)、成竹高度($P<0.01$)、死竹密度($P<0.01$)的选择有显著性差异。水鹿在乔木密度较高、灌木盖度为50%—90%、密度适中的区域出现率较高;大熊猫在灌木盖度较高(>75%)但是密度较低、竹林盖度和幼竹密度高、幼竹基径小、死竹密度低的生境出现率较高,在幼竹高度和成竹高度变量的选择中大熊猫呈现随机选择的趋势;而水鹿对竹林层因子的选择无显著性规律。

表2 同域分布大熊猫和水鹿生境空间重叠系数

Table 2 Overlap indices of sympatric Giant Panda and Sambar

生境类型 Habitat type	重叠系数/% Overlap indices
大熊猫核心栖息地 Giant panda habitat	58.35
原始林 Original forests	66.58
次生林 secondary forests	36.64

3 讨论

从空间利用上分析,大熊猫和水鹿的空间重叠系数高达 58.35%,在原始林中的空间重叠率为 66.58%,说明二者在空间分布格局上具有重叠现象,在原始林中空间资源的限制会导致二者的生态竞争加强。对大熊猫而言,原始林生境中高大的乔木可以为大熊猫提供育幼、觅食、躲避天敌、远离干扰等条件,有利于大熊猫的生存繁衍^[28]。对水鹿而言,原始林和次生林处于不同的植被演替阶段,次生林中的灌木和草本生长旺盛密度较大^[7],会影响水鹿在林中的活动,所以水鹿在原始林中的出现率较高。

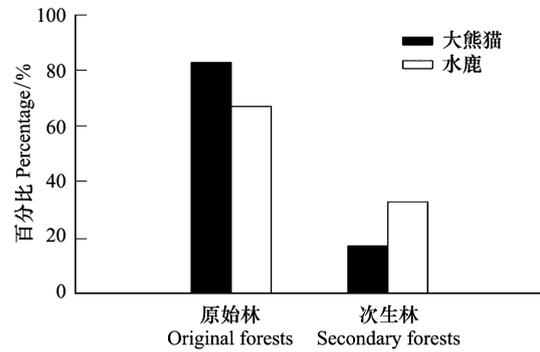


图2 同域分布大熊猫和水鹿原始林和次生林的利用率比较
Fig.2 Utilization rate Comparison of original and secondary forests of sympatric Giant Panda and Sambar

表3 大熊猫和水鹿生境利用物理因子检测结果

Table 3 Test result of physical factors of habitat use between Giant panda and Sambar

物理因子 Physical factors	Z	P	显著性 Significance	物理因子 Physical factors	Z	P	显著性 Significance
坡向 Slope aspect	-0.466	0.641	不显著	离小路距离 Distance to footpath	-2.275	0.023	显著
坡度 Slope	-0.453	0.650	不显著	距水源距离 Distance to water	-1.957	0.050	显著
坡位 Slope position	-2.752	0.006	极显著				

表4 大熊猫和水鹿生境利用生物因子检测结果

Table 4 Test result of biological factors of habitat use between Giant panda and Sambar

生物因子 Biological factors	大熊猫 Giant panda		水鹿 Sambar		T 或 Z	P
	平均值 Average value	标准差 Standard deviation	平均值 Average value	标准差 Standard deviation		
郁闭度 Canopy density	0.63	0.12	0.667	0.165	Z=-0.619	0.536
乔木密度 Numbers of tree	16.728	13.8578	18.354	9.1670	Z=-1.973	0.049 *
乔木高度 Height of tree/m	12.395	3.5831	11.891	4.4073	Z=-1.878	0.060
乔木胸径 Tree diameter at breast height/cm	24.603	8.4937	22.818	11.2168	T=1.390	0.166
乔木枝下高 Height under tree branches/m	4.618	4.2881	3.040	3.2943	Z=-1.937	0.053
乔木冠幅 Crown diameter of tree/m	3.429	1.5876	3.317	1.6745	Z=-1.577	0.115
灌木盖度 Shrub coverage/%	0.93	0.87	0.09	0.14	Z=-4.022	0.000 **
灌木密度 Numbers of shrub	39.032	15.8221	56.049	28.5605	Z=-4.876	0.000 **
灌木高度 Height of shrub/m	3.305	1.3810	3.318	1.1442	Z=-1.643	0.100
灌木胸径 Shrub diameter at breast height/cm	3.994	2.1842	3.567	1.2740	Z=-0.313	0.754
竹子盖度 Bamboo coverage/%	0.83	0.74	0.17	0.21	Z=-3.278	0.001 **
竹笋密度 Numbers of bamboo shoots	33.860	23.9690	29.590	13.605	Z=-0.347	0.729
竹笋基径 Height of bamboo shoots/mm	36.930	106.2790	133.740	181.574	Z=-1.100	0.271
竹笋高度 Height of bamboo shoots/cm	133.550	105.4170	107.020	54.565	Z=-0.193	0.847
幼竹密度 Numbers of young bamboo	31.140	21.1260	42.210	19.184	T=-3.979	0.000 **

续表

生物因子 Biological factors	大熊猫 Giant panda		水鹿 Sambar		T 或 Z	P
	平均值 Average value	标准差 Standard deviation	平均值 Average value	标准差 Standard deviation		
幼竹基径 Basal diameter of young bamboo/mm	52.110	128.3130	154.570	195.652	Z = -2.141	0.032 *
幼竹高度 Height of young bamboo/cm	149.820	115.9100	108.691	61.642	Z = -3.294	0.001 **
成竹密度 Numbers of mature bamboo	139.800	88.4030	139.290	51.097	T = -0.004	0.997
成竹基径 Basal diameter of mature bamboo/mm	51.750	51.750	154.400	193.675	Z = -1.775	0.076
成竹高度 Height of mature bamboo/mm	148.220	117.038	103.500	50.231	Z = -4.323	0.000 **
死竹密度 Numbers of death bamboo	71.580	45.611	57.000	27.055	T = 2.651	0.009 **
植被类型 Vegetation types	5.444	1.1914	5.378	1.2535	Z = -0.519	0.604

* 表示 $P < 0.05$, 差异性显著; ** 表示 $P < 0.01$, 差异极显著

从森林起源上分析,大熊猫对原始林的利用率为 82.89%;对次生林的利用为 17.11%,而水鹿对原始林的利用率为 67.12%;对次生林的利用为 32.88%,说明在对原始林和次生林的利用中水鹿与大熊猫具有相似的利用偏好,但是相对于大熊猫而言,水鹿对次生林的利用率更高。已有研究表明卧龙自然保护区的次生林生境经过几十年的保护已经得到了较大程度的恢复,具备大熊猫生境选择的基本条件^[13]。但是本研究结果显示,即使在已经具备大熊猫生存条件的次生林生境,在实际应用中大熊猫对次生林生境的利用率相对于原始林的利用率还是很低,大熊猫依然更偏好原始林中活动。

微生境的分离是同域分布物种共存的主要原因^[29]。野生动物选择栖息地时会考虑到其他物种的出现和介入^[30],大熊猫对生境因子的选择具有不同程度的可塑性和灵活性^[31],为避免与同域分布动物在空间上的剧烈竞争,大熊猫在物理因子的选择上与水鹿产生了分异,二者分别利用不同坡位和离小路不同距离的生境使生态竞争降低。有研究表明水鹿几乎常年在水流附近活动^[32],大熊猫也喜欢离水源较近的生境^[20,33],但是本研究发现水鹿对水源的依赖性更强,水鹿几乎常年离不开水^[32],而大熊猫在非采食竹笋的季节才会通过大量饮水来弥补体内水分的丧失^[34]。

大熊猫和水鹿在生物因子的选择中,有乔木密度、灌木盖度、灌木密度、竹林盖度、幼竹密度、幼竹基径、幼竹高度、成竹高度和死竹密度等 9 种生态因子有显著性差异。动物的耐受性定律表明动物对每种生境因子的选择有一定的范围以满足其生存需求^[35],竹林作为大熊猫觅食的主要活动区域,大熊猫对其各因子的选择范围更为明显,因为较高的竹林盖度可为大熊猫提供良好的隐蔽条件,幼竹的生长状况与大熊猫的食物直接相关;而灌丛作为水鹿觅食的主要活动区域,水鹿在灌木盖度适中(50%—90%)的生境出现率较高,且水鹿对灌木密度的适应选择范围更大。但是,这种生境差异性选择并非单一因子影响,例如水源地周围的坡度较为平缓,灌木种类多样性较为丰富,而水鹿主要以各类灌木嫩枝叶为食^[32,36],灌木越多的区域水鹿的食物越充足,聚群生活的水鹿需要食物丰富的生境以满足群体对能量的需求。

野生动物理想的适宜生境需要包含各种功能斑块,能够满足其生存和繁殖所需要的一系列条件^[37]。对同域分布的大熊猫和水鹿而言,二者在空间利用上有较高的重叠现象,但是对微生境的选择和利用方式有显著性差异。两种动物选择了更能满足各自生理和生态需求的生境,以满足自身对能量的需求,并减少在空间分布上有较高冲突时所产生的生态竞争,说明二者对生境的利用存在差异性,具有独特的共存机制。野生动物保护最终的目标就是维持生物多样性^[38],卧龙自然保护区具有长达几十年的保护历史,在“退耕还林”和“天然林保护工程”等政策的推动下,其生境质量明显提高,动植物数量也有明显增长的趋势。研究同域分布物种在面临资源和空间上竞争压力时的生境利用关系,是开展物种多样性保护研究的重要步骤。所以,有必

要继续开展大熊猫同域分布物种的生境利用关系和共存机制研究,这对保护区制定重要珍稀濒危物种的保护政策具有重要意义。

参考文献 (References):

- [1] 唐小平, 贾建生, 王志臣, 张德辉, 遇宝成, 岳建兵, 龚明昊, 刘洋. 全国第四次大熊猫调查方案设计 & 主要结果分析. 林业资源管理, 2015, (1): 11-16.
- [2] 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.
- [3] 严旬. 大熊猫自然保护区体系研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2005.
- [4] Liu J G, Linderman M, Ouyang Z Y, An L, Yang J, Zhang H M. Ecological degradation in protected areas: the case of Wolong Nature Reserve for giant pandas. *Science*, 2001, 292(5514): 98-101.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 段利娟, 康东伟, 王小蓉, 杨宏伟, 李俊清. 王朗自然保护区大熊猫原始林与次生林的生境利用比较研究. 生物学杂志, 2014, 31(3): 49-51.
- [8] 李爽, 康东伟, 宋国华, 李俊清. 大熊猫利用生境与人工林环境的比较研究. 生物学杂志, 2017, 34(2): 55-57.
- [9] 冉江洪, 曾宗永, 王昊, 刘少英, 王鸿加, 刘世昌. 大熊猫在原始林和次生林中生境利用的比较研究. 北京林业大学学报, 2004, 26(4): 8-14.
- [10] 杨宏伟, 康东伟, 李俊清, 赵联军, 王小蓉, 黄舰, 田勇金. 王朗、小河沟自然保护区大熊猫越冬生境利用比较研究. 生物学杂志, 2013, 30(3): 48-50.
- [11] 洪明生, 王继成, 杨旭煜, 古晓东, 张泽钧. 原始林与次生林中大熊猫微生境结构的比较. 西华师范大学学报: 自然科学版, 2012, 33(4): 356-361.
- [12] Hong M S, Wei W, Yang Z S, Yuan S B, Yang X Y, Gu X D, Huang F, Zhang Z J. Effects of timber harvesting on *Arundinaria spanostachya* bamboo and feeding-site selection by giant pandas in Liziping Nature Reserve, China. *Forest Ecology and Management*, 2016, 373: 74-80.
- [13] 白文科. 卧龙自然保护区大熊猫空间利用与生境选择动态变化研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2017.
- [14] 段利娟. 王朗自然保护区大熊猫及其同域物种活动节律及栖息地利用研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2014.
- [15] 冉江洪, 刘少英, 孙治宇, 刘世昌, 王鸿加, 刘小庚, 何万红. 四川青川县大熊猫栖息地主要伴生哺乳动物调查. 四川动物, 2002, 21(1): 50-52.
- [16] 宁智刚, 袁朝晖, 王军岗. 长青保护区大熊猫及其伴生动物的种群动态监测. 陕西理工学院学报: 自然科学版, 2012, 28(4): 70-73.
- [17] 黄尤优, 乔波, 韦伟, 董鑫. 四川喇叭河自然保护区大熊猫及其伴生动物种群分布变化. 生态与农村环境学报, 2014, 30(2): 189-195.
- [18] 张洪峰, 封托, 孔飞, 朱云, 蔡琼, 吴晓民. 108 国道秦岭生物走廊带大熊猫主要伴生动物调查. 生物学通报, 2011, 46(7): 1-3.
- [19] 魏辅文, 冯祥建, 王祖望. 相岭山系大熊猫和小熊猫对生境的选择. 动物学报, 1999, 45(1): 57-63.
- [20] 张泽钧, 胡锦矗, 吴华. 邛崃山系大熊猫和小熊猫生境选择的比较. 兽类学报, 2002, 22(3): 161-168.
- [21] Xu W H, Viña A, Qi Z X, Ouyang Z Y, Liu J G, Liu W, Wan H. Evaluating conservation effectiveness of nature reserves established for surrogate species: case of a giant panda nature reserve in Qinling Mountains, China. *Chinese Geographical Science*, 2014, 24(1): 60-70.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 张晋东, 李玉杰, 黄金燕, 白文科, 周世强, 李应洪, 周材权. 利用红外相机建立野生水鹿行为谱及 PAE 编码系统. 兽类学报, 2018, 38(1): 1-11.
- [25] 黄金燕, 周世强, 谭迎春, 周小平, 王鹏彦, 张和民. 卧龙自然保护区大熊猫栖息地植物群落多样性研究: 丰富度、物种多样性指数和均匀度. 林业科学, 2007, 43(3): 73-78.
- [26] 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: 中国科学院研究生院, 2012.
- [27] Pianka E R. Niche overlap and diffuse competition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1974, 71(5): 2141-2145.
- [28] Zhang Z J, Swaisgood R R, Zhang S N, Nordstrom L A, Wang H J, Gu X D, Hu J C, Wei F W. Old-growth forest is what giant pandas really need. *Biology Letters*, 2011, 7(3): 403-406.
- [29] Brown J H, Lieberman G A. Resource utilization and coexistence of seed-eating desert rodents in sand dune habitats. *Ecology*, 1973, 54(4): 788-797.
- [30] 蒋志刚. 动物行为原理与物种保护方法. 北京: 科学出版社, 2004.
- [31] 胡锦矗. 大熊猫研究. 上海: 上海科技教育出版社, 2001.
- [32] 唐敏, 刘洪清, 洪淑芬. 湖南五盖山水鹿的生物学特性及数量统计初探. 湖南林业科技, 1998, 25(2): 33-34.
- [33] 刘雪华, 金学林. 秦岭南坡两个大熊猫活动密集区的生境特征及大熊猫对生境的选择. 生态学杂志, 2008, 27(12): 2123-2128.
- [34] 胡锦矗, 夏勒. 卧龙的大熊猫. 成都: 四川科学技术出版社, 1985.
- [35] 尚玉昌. 普通生态学(第二版). 北京: 北京大学出版社, 2002.
- [36] 袁喜才, 王宝琳. 海南岛水鹿. 野生动物, 1983, (6): 37-39.
- [37] 张明海, 李言阔. 动物生境选择研究中的时空尺度. 兽类学报, 2005, 25(4): 395-401.
- [38] Nicholson E, Possingham H P. Objectives for multiple-species conservation planning. *Conservation Biology*, 2006, 20(3): 871-881.