

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.03.002

草坡自然保护区大熊猫空间利用与生境选择动态特征

饶佳¹,白文科^{1,2},张晋东^{1*},董鑫³,古晓东⁴,蔡清贵⁵,周材权^{1,2}

(1.西南野生动植物资源保护教育部重点实验室,四川南充 637002;

2.西华师范大学生态研究院,四川南充 637002; 3.西华师范大学环境科学与工程学院,四川南充 637002;

4.四川省野生动物资源调查保护管理站,四川成都 610081; 5.草坡省级自然保护区管理局,四川汶川 623000)

摘要:大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)空间利用与生境选择动态特征研究,是深入了解野生大熊猫种群动态及生境状况的重要途径,也是实施大熊猫保护的主要科学依据。本文基于2001年全国第三次大熊猫调查、2012年全国第四次大熊猫调查及2016年保护区野外生境调查数据,研究了草坡自然保护区大熊猫种群空间分布动态变化和生境选择动态特征。结果表明:空间利用方面,随着草坡自然保护区大熊猫种群数量的增加,大熊猫的空间利用面积扩大了45.62%,大熊猫在空间分布上有明显扩散的现象。生境选择动态方面:在选取的7个微生境因子中,草坡自然保护区大熊猫对坡向、海拔、坡度的选择趋向于均衡选择、向高海拔选择、向较大坡度选择;对坡型、植被类型、森林起源、主食竹类型的选择并无明显变化。在一定空间和食物资源条件下,种群数量急剧增加产生的生境压力导致大熊猫对生境的空间利用格局发生明显变化。大熊猫对生境利用面积的扩大和对一定生境的适应表明野生大熊猫有着明显的环境适应和迁移扩散能力。因此,在较大时间尺度上研究保护区野生大熊猫种群的空间利用变化与生境选择动态变化特征,能够了解大熊猫种群的种群动态和对不同生境因子的需求程度,对野生大熊猫种群保护及生境恢复有着重要的指导意义。

关键词:大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*),空间利用,生境选择动态,草坡自然保护区

中图分类号:Q958.1

文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2018)03-0007-06

A Study of Spatial Utilization and Habitat Selection of Giant Pandas in Caopo Nature Reserve

RAO Jia¹ BAI Wen-ke^{1,2} ZHANG Jin-dong^{1*} DONG Xin³

GU Xiao-dong⁴ CAI Qing-gui⁵ ZHOU Cai-quan^{1,2}

(1. Key Laboratory of Southwest Wildlife Resources Protection of MOE, Nanchong 637002, China;

2. Institute of ecology, China West Normal University, Nanchong 637002, China;

3. School of Environmental Science and Engineering, China West Normal University, Nanchong 637002, China;

4. Sichuan Wildlife Resources Investigation and Protection Management Station, Chengdu 610081, China;

5. Caopo Provincial Nature Reserve Administration, Wenchuan 623000, China)

Abstract: The spatial distribution pattern and habitat selection dynamic characteristics of giant pandas were important to understand their population dynamics and living environment, which also provided primary reference for the conservation. Based on data from the 3rd and 4th national giant panda surveys, as

收稿日期:2018-04-19

基金项目:国家自然科学基金面上项目(31572293,41571517);香港海洋公园保育基金项目(RB01_1617)。

作者简介:饶佳(1991-),男,四川南充人,硕士研究生,主要从事动物生态与分子生态学研究。e-mail:raojia1991@163.com

*通讯作者:张晋东,e-mail:zhangjd224@163.com

well as field survey data of 2016, the spatial distribution dynamics and habitat selection dynamic characteristics were studied for the giant panda population in Caopo Nature Reserve. The results showed that along with an increase of the giant panda population, the spatial utilization area of giant pandas increased by 45.62%. With the pressure of an increasing population size, the giant panda spatial utilization pattern underwent a significant diffusion. In terms of habitat selection, among the seven microhabitat factors selected, the slope and altitude selection of giant pandas tended to be balanced, higher altitude, and larger slope. There was no obvious change in the selection of slope type, vegetation type, forest origin and bamboo type. Under the condition of limited space and food resources, the habitat pressure caused by the rapid increase of population resulted in significant changes in the spatial utilization pattern of giant pandas. The results showed that the wild giant panda population had a high capacity for environmental adaptation, migration and diffusion. Hence, by studying the changes in spatial utilization and habitat selection characteristics of the giant panda population in the reserve over a long temporal scale, It would be possible to understand the population dynamics of the giant panda population and the demand for different habitat factors. The methods and results of this study had significance for the continued conservation of wild giant panda populations.

Key words: Giant panda, Space utilization, Habitat selection dynamic, Caopo Nature Reserve

生境选择是动物对生境的选择行为和利用过程,可以为野生动物生境保护和生境恢复提供科学依据,同时野生动物的生境选择特征也是其种群数量受人干扰影响程度的重要表现^[1~2]。生境选择研究的主要内容包括评估生境质量、生境划分、野生动植物生存环境负载预测和资源的保护管理及探讨物种的濒危机制及应对策略等^[3]。传统的生境选择研究方法是基于野外生境调查,对生境进行微生境因子的划分与分析。但是这种方法会因为调查尺度和微生境因子划分的不同导致结果与动物的实际生境选择存在偏差^[4]。近年来,一些研究人员从较大的空间尺度上,运用 DNA 指纹技术、红外线自感拍照系统、3S 技术等方法,融合景观生态学理论对野生动物进行生境的调查分析,其结果更加准确、全面^[5~7]。尤其是随着 3S 技术在生态学中的成功应用,其能够准确地对结果进行量化研究,有效地保证了研究结果的准确性和客观性,使传统生态学研究难以达到监测目的的问题得到解决^[8~9]。早期 3S 技术在生态学中的应用是运用地理信息系统原理进行土地资源评价,以及运用地理信息系统技术建立专业信息系统用于评价人类活动对自然保护区的影响,同时为野生动物生境分析与评价提供了便利而有效的工具等。近年来 3S 技术在生态学研究领域的应用更加广泛^[10]。

在全球野生动物保护研究中,大熊猫一直处于

“明星”地位。自 20 世纪 70 年代以来,我国专家学者对大熊猫的生物学、行为学和生态学进行了大量的研究,并进行了 4 次大规模的全国大熊猫野外普查^[11~14]。与此同时国外学者在大熊猫生境质量评价,生境选择,空间分布等方面也做了大量的研究,对野外大熊猫及其生境的研究及保护做出了重要贡献^[15~19]。决定大熊猫的生境选择的因子主要分为非生物因子和生物因子两个方面。非生物因子主要包括:坡度,坡向,海拔等方面;生物因子主要包括:食物,植被类型等方面^[20]。已有的研究表明野生大熊猫主要选择郁闭度 0.6 以上原始林或恢复多年的次生林,而栽培时间 30 a 以上的人工林也有一定的选择;林分类型偏好落叶阔叶林、针阔混交林和亚高山针叶林;主食竹选择上喜食密度适中、秆径较粗、较高、生长发育好和营养质量好的竹子种类;喜欢活动于阳坡或半阴半阳坡的平缓坡(夷平地)的中或上坡位、离水源较近的生境,并且明显回避有人类干扰的生境^[21]。

草坡自然保护区是野生大熊猫种群分布的重点区域,其位于邛崃山系大熊猫种群分布的最北端,与岷山山系大熊猫保护区并不连通。因此,在栖息地破碎化日益加剧的背景下,保护区内大熊猫的空间利用变化及生境选择特征反映着整个邛崃山系边缘的大熊猫生存及扩散状态。鉴于此,本文以草坡自然保护区为研究范围,基于全国大熊猫调查及 2016

野外监测数据,分析了 2001~2016 年期间保护区大熊猫的空间利用格局变化;同时,在地形因子、植被类型及竹林分布等生境因子上分析了大熊猫的生境选择特征。将大熊猫栖息地的空间格局变化与生境选择特征进行深入分析能更有效地对草坡自然保护区大熊猫栖息地状况进行评价,对这一区域大熊猫种群及栖息地保护有重要意义。本研究结合家域模型的空间利用格局变化与生境特征分析,以期能够揭示大熊猫在草坡自然保护区长时间跨度下的时空分布动态变化,了解大熊猫在该分布区的生境选择特征,为草坡自然保护区乃至整个邛崃山系的野生大熊猫种群及栖息地保护提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 保护区概况

草坡自然保护区于 2000 年由四川省人民政府批准建立。是以保护大熊猫及其生态系统为主的省级自然保护区,并且是大熊猫的主要分布区域,在全国的 4 次大熊猫调查中都是重点区域。保护区大熊猫数量在全国第 3 次和第 4 次调查分别为 28 只和 48 只。因此对该区域的大熊猫生境选择研究具有一定的代表性。草坡自然保护区总面积 55 678 hm^2 ,位于四川盆地西部的汶川县草坡乡、绵池镇境内,地理坐标处于东经 $103^{\circ}10' \sim 103^{\circ}22'$ 、北纬 $31^{\circ}8' \sim 31^{\circ}27'$ 之间,同时地处中国大熊猫分布的五大山系的中心地带,位于邛崃山系东麓。最高点是红岩山主峰,海拔为 4 368 m,最低点是麻龙沟口,海拔为 1 760 m,相对高差 2 608 m,属高山峡谷地貌。

1.2 研究方法

1.2.1 空间利用动态变化研究 基于 2001 年全国第三次大熊猫调查、2012 年全国第四次大熊猫调查和 2016 年草坡自然保护区进行的野外调查对大熊猫在草坡自然保护区的时空分布进行分析。首先将两次全国大熊猫调查草坡自然保护区的大熊猫痕迹 GPS 点位(其中, $n_{2001} = 67$, $n_{2012} = 89$, $n_{2016} = 104$) 导入 ArcGIS10.2 中,生成点矢量文件,然后在 Animal Space Use 1.3 Beta 软件中计算平滑指数(Cvh),取其平均值用于建立家域模型,最后在 ArcGIS 系统下用 Hawth's Analysis Tools 的核心密度估计法(Kernel Density Estimate, KDE)估算得到不同时期草坡自然保护区大熊猫种群的空间利用格局分布,并利用空

间分析工具对保护区大熊猫种群的时空分布变化进行分析^[22~23]。由于 3 次野外调查均按 1 样线/200 hm^2 收集草坡大熊猫的实体和痕迹信息(2016 年野外调查也按照全国第三、四次大熊猫调查取样方法进行),所有 3 次调查采用的方法和抽样强度基本一致,数据具有较强的可比性,能够进行连续比较研究。

1.2.2 生境选择动态研究 本研究通过选取海拔、坡度、坡向、坡型,主食竹类型,植被类型,森林起源 7 个因子对草坡自然保护区 2001 年全国第三次大熊猫调查中含大熊猫痕迹的样方 61 个、2012 年全国第四次大熊猫调查中含大熊猫痕迹的样方 141 个、2016 年野外调查中含大熊猫痕迹的样方 104 个。设置植被调查样方(样方大小 20 m \times 20 m(记录坡度、坡向、动物活动痕迹、森林起源等),其内设乔木样方 1 个规格 20 m \times 20 m(记录乔木种类、郁闭度、高度、胸径等),灌木样方 5 m \times 5 m(以乔木样方的 4 个顶点及顶点相邻的两条边为界在乔木样方内设置灌木样方,记录灌木种类、盖度、平均高度等),主食竹样方 1 m \times 1 m(在乔木样方内按“品”字形或倒“品”字形设置主食竹样方 3 个,要求样方间隔大于 6 m,记录竹子种类、盖度、密度、高度、基径等)。为了方便对大熊猫生境进行比较研究,所有微生境因子的提取标准均按照全国第三、四次大熊猫调查的微生境因子提取标准相同。在本研究选取海拔、坡度、坡向、坡型,主食竹类型,植被类型,森林起源,7 个因子对全国第三次大熊猫调查(2001 年)、全国第四次大熊猫调查(2012 年)、2016 年野外调查进行比较研究。

保护区大熊猫坡度选择:将所有大熊猫痕迹点按坡度划分为 5 个区间(分为: $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$, $11^{\circ} \sim 20^{\circ}$, $21^{\circ} \sim 30^{\circ}$, $31^{\circ} \sim 40^{\circ}$, $>40^{\circ}$);在海拔选择偏好方面,从海拔 2 000 m 开始,以 200 m 作为跨度,设置 8 区间($<2\ 000\ \text{m}$, $2\ 000\ \text{m} \sim 2\ 200\ \text{m}$, $2\ 200\ \text{m} \sim 2\ 400\ \text{m}$, $2\ 400\ \text{m} \sim 2\ 600\ \text{m}$, $2\ 600\ \text{m} \sim 2\ 800\ \text{m}$, $2\ 800\ \text{m} \sim 3\ 000\ \text{m}$, $3\ 000\ \text{m} \sim 3\ 200\ \text{m}$, $>3\ 200\ \text{m}$);坡度选择以 45° 作为跨度区间将 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 划分成 8 个选择区间($0^{\circ} \sim 45^{\circ}$, $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$, $90^{\circ} \sim 135^{\circ}$, $135^{\circ} \sim 180^{\circ}$, $180^{\circ} \sim 225^{\circ}$, $225^{\circ} \sim 270^{\circ}$, $270^{\circ} \sim 315^{\circ}$, $315^{\circ} \sim 360^{\circ}$);坡型按照样方内情况分为均匀坡,复合坡,凸坡,凹坡,无坡型 5 种坡型;主食竹类根据保护区竹类资源分布按照主要竹类资源分为拐棍竹,冷箭竹,短锥玉山

竹,峨眉玉山竹,白夹竹5类;植被类型分为灌丛,亚高山针叶林,针阔混交林,常阔落阔混交,落叶阔叶林5类;森林起源按照起源类型分为原始林,次生林,人工林3类。根据大熊猫痕迹点对所选取的微生物因子进行统计,量化整理,将三次调查统计结果导入 spss22.0 中进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 大熊猫种群的时空分布动态变化

根据全国第3、4次大熊猫调查数据及2016年野外调查结果运用核心密度估计法计算大熊猫空间利用面积分别为(15 531 hm²(2001年第三次全国大熊猫调查),20 168 hm²(2012年全国第四次大熊

猫调查)和22 617 hm²(2016野外调查))。将3次大熊猫空间分布格局图进行后叠加(见图1)。

全国第三次和第四次全国大熊猫调查空间分布进行叠加结果:重叠区域面积、增加区域面积、缩小区域面积分别为12 054 hm²、8 114 hm²、3 459 hm²,分别占总面积的77.6%、52.2%、22.3%(见表1)。第四次全国大熊猫调查数据与2016年大熊猫调查空间分布进行再次叠加结果:稳定区域面积、新增区域面积、缩小区域面积分别为15253hm²、7364hm²、4915hm²,分别占2012年总面积的73.7%、36.5%、24.4%。而根据全国第三次和第四次大熊猫调查,草坡自然保护区大熊猫数量由28只增加到了48只,增幅达71.43%。

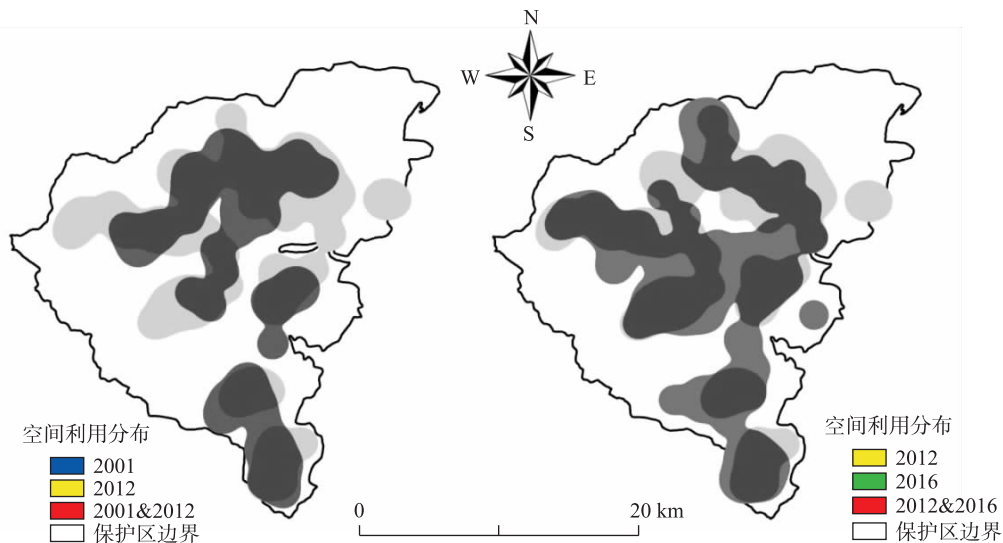


图1 2001~2012,2012~2016年大熊猫空间利用变化

Fig.1 Spatial change of giant pandas in 2001~2012,2012~2016

表1

空间利用变化区域面积统计

Tab.1

Area statistics of spatial use changes regions

年份 Years	总面积 Total area(hm ²)	稳定区域面积 Stable area (hm ²)	所占比例 Percentage (%)	扩大区域面积 Enlarged area (hm ²)	所占比例 Percentage (%)	缩小区域面积 Reduced area (hm ²)	所占比例 Percentage (%)
2001	15513						
2012	20168	12054	77.70	8114	52.30	3459	22.30
2016	22617	15253	75.63	7364	35.72	4915	24.37

2.2 大熊猫生境选择动态变化

在非生物因子方面,2001年~2016年在坡向选择上,大熊猫表现出从倾向于选择东南坡转变为对多种坡向的均衡选择;在海拔选择上大熊猫表现出

向高海拔扩散的趋势;在坡度选择上大熊猫表现出多利用较高坡度的趋势;而在坡型选择上大熊猫的选择趋势未发生变化,均表选出平缓选择的趋势(表2)。

表 2 大熊猫非生物因子选择变化

Tab. 2 Changes in the selection of abiotic factors in giant pandas

生境类型划分 Habitat types		2000 年 所占比例 (%)	2012 年 所占比例 (%)	2016 年 所占比例 (%)	生境类 型划分 Habitat types		2000 年 所占比例 (%)	2012 年 所占比例 (%)	2016 年 所占比例 (%)
坡向 Aspect (°)	0° ~ 45°	5.45	14.89	4.95	海拔 Elevation (m)	< 2 000	6.20	6.38	0
	45° ~ 90°	8.18	11.35	15.84		2 000 ~ 2 200	8.53	9.93	2.97
	90° ~ 135°	21.82	14.89	22.77		2 200 ~ 2 400	10.85	16.31	8.91
	135° ~ 180°	36.36	12.77	19.80		2 400 ~ 2 600	27.13	24.82	23.76
	180° ~ 225°	10.91	11.35	9.90		2 600 ~ 2 800	29.46	18.44	30.69
	225° ~ 270°	5.45	14.18	7.92		2 800 ~ 3 000	15.50	12.77	19.80
	270° ~ 315°	7.27	12.06	9.90		3 000 ~ 3 200	2.33	5.67	12.87
	315° ~ 360°	4.55	8.51	8.91		> 3 200	0.00	5.67	0.99
	坡度 Slope (°)	0° ~ 10°	13.86	12.14		5.00	坡型 Slope type	均匀坡	29.06
10° ~ 20°	22.77	20.00	6.00	复合坡	29.06	31.88		33.66	
20° ~ 30°	35.64	47.14	62.00	凹坡	6.84	2.90		1.98	
30° ~ 40°	21.78	12.86	23.00	无坡型	25.64	5.80		0.99	
> 40°	5.94	7.86	5.00	凸坡	9.40	9.42		0.00	

在生物因子方面,2001 ~ 2016 年在植被类型上大熊猫的选择偏好未发生变化,表现出对针阔混交林的选择均大于其他植被类型;在森林起源选择上大熊猫的选择偏好未发生变化,表现出对原始林的极大偏好;在主食竹类型选择上大熊猫的选择也未发生改变,表现出对拐棍竹的极大偏好(表 3)。

表 3 大熊猫生物因子选择变化

Tab. 3 Changes in the selection of biological factors in giant pandas

生境类型划分 Habitat types		2001 年 所占比例 (%)	2012 年 所占比例 (%)	2016 年 所占比例 (%)
植被类型 Vegetation type	灌丛	0.81	2.14	0.00
	亚高山针叶林	10.48	11.43	0.00
	针阔混交林	57.26	56.43	86.14
	落叶阔叶林	16.13	10.00	6.93
	常阔落叶混交林	15.32	20.00	6.93
森林起源 Forest origin	原始林	73.39	90.78	77.23
	次生林	25.81	7.80	22.77
	人工林	0.81	1.42	0.00
主食竹类型 Staple bamboo types	冷箭竹	7.32	38.85	5.94
	峨眉玉山竹	36.59	7.91	9.90
	短锥玉山竹	0.00	3.60	21.78
	拐棍竹	56.10	47.48	62.38
	白夹竹	0.00	2.16	0.00

3 讨论

一定的空间资源和食物资源条件下大熊猫种群数量的扩大势必导致其对生境的利用情况的改变,其改变大多表现为大熊猫种群的扩散和对生境利用面积的扩大^[24]。随着野外大熊猫保护工作的持续

开展,大熊猫野外种群数量增加,其生境也表现出扩大趋势^[14]。而研究大熊猫空间利用与生境选择的动态变化能直观地反映大熊猫保护政策的实施效果^[25~27]。本研究发现,自 2001 至 2016 年,总体上草坡保护区的大熊猫个体数量增加,大熊猫生境面积持续扩大。在政策上,保护区从 1998 年开始根据国家林业局规定开展了天然林保护工程,并于 2011 年开始了天然林保护二期工程,对保护区进行天然林的保护。与此同时保护区及当地政府还根据有关规定进行了退耕还林工程,在保护已有的天然林的同时进行人造林的建设保护和扩大森林面积,从而保护当地生态环境及野生动植物生境的同时,对大熊猫的保护起了极其关键的作用。而针对大熊猫的保护还开展了主食竹栽种、大熊猫廊道建设等工作。在经过近 18 年的保护工作的开展,对保护区的大熊猫生境也产生了积极的影响。从本研究发现草坡大熊猫生境的空间利用面积扩大,也证明大熊猫保护政策效果显著。

在生境选择比较研究中选取的 7 个微生境因子,草坡保护区大熊猫对坡向、坡度和海拔 3 个微生境因子的选择变化明显,在坡向选择的 3 次比较中大熊猫表现出对特定坡向偏好的减少,虽然之前的研究表明适宜的坡向能够获取更多的光照以减少维持体温所消耗的能量,但在本次比较研究中与此观点相悖^[28]。可能是由于种群数量的扩大导致的种群压力迫使大熊猫在坡向选择上做出相应的适应。在海拔选择比较中大熊猫的海拔偏好表现出明显的上升趋势,大熊猫在夏季会选择较高的海拔来缓解夏季低海拔的高温,但是随着种群压力的增加大熊

猫选择更高海拔进行扩散,表现出对海拔的适应性。在坡度选择的3次比较大熊猫表现出更多的适应特征,2001年全第三次调查时保护区大熊猫表现出对缓坡($<20^\circ$)的极大偏好,但是在之后的调查中发现大熊猫对坡度较大的选择表现出增加的趋势。有研究表明大熊猫会选择次适宜的坡度作为其活动的场所,在本次比较研究中当大熊猫种群压力增加大熊猫对次适宜的坡度表现出适应的特征^[29]。

与之前大熊猫对坡向、海拔、坡度的适应不同,在对坡型、植被类型、森林起源和主食竹的选择比较中发现保护区大熊猫对这4个微生境因子表现出高度的依赖性。在坡型选择上3次比较研究表明大熊猫均表现出对平缓环境的偏好,相较于其他坡型,平缓的环境更适于自身坐卧取食或休息,与之前的研究结果一致^[30~32]。在植被类型和森林起源的比较研究中发现大熊猫对这两个微生境因子也表现出高度依赖性,可能是由于针阔混交的原始林能够提供大熊猫所需的郁闭度和高大乔木,且此环境下一般有更适于大熊猫取食的竹类资源^[33~34]。在对保护区大熊猫主食竹的比较研究中发现大熊猫对拐棍竹的极大偏好,大熊猫对拐棍竹的偏好可能是由于3次调查时间均是在5~8月份,时值保护区拐棍竹发笋期,大熊猫选择取食和消化花费能量更少而获取能量更多的取食方式,故能量更多且微量元素更丰富而取食难度较低的竹笋为大熊猫主要选择食物^[35~36]。竹子作为大熊猫的最主要的食物对大熊猫而言是不可替代的,3次比较研究中发现大熊猫对主食竹的高度依赖性。

总的来说,大熊猫对生境选择表现出两方面的特征。一是大熊猫对一定微生境的而高度适应性,表明大熊猫在受到种群压力或是外部环境压力是能够主动适应环境,选择次适宜的生境作为其活动场所。另一方面大熊猫对一定微生境也表现出高度依赖性,这些微生境因子主要为大熊猫提供生存所必需的资源。如食物资源、躲避敌害的隐蔽环境等,对此大熊猫表现出高度依赖性。在非生物因子和生物因子方面,大熊猫对非生物因子表现出高度的适应性,而对生物因子有高度的依赖性。这可能也是由于生物因子提供了大熊猫生存所必需的资源,是大熊猫生存的必须因子^[37]。

在大熊猫栖息地不断破碎化的现状下,本研究通过比较不同时期大熊猫的时空分布和生境选择变化,可以更清楚了解大熊猫种群动态与空间利用及生境选择的相互关系,确定需要重点关注的生境因

子,为制定合理的保护政策提供依据,也可以为大熊猫潜在生境及适宜放归地的选择提供技术参考。

致谢:感谢全国大熊猫第三、第四次调查中,草坡自然保护区调查队全体成员的野外调查工作,为本文提供了重要的数据基础。

参考文献:

- [1] 欧阳志云,刘建国,肖寒,等.卧龙自然保护区大熊猫生境评价[J].生态学报,2001,21(11):1869~1874.
- [2] Clobert J, Baguette M, Benton TG, et al. Dispersal Ecology and Evolution[M]. Oxford: Oxford University Press, 2012.
- [3] Hull V, Roloff G, Zhang J, et al. A synthesis of giant panda habitat selection[J]. Ursus, 2014, 25(2): 148~162.
- [4] 杨春花,张和民,周小平,等.大熊猫生境选择研究进展[J].生态学报,2006,26(10):3442~3453.
- [5] 王学志,徐卫华,欧阳志云,等.生态位因子分析在大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)生境评价中的应用[J].生态学报,2008,28(2):821~828.
- [6] Li Y, Viña A, Yang W, et al. Effects of Conservation Policies on Forest Cover Change in Giant Panda Habitat Regions, China[J]. Land Use Policy, 2013, 33(4): 42.
- [7] 白文科,张晋东,杨霞,等.基于GIS的卧龙自然保护区大熊猫生境选择与利用[J].生态环境学报,2017,26(1):73~80.
- [8] Liu X H, Wu P P, Songer M, et al. Monitoring Wildlife Abundance and Diversity With Infra-Red Camera Traps in Guanyinshan Nature Reser of Shaanxi Province, China[J]. Ecological Indicators, 2013, 33: 121~128.
- [9] Hull V, Zhang J, Huang J, et al. Habitat Use and Selection by Giant Pandas [J]. Plos One, 2016, 11(9): 1~18.
- [10] Wu X, Gao J, Zhang Y, et al. Land Cover Status in the Koshi River Basin, Central Himalayas [J]. 资源与生态学报(英文版), 2017, 8(1): 10~19.
- [11] 胡锦矗,夏勒.卧龙的大熊猫[M].成都:四川科学技术出版社,1985.
- [12] 国家林业局.全国第三次大熊猫调查报告[M].北京:科学出版社,2006.
- [13] Zhang Z J, Swaisgood R R, Zhang S N, et al. Old-growth forest is what giant pandas really need [J]. Biology Letters, 2011, 7(3): 403~406.
- [14] 四川省林业厅.四川省第四次大熊猫调查报告[M].成都:四川科学技术出版社,2015.
- [15] Liu J, Ouyang Z, Taylor WW, et al. A framework for evaluating the effects of human factors on wildlife habitat: the case of giant pandas [J]. Conserv Biol, 1999, 13(6): 1360~1370.
- [16] Hu J, Wei F. Comparative ecology of giant pandas in the five mountain ranges of their distribution in China. In: Lindburg D, Baragona K, editors. Giant pandas: biology and conservation. Berkeley, California [M]. USA: University of California Press, 2004: 137~148.

(下转第34页)

- [26] 王凯,马履一,贾忠奎,等.不同林龄油松人工林下植物对不同间伐强度的短期响应[J].东北林业大学学报,2013(10):1~9.
- [27] 李春义,马履一,王希群,等.抚育间伐对北京山区侧柏人工林林下植物多样性的短期影响[J].北京林业大学学报,2007(03):60~66.
- [28] 赵常明,陈庆恒,乔永康,等.青藏东缘岷江上游亚高山针叶林人工恢复过程中物种多样性动态[J].植物生态学报,2002(S1):20~29.
- [29] 刘红炎,陈东莉,柳杰,等.华北落叶松人工林不同间伐水平下林下植物多样性研究——以山西关帝山龙兴林场为例[J].林业资源管理,2017(1):50~56.
- [30] 季荣飞,周世兴,黄从德,等.间伐强度对柏木低效人工林灌草多样性的影响[J].东北林业大学学报,2015(5):68~74.
- [31] 杨育林,李贤伟,周义贵,等.林窗式疏伐对川中丘陵区柏木人工林生长和植物多样性的影响[J].应用与环境生物学报,2014(06):971~977.
- [32] 安云,丁国栋,梁文俊,等.间伐对华北土石山区油松林生长及其林下植被发育的影响[J].水土保持研究,2012(04):86~90.
- [33] 李国雷,刘勇,徐扬,等.间伐强度对油松人工林植被发育的影响[J].北京林业大学学报,2007(02):70~75.
- [34] 罗应华,孙冬婧,林建勇,等.马尾松人工林近自然化改造对植物自然更新及物种多样性的影响[J].生态学报,2013(19):6154~6162.
- [35] ELAINE HOOPER, Legendre P, Condit R. Barriers to forest regeneration of deforested and abandoned land in Panama[J]. Journal of Applied Ecology, 2005 (NO. 6): 1165 ~ 1174.
- [36] 高明,朱玉杰,董希斌,等.采伐强度对大兴安岭用材林生物多样性的影响[J].东北林业大学学报,2013(8):18~21.

(上接第12页)

- [17] Bearer S, Linderman M, Huang J, et al. Effects of fuelwood collection and timber harvesting on giant panda habitat use[J]. Biol Conserv, 2008, 141(2): 385 - 393.
- [18] Viña A, Tuanmu M N, Xu W, et al. Range-wide analysis of wildlife habitat: Implications for conservation[J]. Biological Conservation, 2010, 143(9): 1960 ~ 1969.
- [19] Liu J. Promises and perils for the panda[J]. Science, 2015, 348(6235): 642.
- [20] 周洁敏.大熊猫栖息地评价指标体系初探[J].中南林学院学报, 2005, 25(3): 39~44.
- [21] 张泽钧, 胡锦矗. 大熊猫生境选择研究[J]. 四川师范学院学报(自然科学版), 2000, 21(1): 18~21.
- [22] Kernohan B J, Gitzen R A, Millsapugh J J. Analysis of Animal Space Use and Movements [M]. Philadelphia: Elsevier Inc, 2001: 125~166.
- [23] Laver P N, Kelly M J. A Critical Review of Home Range Studies [J]. Journal of Wildlife Management, 2008, 72(1): 290~298.
- [24] 孙承骞, 张哲邻, 金学林. 秦岭大熊猫局域种群的划分及数量分布[J]. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2006, 34(增刊): 163~167.
- [25] Wu X, Ouyang Z, Viña A, et al. Designing a conservation plan for protecting the habitat for giant pandas in the Qionglai mountain range, China[J]. Diversity & Distributions, 2006, 12(5): 610~619.
- [26] 魏辅文, 张泽钧, 胡锦矗. 野生大熊猫生态学研究进展与前瞻[J]. 兽类学报, 2011, 31(4): 412~421.
- [27] Tuanmu M N, Viña A, Roloff G J, et al. Temporal transferability of wildlife habitat models: implications for habitat monitoring [J]. Journal of Biogeography, 2011, 38(8): 1510~1523.
- [28] 张明春, 黄炎, 李德生, 等. 圈养大熊猫野化培训期的生境选择特征[J]. 生态学报, 2013, 33(19): 6014~6020.
- [29] 胡锦矗. 大熊猫研究[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2001.
- [30] 潘文石, 高郑生, 吕植. 秦岭大熊猫的自然庇护所[M]. 北京: 北京大学出版社, 1988.
- [31] 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[J]. 兽类学报, 2002, 22(3): 161~168.
- [32] 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: 124~131.
- [33] Wei F, Feng Z, Wang Z, et al. Habitat Use and Separation between the Giant Panda and the Red Panda[J]. Journal of Mammalogy, 2000, 81(2): 448~455.
- [34] 徐卫华, 欧阳志云, 李宇, 等. 基于遥感和GIS的秦岭山系大熊猫生境评价[J]. 遥感技术与应用, 2006, 21(3): 238~242.
- [35] Reid D G, Hu J. Giant Panda Selection Between Bashania fangi-ana Bamboo Habitats in Wolong Reserve, Sichuan, China [J]. Journal of Applied Ecology, 1991, 28(1): 228~243.
- [36] Liu X, Cheng X, Skidmore A K. Potential solar radiation pattern in relation to the monthly distribution of giant pandas in Foping Nature Reserve, China[J]. Ecological Modelling, 2011, 222(3): 645~652.
- [37] Liu J, Linderman M, Ouyang ZY, et al. Ecological degradation in protected areas: the case of Wolong Nature Reserve for giant pandas[J]. Science, 2001, 292(5514): 98~101.