

# 大熊猫的生境选择特征\*

康东伟 赵志江 郭文霞 谭留夷 康文 李俊清\*\*

(北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

**摘要** 基于王朗国家级自然保护区1997—2009年的连续监测数据,利用分布频率法和Bailey法,从地形因子、森林群落结构和主食竹3个方面研究了大熊猫的生境选择特征.结果表明:王朗国家级自然保护区的大熊猫对生境具有明显的选择性.在地形上,多选择海拔在2500~3000 m的山体脊部、上部和中部的均匀坡和凸坡,坡向西南,坡度在 $6^{\circ}$ ~ $30^{\circ}$ ,与水源距离>300 m的环境;森林群落结构上,多选择起源为次生林、针阔混交林,微生境为竹林的生境,乔木平均高度在20~29 m,灌木盖度在0~24%;主食竹多选择平均高度在2~5 m,竹丛盖度>50%,混生,生长状况良好的缺苞箭竹.

**关键词** 大熊猫 生境选择 王朗自然保护区

文章编号 1001-9332(2011)02-0519-07 中图分类号 Q958.1 文献标识码 A

**Habitat selection attributes of giant panda.** KANG Dong-wei, ZHAO Zhi-jiang, GUO Wen-xia, TAN Liu-yi, KANG Wen, LI Jun-qing (Ministry of Education Key Laboratory for Silviculture and Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2011, 22(2): 519-525.

**Abstract:** Based on the 1997-2009 inventory data of Wanglang Nature Reserve, the habitat selection attributes of giant panda were studied from the aspects of topography, forest community structure, and main feeding bamboo by the methods of frequency distribution and Bailey. The giant panda had obvious habitat preferences. Topographically, the preferred microhabitat was on the even or convex slopes at the ridge, top, or middle part of mountain body at an elevation 2500-3000 m, with southwest aspect,  $6^{\circ}$ - $30^{\circ}$ , and the distance to the nearest water source > 300 m. As for the forest community structure, the giant panda preferred the microhabitat with the bamboo succeeded from secondary forest or mixed conifer and broad-leaved forest, and with the average tree height being 20-29 m and the shrub coverage being 0-24%. The preferred main feeding bamboo by the giant panda was the growing well *Fargesia denudate* with an average height of 2-5 m and the coverage of > 50%.

**Key words:** giant panda; habitat selection; Wanglang Nature Reserve.

生境选择是动物对生境的选择行为和选择过程<sup>[1]</sup>.生境选择研究对探讨物种濒危机制、评估生境质量、预测栖息地负载量、制定合理的保护策略和资源管理方案等均有着重要意义<sup>[2-4]</sup>.大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)是中国特有的濒危物种,生境选择一直是大熊猫野外生态学研究中的热点<sup>[5]</sup>.目前有关大熊猫生境选择方面的研究较多.在分析方法方面,主要有分布频率法<sup>[6-13]</sup>、选择系数和选择指数法<sup>[14-18]</sup>、Forage Ratio法<sup>[19-20]</sup>和主成分分析法<sup>[6,8,18]</sup>

等,但这些方法在用于分析动物生境选择时存在诸多问题<sup>[21]</sup>.1980年Bailey提出的Bailey方法无须进行拟合优度卡方检验,是分析“利用-可利用”类型数据更为可靠的统计方法<sup>[22-24]</sup>,但国内尚未有利用此方法研究大熊猫生境选择的报道.此外,传统的研究方法往往采用一次调查的数据或者通过收集一个周期年的数据得出结论,数据具有不稳定性,且缺少连续的追踪研究,所发现的大熊猫生境选择规律可能具有很大的随机性和片面性.

王朗国家级自然保护区是我国大熊猫重点分布区.本文利用分布频率法和Bailey法,基于王朗保护区1997—2009年的连续监测数据,从地形因子、森

\* 国家“十一五”科技支撑计划项目(2008BADB0B04)和林业公益性行业科研专项资金(200804001)资助.

\*\* 通讯作者. E-mail: lijq@bjfu.edu.cn

2010-08-16 收稿,2010-11-24 接受.

林群落结构和大熊猫主食竹3个方面分析大熊猫的生境利用和选择偏好,旨在揭示大熊猫的生境选择特征和规律,为大熊猫生境恢复、保护和管理提供科学依据。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

四川王朗国家级自然保护区(103°50′—104°58′ E, 32°49′—33°02′ N)位于四川省平武县,面积32297 hm<sup>2</sup>,1965年建立,是我国最早的4个大熊猫自然保护区之一。保护区海拔跨度在2300~4980 m,相对高差近2700 m,地形和气候复杂,生物多样性丰富。该区域气候属半湿润气候区,年均气温2.9℃,7月平均气温12.7℃,1月平均气温-6.1℃,年均降水量862.5 mm。海拔由低到高依次分布有山地棕壤(2300~2850 m)、山地暗棕壤(2600~3500 m)、亚高山草甸土(阳坡2300~3500 m)、高山草甸土(3500~4000 m)和高山流石滩荒漠土(4000 m以上)。区内主要河流有长白沟、大窝凼沟、竹根盆沟、西沟和东沟等,汇合于白马河。亚高山寒性针叶林是该区域植被的重要组成部分,也是分布最广的森林植被类型。主要地带性优势树种有松科的冷杉属(*Abies*)、云杉属(*Picea*)、落叶松属(*Larix*)、松属(*Pinus*)以及柏科的圆柏属(*Sabina*)中的树种,分布在海拔2300~3600 m。区内有国家一级保护动物大熊猫、金丝猴(*Rhinopithecus roxellanae*)、扭角羚(*Budorcas taxicolor*)等7种<sup>[25]</sup>。

### 1.2 数据来源

本文数据来源于王朗自然保护区1997—2009年的野生动物生境监测数据。共收集监测数据6464个,其中有大熊猫痕迹的数据1523个。

野外监测路线的选择上,采取覆盖全区、有代表性的方法,固定路线和随机路线相结合,固定路线每个季度逐条监测一次;随机路线通常每月随机监测一条。此外,固定路线每月监测2次动物活动情况,每季度监测1次竹类生长情况。在每条样线上,采用系统抽样方法设20 m×20 m固定样方至少30个,监测植被生长、生境及生态系统演替情况。每条样线上凡是有野生动物痕迹(如粪便、卧痕、毛发、尸体和实体等)处,记录其地形因子特征(海拔、坡度、坡向、坡位和坡形等),森林群落结构(乔木平均高度、郁闭度、灌木层高度、盖度等),以及竹林状况(竹子的种类、高度、生长类型、长势、盖度等)<sup>[26]</sup>。

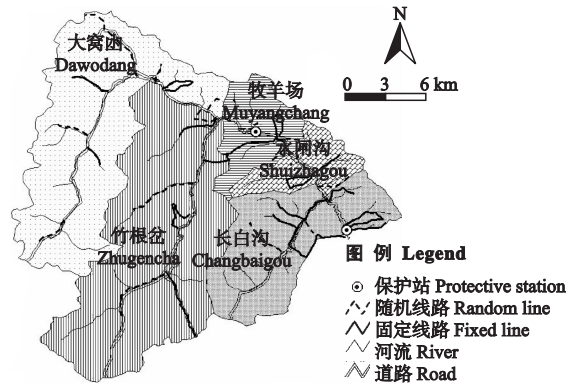


图1 王朗自然保护区监测路线示意图

Fig. 1 Sketch of monitoring lines in Wanglang Nature Reserve.

### 1.3 数据分析

**1.3.1 数据分类与统计** 选取1997—2009年野生动物生境监测数据和从中提取的大熊猫生境监测数据。然后统计整体监测数据中各因子的类型或等级比例,作为大熊猫生境选择的期望利用率( $P_w$ );统计大熊猫对生境中各因子的类型或等级的利用率( $P_i$ ),作为研究大熊猫生境选择偏好的基础数据。

**1.3.2 大熊猫生境利用置信区间的建立** 采用Bailey法<sup>[24]</sup>建立大熊猫的生境利用率( $P_i$ )的置信区间。其计算公式为:

$$C = B/4N \quad (1)$$

$$P_{iL} = \frac{n_i - 1/8}{N + 1/8} \quad (2)$$

$$P_{iU} = \frac{n_i + 7/8}{N + 1/8} \quad (3)$$

$$P_i^L = \frac{(\sqrt{P_{iL}} - \sqrt{C(C+1-P_{iL})})^2}{(C+1)^2} \quad (4)$$

$$P_i^U = \frac{(\sqrt{P_{iU}} + \sqrt{C(C+1-P_{iU})})^2}{(C+1)^2} \quad (5)$$

式中: $B$ 为置信度为 $(\alpha/k)$ ,自由度为1时的卡方分布单尾检验临界值,使用Excel中CHIINV()函数计算,其中, $k$ 为某一因子的类型或等级的数量,置信度 $\alpha$ 为0.05; $n_i$ 为大熊猫利用某一因子的某种类型或等级的观测数; $N$ 为大熊猫利用某一因子的观测总数; $P_i^L$ 为 $P_i$ 置信区间下界; $P_i^U$ 为 $P_i$ 置信区间上界。

当 $n_i \leq (N + 1/8)C + 1/8$ 时, $P_i^L = 0$ ;当 $n_i = N$ 时, $P_i^U = 1$ ;当 $n_i = 0$ 时, $P_i^L = P_i^U = 0$ <sup>[24]</sup>。

**1.3.3 大熊猫生境选择偏好的判别** 将统计的期望频率 $P_w$ 作为判别大熊猫生境选择偏好的标准。

当 $P_i$ 的置信区间上界小于期望频率 $P_w$ 时,认为大熊猫对该类型或等级很少选择,用“-”表示;当 $P_i$ 的置信区间包含期望频率 $P_w$ 时,认为大熊猫对

该类型或等级随机选择,用“o”表示;当 $P_i$ 的置信区间下界大于期望频率 $P_w$ 时,认为大熊猫对该类型或等级更多选择,用“+”表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 大熊猫对生境地形的选择

由表 1 可以看出,在王朗自然保护区,大熊猫多选择海拔 2500 ~ 3000 m 山体的脊部、上部和中部,坡形为均匀坡和凸坡,西南坡向,坡度  $6^\circ \sim 30^\circ$ ,与水源距离 >300 m 的环境;很少选择海拔 2500 ~ 3000 m 以上区段的山体下部、平地 and 谷地,坡形为凹坡、无坡形,无坡向,坡度  $<5^\circ$ ,与水源距离 <100 m 的环

境. 对其他类型或等级则随机选择。

### 2.2 大熊猫对森林群落结构的选择

由表 2 可以看出,王朗自然保护区中的大熊猫更多地选择次生林、针阔混交林,微生境为竹林,乔木平均高度为 20 ~ 29 m,灌木盖度为 0 ~ 24% 的环境;很少选择原始林,生境类型为草坡、流石滩、灌丛和针叶林,微生境为林下、河边和草丛,乔木平均高度 <20 m,灌木盖度在 25% ~ 74% 的环境. 而对其他类型或等级则随机选择。

### 2.3 大熊猫对主食竹的选择偏好

由表 3 可以看出,在王朗自然保护区,大熊猫更多地选择混生、生长状况良好的缺苞箭竹 (*Fargesia*

表 1 大熊猫生境利用的地形因子

Table 1 Habitat use of topography factors of giant panda

因子 Factor	类型或等级 Type or grade	期望利用率 Expected proportion used ( $P_w, \%$ )	实际利用率 Actual proportion used ( $P_i, \%$ )	$P_i$ 的 95% 置信区间 Bailey's 95% confidence interval for $P_i$	选择偏好 Preference
海拔 Elevation (m)	<2000	0.1	0	[0,0]	-
	2000 ~ 2500	2.8	0.9	[0.40,1.75]	-
	2500 ~ 3000	83.9	89.8	[87.61,91.70]	+
	3000 ~ 3500	13.1	9.2	[7.39,11.30]	-
	>3500	0.1	0	[0,0]	-
坡位 Slope position	脊部 Ridge	14.2	17.2	[14.56,20.05]	+
	上部 Upper	13.7	21.5	[18.60,24.57]	+
	中部 Middle	27.2	34.2	[30.78,37.66]	+
	下部 Lower	17.4	13.0	[10.64,15.54]	-
	平地 Plain	5.3	0.7	[0.20,1.47]	-
	谷地 Valley	22.2	13.4	[11.05,16.02]	-
坡形 Slope shape	凹坡 Concave slope	20.3	16.2	[13.61,18.94]	-
	凸坡 Convex slope	22.9	28.7	[25.47,31.99]	+
	均匀坡 Even slope	34.0	40.1	[36.58,43.64]	+
	复合坡 Concave and convex	7.2	8.2	[6.34,10.33]	o
	无坡形 Plain	15.6	6.8	[5.12,8.80]	-
坡向 Slope aspect	北 North	6.8	7.6	[5.71,9.73]	o
	东 East	9.9	10.0	[7.82,12.36]	o
	东北 Northeast	11.8	11.0	[8.73,13.46]	o
	东南 Southeast	15.5	14.0	[11.50,16.73]	o
	南 South	9.8	9.0	[6.92,11.25]	o
	西 West	14.8	17.5	[14.71,20.43]	o
	西北 Northwest	6.7	8.3	[6.35,10.53]	o
	西南 Southwest	10.8	16.0	[13.36,18.89]	+
	无坡向 No aspect	14.0	6.7	[4.96,8.76]	-
坡度 Slope ( $^\circ$ )	0 ~ 5	31.8	21.6	[18.73,24.58]	-
	6 ~ 20	41.2	46.9	[43.33,50.42]	+
	21 ~ 30	20.2	24.3	[21.28,27.38]	+
	31 ~ 40	5.3	6.0	[4.40,7.81]	o
	>41	1.5	1.3	[0.60,2.26]	o
水源距离 Distance to water source (m)	<100	44.1	29.5	[26.10,32.94]	-
	100 ~ 300	20.9	20.4	[17.44,23.50]	o
	>300	34.9	50.1	[46.36,53.85]	+

+ : 更多选择 Preference; - : 很少选择 Seldom; o : 随机选择 Random. 下同 The same below.

表 2 大熊猫生境选择的森林群落结构特征

Table 2 Habitat selection of structural of forest community by giant panda

因子 Factor	类型或等级 Type or grade	期望利用率 Expected proportion used ( $P_w, \%$ )	实际利用率 Actual proportion used ( $P_i, \%$ )	$P_i$ 的 95% 置信区间 Bailey's 95% confidence interval for $P_i$	选择偏好 Preference
生境类型 Habitat type	I	1.5	0.1	[0, 0.65]	-
	II	0.4	0.1	[0, 0.52]	o
	III	1.1	1.9	[1.02, 3.05]	o
	IV	0.1	0.0	[0, 0]	-
	V	4.0	1.3	[0.62, 2.35]	-
	VI	4.9	3.8	[2.55, 5.39]	o
	VII	69.9	79.3	[76.14, 82.06]	+
	VIII	18.1	13.5	[11.11, 16.10]	-
森林起源 Forest origin	原始林 Primary forest	40.9	36.5	[33.32, 39.63]	-
	次生林 Secondary forest	58.7	63.5	[60.23, 66.55]	+
	人工林 Artificial forest	0.4	0.1	[0, 0.48]	o
微生境 Microhabitat	草丛 Grass	3.1	0.7	[0.21, 1.56]	-
	河边 Riverside	16.2	8.7	[6.64, 10.95]	-
	林下 Under forest	64.2	57.2	[53.35, 60.85]	-
	树洞 Tree hole	0.4	0.9	[0.30, 1.78]	o
	路上 On road	1.8	1.0	[0.39, 1.99]	o
	岩下 Under rock	1.0	0.5	[0.09, 1.22]	o
	竹林 Bamboo stand	13.3	31.1	[27.65, 34.67]	+
乔木平均高度 Mean height of tree (m)	5~9	3.1	1.7	[0.94, 2.82]	-
	10~19	37.4	33.3	[30.07, 36.60]	-
	20~29	49.7	57.1	[53.56, 60.41]	+
	>30	9.8	7.9	[6.15, 9.92]	o
郁闭度 Canopy density	0~0.24	12.2	12.2	[10.04, 14.59]	o
	0.25~0.49	55.1	56.4	[52.92, 59.77]	o
	0.50~0.74	30.8	30.3	[27.20, 33.55]	o
	0.75~1	1.8	1.1	[0.46, 1.94]	o
乔木平均胸径 Mean diameter of tree (cm)	0~10	2.1	1.3	[0.61, 2.30]	o
	11~20	21.5	21.1	[18.24, 24.11]	o
	21~30	44.3	46.5	[42.85, 50.01]	o
	31~50	27.8	27.0	[23.90, 30.28]	o
	>50	4.3	4.1	[2.81, 5.71]	o
灌木高度 Mean height of shrub (m)	0~1	1.0	1.7	[0.89, 2.82]	o
	1~2	16.4	17.9	[15.16, 20.71]	o
	2~3	48.6	45.2	[41.54, 48.72]	o
	3~4	25.4	25.6	[22.52, 28.83]	o
	4~5	8.6	9.7	[7.66, 11.96]	o
灌木盖度 Coverage of shrub (%)	0~24	33.5	42.9	[39.48, 46.39]	+
	25~49	52.4	45.7	[42.21, 49.17]	-
	50~74	13.5	11.0	[8.95, 13.36]	-
	75~100	0.6	0.3	[0.04, 0.91]	o

I: 草坡 Meadow; II: 常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest; III: 常阔-落阔混交林 Evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest; IV: 流石滩 Slide; V: 灌丛 Shrubs; VI: 落叶阔叶林 Broad-leaved deciduous forest; VII: 针阔混交林 Conifer broad-leaved mixed forest; VIII: 针叶林 Conifer forest.

*denudate*), 竹子平均高度为 2~5 m, 竹丛盖度 >50%; 很少选择无竹生境, 以及平均高度 <2 m, 竹

丛盖度 <50%, 生长状况中和差的竹子. 对其他类型或等级则随机选择.

表 3 大熊猫对主食竹的选择偏好

Table 3 Habitat preferences of main feeding bamboo of giant panda

因子 Factor	类型或等级 Type or grade	期望利用率 Expected proportion used ( $P_w, %$ )	实际利用率 Actual proportion used ( $P_i, %$ )	$P_i$ 的 95% 置信区间 Bailey's 95% confidence interval for $P_i$	选择偏好 Preference
种类 Species	糙花箭竹 <i>F. scabrida</i>	0.1	0.2	[0.0, 0.65]	o
	华西箭竹 <i>F. nitida</i>	0.5	1.0	[0.46, 1.94]	o
	缺苞箭竹 <i>F. denudate</i>	97.4	98.6	[97.49, 99.23]	+
	无竹 No bamboo	2.1	0.2	[0.01, 0.77]	-
平均高度 Mean height (m)	0~1	4.8	3.0	[1.91, 4.42]	-
	1~2	48.7	40.3	[36.77, 43.77]	-
	2~3	40.7	47.7	[44.07, 51.20]	+
	3~5	5.8	8.9	[6.97, 11.07]	+
	>5	0.0	0.2	[0.00, 0.67]	o
盖度 Coverage (%)	0~24	27.3	11.6	[9.47, 13.88]	-
	25~49	41.6	37.5	[34.20, 40.83]	-
	50~74	25.9	41.9	[38.47, 45.23]	+
	75~100	5.2	9.1	[7.20, 11.16]	+
生长类型 Growth type	簇生 Tuft	9.4	8.2	[6.50, 10.19]	o
	混生 Mixed	19.3	22.1	[19.43, 24.96]	+
	散生 Scattered	71.3	69.6	[66.48, 72.60]	o
生长状况 Growth state	好 Good	40.8	54.9	[51.58, 58.19]	+
	中 Medium	49.4	40.7	[37.43, 43.96]	-
	差 Poor	9.9	4.4	[3.11, 5.88]	-

### 3 讨 论

#### 3.1 大熊猫生境选择的比较

从大熊猫的生境利用与选择偏好的关系来看, 有些因子中的最高利用率类型或等级是大熊猫更多选择的对象, 如海拔、森林起源、竹子种类和竹子生长状况等; 有些因子中的中等利用率类型或等级与大熊猫的随机选择相一致, 如坡形、坡向、乔木平均高度和竹子种类等; 有些因子中的最低利用率类型或等级则是大熊猫很少选择的对象, 如海拔、部位、生境类型、乔木平均高度等。但这并不是绝对的。例如, 小生境中最高利用率是林下, 但大熊猫却很少选择; 竹丛盖度中最低利用率是 75%~100%, 而大熊猫却更多选择; 竹子生长状况中的中等级、乔木平均胸径 11~20 cm 和竹子平均高度 3~5 m 均是中等利用率, 但大熊猫却分别表现出很少选择、随机选择和更多选择(表 1~3)。这说明生境利用与选择偏好既有相似性又有差异性, 二者存在着某种内在的相关关系。

在生境利用方面, 申国珍等<sup>[26]</sup>曾利用频率分布法, 按照遇见率的高低对王朗大熊猫生境进行等级划分, 分析大熊猫的生境利用情况。本文在分析大熊猫生境利用的基础上, 研究大熊猫的选择偏好, 并根据不同的选择偏好对大熊猫生境进行等级划分, 更能反映出大熊猫生境选择的真实情况, 作为大熊猫

栖息地恢复的标准和重要参考。

在选择偏好方面, 曾宗永等<sup>[27]</sup>曾利用联列表和频率分布法对王朗自然保护区大熊猫的生境利用情况进行分析, 结果表明, 大熊猫对竹子类型、生长状况、森林起源、针叶林和阔叶林等生境的不同水平有着明显的选择性, 喜欢天然生境, 更多地利用针叶林。本研究中, 大熊猫多选择次生林, 很少选择原始林; 多选择针阔叶混交林, 很少选择针叶林。其原因可能是: 1) 研究数据的范围不同。曾宗永等采用一次调查的数据, 反映的是 1998 年春季大熊猫生境选择情况, 而本研究则收集了保护区开展监测工作以来 13 年的连续数据, 反映的是 13 年的总体情况; 2) 大熊猫的生境选择并非固定的, 随着时间推移和环境变化而变化(未发表数据)。

#### 3.2 大熊猫的生境选择机制

大熊猫更多选择次生林, 很少选择原始林的原因可以从以下几个方面进行理解: 1) 大熊猫对主食竹的选择。大熊猫的主食竹缺苞箭竹有 57.6% 分布在次生林, 42.1% 分布在原始林, 0.3% 分布在人工林; 2) 大熊猫对次生林的适应<sup>[21]</sup>。冉江洪等<sup>[20]</sup>比较了四川宝兴县大熊猫栖息地中原始林和次生林大熊猫生境选择的 12 个生态因子差异, 结果发现, 大熊猫对 11 个因子的选择发生了改变: 原始林中要回避的 9 个生境特征, 在次生林中变成随机选择; 原始林中随机选择的 6 个生境类型, 在次生林中变得偏好。

即大熊猫通过扩大生境选择范围或转移对森林起源的选择,把那些次好甚至较差的生境纳入自己的选择范围,来适应人类干扰形成的次生林生境;3)大熊猫对海拔的选择. 2500~3000 m 的海拔区段是大熊猫偏好的,调查发现,20世纪在保护区内2500~3000 m 海拔区段曾进行过大规模的砍伐,经过多年自然恢复,该地段的环境已发展成为林木茂密的次生林,大熊猫很容易在这一区段范围扩散.同时,原始林大多位于海拔3000 m 以上,且坡度较大,大熊猫很难扩散过去.

实地调查过程中发现,有些生境理论上达到了大熊猫适宜生境的标准(本文适宜生境指环境中各因子都达到更多选择的标准),却没有大熊猫的活动痕迹,原因可能是:其一,这些生境尽管在环境条件上达到了大熊猫适宜生境的标准,但受到外界不同程度的干扰(如旅游、放牧等).有研究表明,王朗自然保护区大熊猫明显回避有干扰的生境<sup>[28]</sup>,因此,这些生境即使达到了大熊猫适宜生境的环境标准,大熊猫也不会其中活动;其二,保护区内大熊猫的适宜生境面积比较大,可选择的生境比较广泛,使得大熊猫对生境甚至适宜生境的选择具有随机性,这与保护区开展的保护工作有重要关系;其三,这些生境不在其领域范围内,或因其天敌的存在使其难以到达,即种内、种间关系的限制.

在可利用的19个因子中,涉及大熊猫对其中的类型或等级有选择性的因子达到16个(表1~3),占有所有因子的84.2%,说明王朗自然保护区大熊猫对生境具有明显的选择性.这说明大熊猫对保护区内的很多环境并不是随机利用的,而是有选择性的利用;另一方面,说明大熊猫的适应性较差,如果丧失了其适宜生境,可能对其继续生存和繁殖产生重大影响.

大熊猫的生境选择行为,一是由其自身的生物学特征所决定的<sup>[5]</sup>;二是生境质量等级的差别.自然界中的环境条件是多种多样的,大熊猫的生境质量差别也是客观存在的.实地调查发现,经过时间的推移,部分大熊猫生境由于受到外界干扰而发生了大的改变,如地震、滑坡、泥石流、放牧等,造成了对大熊猫生存、繁殖的环境条件的破坏,形成了适宜生境和不适宜生境的等级差别.与适宜生境相比,这些不适宜生境显然不利于大熊猫生存;相反,也有部分生境本来不适合其生存,但由于外界条件的影响,出现了适合其生存的条件(如主食竹的更新等),导致原本不适宜的生境变成了适宜生境.动物在与自然

环境相互协调的过程中,能判断环境条件对自身生存的影响,从而选择那种使自己适合度达到最大的栖息地<sup>[28]</sup>,即大熊猫自身对环境的适应性策略<sup>[5]</sup>.

本文从地形、森林群落结构和主食竹三方面分析了大熊猫的生境选择,实际上,很多因子(如降水、温度、土壤等)都可能对大熊猫的生境选择有重要影响.此外,有关种内、种间竞争,捕食等对大熊猫生境选择的影响研究,也有待进一步加强.

**致谢** 王朗自然保护区给予大力支持,刘晓东老师对英文摘要进行润色和修改,一并感谢!

#### 参考文献

- [1] Johnson DH. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology*, 1980, **6**: 65-71
- [2] Jiang Z-W (姜兆文), Xu L (徐利), Ma Y-Q (马逸清), *et al.* The winter habitat selection of sables in Daxinganling Mountains. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), 1998, **18**(2): 112-119 (in Chinese)
- [3] Ouyang Z-Y (欧阳志云), Li Z-X (李振新), Liu J-G (刘建国), *et al.* The recovery processes of giant panda habitat in Wolong Nature Reserve, Sichuan China. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2002, **22**(11): 1840-1849 (in Chinese)
- [4] Zheng X (郑祥), Bao Y-X (鲍毅新), Ge B-M (葛宝明). A review of studies on ungulates' habitat selection in China. *Journal of Zhejiang Normal University (Natural Science)* (浙江师范大学学报·自然科学版), 2004, **27**(4): 392-397 (in Chinese)
- [5] Zhang Z-J (张泽钧), Hu J-C (胡锦矗). A study on the giant panda's habitat selection. *Journal of Sichuan Teachers College (Natural Science)* (四川师范学院学报·自然科学版), 2000, **21**(1): 18-21 (in Chinese)
- [6] Zhang Z-J (张泽钧), Hu J-C (胡锦矗), Wu H (吴华). Comparison of habitat selection of giant pandas and red pandas in the Qionglai Mountains. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), 2002, **22**(3): 161-168 (in Chinese)
- [7] Shen G-Z (申国珍), Li J-Q (李俊清), Ren Y-L (任艳林), *et al.* Disturbances and subalpine forest structure in giant panda's habitat. *Journal of Beijing Forestry University* (北京林业大学学报), 2002, **24**(suppl. 1): 115-119 (in Chinese)
- [8] Zhao D-H (赵德怀), Xia W-M (夏未铭), Yong Y-G (雍严格), *et al.* A study on habitat selection of giant panda in reproduction period in south-slope of Qinling Mountains. *Journal of Northwest Forestry University* (西北林学院学报), 2005, **20**(2): 152-155 (in Chinese)

- [9] Liu X-H (刘雪华), Skidmore AK, Bronsveld MC. Assessment of giant panda habitat based on integration of expert system and neural network. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2006, **17**(3): 438-443 (in Chinese)
- [10] Liu X-H (刘雪华), Jin X-L (金学林). Habitat feature of giant pandas' high-frequency activity areas on southern slope of the Qinling Mountains and habitat selection of giant panda. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 2008, **27**(12): 2123-2128 (in Chinese)
- [11] Zhou S-Q (周世强), Huang J-Y (黄金燕), Liu B (刘斌), et al. Habitat patch utilization frequencies of wilderness training giant panda and its relationship with patch resources. *Sichuan Journal of Zoology* (四川动物), 2008, **27**(1): 127-130 (in Chinese)
- [12] Zhou S-Q (周世强), Huang J-Y (黄金燕), Zhang Y-H (张亚辉), et al. Effects of wilderness-training *Ailuropoda melanoleuca*'s feeding and artificial harvesting on population structure of *Fargesia robusta* clone. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2010, **21**(7): 1709-1717 (in Chinese)
- [13] Cao Q (曹庆), Zhu Y (朱云), Ruan Y-Q (阮英琴), et al. Distribution patterns of giant panda in Guanyinshan and Foping Nature Reserve. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2009, **20**(9): 2271-2276 (in Chinese)
- [14] Wei F-W (魏辅文), Feng Z-J (冯祚建), Wang Z-W (王祖望). Habitat selection by giant pandas and red pandas in Xiangling Mountains. *Acta Zoologica Sinica* (动物学报), 1999, **45**(1): 57-63 (in Chinese)
- [15] Wei F-W (魏辅文), Zhou A (周昂), Hu J-C (胡锦矗), et al. Habitat selection by giant pandas in Mabian Dafengding Reserve. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), 1996, **16**(4): 241-245 (in Chinese)
- [16] Wang J-H (王建宏), Huang H-L (黄华梨), Teng J-R (滕继荣), et al. Habitat selection by giant pandas in west of Baishuijiang Nature Reserve. *Sichuan Journal of Zoology* (四川动物), 2006, **25**(4): 771-775 (in Chinese)
- [17] Jiang H-M (江华明). A research on the habitat selecting of the giant panda in Baoxing County. *Journal of Sichuan Vocational and Technical College* (四川职业技术学院学报), 2009, **19**(1): 121-123 (in Chinese)
- [18] Zhao W (赵伟), Fan J-S (樊金拴), Hu X-N (胡小宁), et al. Habitat selection by giant pandas distributed along Xushuihe River in Taibai County. *Journal of Northwest Forestry University* (西北林学院学报), 2009, **24**(6): 94-97 (in Chinese)
- [19] Ran J-H (冉江洪), Liu S-Y (刘少英), Wang H-J (王鸿加), et al. Effect of grazing on giant pandas' habitat in Yele Nature Reserve. *Acta Theriologica Sinica* (兽类学报), 2003, **23**(4): 288-294 (in Chinese)
- [20] Ran J-H (冉江洪), Zeng Z-Y (曾宗永), Wang H (王昊), et al. A comparative study on habitat preference of giant pandas in primary and secondary forests. *Journal of Beijing Forestry University* (北京林业大学学报), 2004, **26**(4): 8-14 (in Chinese)
- [21] Yang C-H (杨春花), Zhang H-M (张和民), Zhou X-P (周小平), et al. Review of habitat selection in the giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*). *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2006, **26**(10): 3442-3453 (in Chinese)
- [22] Quesenberry CP, Hurst DC. Large sample confidence intervals for multinomial proportions. *Technometrics*, 1964, **6**: 191-195
- [23] Goodman LA. On simultaneous confidence intervals for multinomial proportions. *Technometrics*, 1965, **7**: 247-254
- [24] Rong K (戎可), Zong C (宗诚), Ma J-Z (马建章). A method for analysis of habitat selection data: Bailey's interval. *Zoological Research* (动物学研究), 2009, **30**(2): 215-220 (in Chinese)
- [25] Wang M-J (王梦君), Li J-Q (李俊清). Research on habitat restoration of giant panda after a grave disturbance of earthquake in Wanglang Nature Reserve, Sichuan Province. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2008, **28**(12): 5848-5855 (in Chinese)
- [26] Shen G-Z (申国珍), Li J-Q (李俊清), Ren Y-L (任艳林), et al. Indicators for giant panda's habitat degradation and restoration. *Journal of Beijing Forestry University* (北京林业大学学报), 2002, **24**(4): 1-5 (in Chinese)
- [27] Zeng Z-Y (曾宗永), Yue B-S (岳碧松), Ran J-H (冉江洪), et al. Panda's exploitation of habitats at Wanglang Nature Reserve. *Journal of Sichuan University* (Natural Science) (四川大学学报·自然科学版), 2002, **39**(6): 1140-1144 (in Chinese)
- [28] Yan Z-C (颜忠诚), Chen Y-L (陈永林). Habitat selection in animals. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 1998, **17**(2): 43-49 (in Chinese)

作者简介 康东伟,男,1987年生,硕士研究生.主要从事保护生物学与恢复生态学研究,发表论文6篇. E-mail: kangmanfeng\_1985@163.com

责任编辑 李凤琴