

秦岭大熊猫冬春季节对巴山木竹竹林生长指标的选择

高新宇¹, 刘阳¹, 刘定震^{1,*}, 魏辅文²

(1. 北京师范大学 生命科学学院 生物多样性与生态工程教育部重点实验室, 北京 100875;

2. 中国科学院动物研究所, 北京 100080)

摘要: 2004~2005年冬季的12月、1月和春季的4月、5月, 在秦岭山系南坡佛坪自然保护区内就大熊猫对构成其主要栖息地和食物来源的巴山木竹竹林的选择进行研究后的结果表明: 在冬季, 大熊猫栖息地多为幼竹与死竹比例基本持平、密度稳定的巴山木竹竹林, 主要取食老竹; 在春季, 大熊猫更偏好选择竹子密度和盖度略低、竹子粗壮高大、幼竹与竹笋比例高的竹林活动, 主要取食幼竹。大熊猫春季栖息地幼竹比例通常高过死竹比例, 竹林密度处于增长期。竹林进入发笋期后, 稀疏、高大的竹林下的粗大竹笋成为大熊猫的主要食物来源。

关键词: 大熊猫; 秦岭; 巴山木竹; 生境选择

中图分类号: Q959.838; Q949.71; Q959.838.08 文献标识码: A 文章编号: 0254-5853(2006)02-0157-06

Analysis on the Growth of Bamboo Species *Bashania fargesii* Selection of Giant Pandas in Qinling Mountains

GAO Xin-yu¹, LIU Yang¹, LIU Ding-zhen^{1,*}, WEI Fu-wen²

(1. MOE Key Laboratory of Biodiversity Science and Ecological Engineering, College of Life Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: *Bashania fargesii*, one of the dominant bamboo species distributed at the elevation between 1 000 - 1 900 m of Qinling Mountains, is an important food source for the Giant Panda (*Ailuropoda melanoleuca*). The habitat preference of the Giant Panda for different bamboo forests is hardly known. To investigate the relationship between the bamboo and Giant Pandas, we conducted a study on the food selection of the Giant Pandas on the *B. fargesii* at Foping National Nature Reserve, Shaanxi Province in the winter of 2004 and the spring of 2005. Forty-five transects (about 17.3 km/Each) across the reserve and 159 large samples (20 m × 20 m each) were surveyed. The data about the density, coverage, basal diameter, average height and proportion of the young *B. fargesii* were collected in the sample and the characteristic of the bamboo previously bitten by the Giant Pandas. The result indicated that pandas mainly foraged on old bamboo in the *B. fargesii* forest in which the proportion of young bamboo was as low as the proportion of died bamboo in the winter. In the spring, however, the pandas showed strong preference for *B. fargesii* forests with lower densities, larger basal diameters and higher proportion of young bamboos. Most pandas selected to habitat with a large density of growing *B. fargesii*, and young bamboos were the pandas' favorite food. When bamboo shoots bourgeoned, the thick shoots among the sparse *B. fargesii* forests with larger basal diameters became the major food source for those pandas.

Key words: Giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*); Qinling Mountains; *Bashania fargesii*; Habitat selection

动物对栖息地的选择存在一定的范围, 其上限和空间粒度之间, 动物在选择栖息地时遵循一定的为空间幅度, 下限为空间粒度。同时, 在空间幅度和空间粒度之间, 动物在选择栖息地时遵循一定的次序, 其中包括对分布区 (distribution area) 活动

* 收稿日期: 2005-10-25; 接受日期: 2006-01-10

基金项目: 国家自然科学基金重点项目资助 (30230080)

第一作者: 高新宇 (1981-), 男, 硕士研究生, 主要从事动物生态学研究; E-mail: bio.gao@163.com

* 通讯作者 (Corresponding author), Tel: 010-5880-6699, E-mail: dzliu@bnu.edu.cn

区 (home range) 取食地 (foraging site) 的选择等。秦岭大熊猫 (*Aliluropoda melanoleuca*) 较之其他山系的大熊猫种群在分子水平上和形态、行为等诸多方面都存在一定程度的差异。根据对秦岭大熊猫 DNA 测序分析的结果, 近来有学者提出, 秦岭大熊猫可被独立为一个新的亚种 (Wu & Fang, 2005)。由于纬度、栖息地地貌、植被区系和种群遗传性等诸多因素的差异, 秦岭大熊猫在活动领域的大小以及栖息地的选择与利用上也存在一定程度的特殊性 (Pan et al, 1988, 2001; Wei et al, 1996)。此外, 由于植被的垂直分布变化和季节间的演替, 大熊猫 (Yong et al, 1994; Liu et al, 2002) 和羚牛 (Zeng & Song, 2001) 等大型兽类在生境指标和食物构成上存在季节性变化。基于秦岭大熊猫生境的空间分布格局 (Liu et al, 2002) 取食行为 (Zhang et al, 2002) 和夏季栖居地的生境因子与植被特征 (Yang et al, 1998) 的报道, 结合针对邛崃山系、凉山山系、相岭山系关于大熊猫及小熊猫对竹林的利用与取食的研究方法 (Reid & Hu, 1991; Wei et al, 1996, 1999a, 2000), 为了更为深入地分析研究秦岭大熊猫在不同季节对竹林的选择偏好, 本文就佛坪自然保护区冬春季节大熊猫栖息地内的巴山木竹竹林指标和取食的竹子特征进行了比较分析。

1 研究区域概况

陕西佛坪国家级自然保护区位于秦岭南坡中段的佛坪县境内, 地理位置介于东经 $107^{\circ}40' \sim 107^{\circ}55'$, 北纬 $33^{\circ}33' \sim 33^{\circ}46'$, 总面积 350 km^2 。佛坪自然保护区是秦岭大熊猫分布的中心地区, “全国第三次大熊猫调查”统计该地区的大熊猫数量约 81 只。保护区内有巴山木竹 (*Bashania fargesii*)、秦岭箭竹 (*Fargesia qinlingensis*)、龙头竹 (*Fargesia dracocephala*) 等大熊猫采食的竹子分布, 其中巴山木竹广泛分布于海拔 $1000 \sim 1900 \text{ m}$ 的地区, 竹林面积广泛, 约占保护区总面积的 44%。秦岭箭竹同龙头竹主要分布于海拔 1600 m 以上的地区, 常与巴山木竹交错分布, 其中秦岭箭竹为合轴丛生竹类, 丛内密度差异较大, 但总面积相对较小。龙头竹在保护区内数量稀少, 常与巴山木竹或秦岭箭竹形成比较稳定的混合群落 (Li et al, 2003)。夏季, 大熊猫主要栖息于中高海拔地区, 除巴山木竹外, 一些个体也取食秦岭箭竹或少量的

龙头竹。进入 9 月, 多数大熊猫迁移到中低海拔地区活动, 直至次年 6 月。在冬春季节, 巴山木竹竹林正是大熊猫主要的栖息地和取食地 (Pan et al, 2001; Liu et al, 2001, 2003; Yong et al, 1994)。

2 研究方法

2.1 样方设置与数据采集

2004~2005 年冬季的 12 月、1 月和春季的 4 月、5 月, 在佛坪国家级自然保护区大古坪、三官庙和中咀保护站管辖范围内的大熊猫活动区域中, 选择不同沟系大熊猫生境内的巴山木竹竹林, 设置调查样线。样线海拔范围分布于 $1100 \sim 1900 \text{ m}$, 共计 45 条, 总长度约 780 km 。样线调查过程中, 在样线上设立一定数量的大样方, 样方大小 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 。符合下列条件之一的地点即设立一个样方: 调查样线的起点和终点; 发现大熊猫粪便或大熊猫活动痕迹; 已行走约 3 km 距离, 但没有记录到大熊猫活动痕迹; 植被类型已发生明显的改变。

在每个大样方中, 分别设置三处 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 的小样方, 要求每两个小样方中心的距离大于 10 m 。记录小样方内竹子种类、密度、基径 (测量 10 株取平均值)、高度, 以及幼竹与竹笋比例、死竹比例等数据 (Wei et al, 1999b)。三处数据取平均值作为本大样方的竹林信息。

其中, 在发现大熊猫食迹、粪便等痕迹的位置, 依照上述标准, 通过三处 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 的竹林样方数据求得的平均值作为大熊猫选择的竹林信息。

2.2 选择系数及选择指数

采用 Vanderloeg 和 Scavia 选择系数 W_i 以及选择指数 E_i , 计算得出大熊猫喜食和拒食的竹子生长指标, 例如偏好的基径。这种方法实际上是通过比较大熊猫在不同环境中活动频度的相对高低, 来评估对这些指标的偏爱程度 (Wei et al, 1996, 1999a)。

评估方法如下:

$$W_i = (r_i/P_i) / \sum (r_i/P_i)$$

$$E_i = (W_i - 1/n) / (W_i + 1/n)$$

其中, W_i 为选择系数, E_i 为选择指数, i 为特征值, n 为特征值总数。 P_i 为调查的环境中具有 i 特征的竹子生境点 (包含所有对照与生境样方) 总数, r_i 为有大熊猫活动的具有 i 特征的竹子生境点 (生境样方) 数。 E_i 值介于 -1 和 $+1$ 之间。 E_i

$= -1$ 表示拒绝, $-1 < E_i < -0.1$ 表示不喜爱, E_i 趋近或等于 0 ($-0.1 < E_i < 0.1$) 表示随机选择, $E_i > 0.1$ 表示喜爱, E_i 趋近于 1 表示特别喜爱。

2.2 取食偏好

在发现存在大熊猫进食痕迹的竹林中, 于取食处设置 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的竹林食物样方信息, 采用关联样本 t 检验分别比较大熊猫栖息地幼竹比例与死竹比例是否存在差异; 同时测量大熊猫取食的巴山木竹相对于生境中未被取食的竹子基径是否存在显著性差异。

将上述测量的参数输入计算机, 运用 SPSS 11.0 for Windows 统计软件包进行数据处理和分析。

3 结果分析

3.1 冬春季大熊猫对微生境内巴山木竹指标的偏好

在大熊猫冬季栖息地的竹林中, 共设置大样方 71 个, 其中存在大熊猫活动痕迹的大样方 28 处。通过对样方内竹子生长数据进行统计, 计算出大熊猫对不同特征指标的选择系数与选择指数 (表 1)。

大熊猫冬季栖息地竹林指标选择指数表明, 冬

季大熊猫喜爱在基径小于 15 mm 的巴山木竹竹林中活动, 其中特别偏好基径为 10~15 mm 的竹林, 而对基径大于 15 mm 的较粗竹林拒绝; 大熊猫喜爱选择密度适中 ($6 \sim 40$ 株/ m^2) 的竹林; 对竹林盖度的选择集中在 25%~75% 的地区, 对盖度很大 (高于 75%) 的竹林随机选择, 对盖度低于 25% 的稀疏竹林则很少选择; 栖息地的竹林平均高度一般在 300 cm 以下, 并主要集中于 100~300 cm 之间。此外, 大熊猫冬季选择的栖息地样方内的幼竹比例偏低, 一般不超过 5%。

在大熊猫春季栖息地的竹林中, 随机设置大样方 88 处, 其中存在大熊猫活动痕迹的大样方 32 处。通过对样方内竹子生长数据进行统计, 计算出大熊猫对不同特征指标的选择系数与选择指数 (表 2)。

大熊猫春季栖息地竹林指标选择指数表明, 3~5 月期间, 大熊猫喜爱选择竹密度低 ($0 \sim 20$ 株/ m^2) 的竹林, 而在密竹林中的活动痕迹较少, 对竹林盖度的选择也主要集中在 50% 以下的地区。同时, 大熊猫喜爱在基径大于 10 mm 的粗大巴山木竹林中活动, 对于基径较细, 尤其是不足 5 mm 的细竹林

表 1 冬季大熊猫在微生境内对巴山木竹竹林指标的选择

Tab. 1 Microhabitat selection of Giant Panda on *Bashania fargesii* bamboo in winter

调查项目 Item	特征值 i	生境点数 r_i	生境点总数 P_i	选择系数 W_i	选择指数 E_i	选择情况* Use
竹子密度 Density of bamboo (culm/ m^2)	< 6	5	19	0.2	-0.11	NP
	6~20	14	26	0.41	0.24	P
	21~40	8	19	0.33	0.14	P
	> 40	1	7	0.11	-0.39	NP
竹丛盖度 Coverage of bamboo (%)	0~25	1	13	0.05	-0.67	NP
	25~50	10	17	0.4	0.23	P
	50~75	11	22	0.34	0.15	P
	75~100	6	19	0.21	-0.09	RS
平均基径 Average basal diameter (mm)	< 5	5	11	0.29	0.07	RS
	5~9	10	23	0.28	0.06	RS
	10~15	13	19	0.43	0.26	P
	> 15	0	18	0	-1	A
平均高度 Average height (cm)	< 100	3	10	0.22	-0.06	RS
	100~199	11	25	0.32	0.12	P
	200~300	13	24	0.39	0.22	P
	> 300	1	12	0.06	-0.61	NP
幼竹比例 Proportion of young bamboo (%)	< 10	21	35	0.61	0.42	P
	10~19	4	18	0.22	-0.06	RS
	20~30	3	10	0.3	0.09	RS
	> 30	0	8	0	-1.00	NP

* P: 喜爱 (Preferred); RS: 随机选择 (Random Selection); NP: 不喜爱 (Not Preferred); A: 拒绝 (Avoidance)

表 2 春季大熊猫在微生境内对巴山木竹竹林指标的选择

Tab. 2 Microhabitat selection of Giant Panda on *Bashania fargesii* bamboo in spring

调查项目 Item	特征值 i	生境点数 r_i	生境点总数 P_i	选择系数 W_i	选择指数 E_i	选择情况 [*] Use
竹子密度 Density of bamboo (culm/m ²)	< 6	7	13	0.42	0.25	P
	6 ~ 20	19	36	0.42	0.25	P
	21 ~ 40	6	29	0.16	-0.22	RS
	> 40	0	10	0	-1.00	A
竹丛盖度 Coverage of bamboo (%)	0 ~ 24	7	14	0.32	0.12	P
	25 ~ 49	12	19	0.4	0.23	P
	50 ~ 74	10	30	0.21	-0.09	RS
	75 ~ 100	3	25	0.08	-0.52	NP
平均基径 Basal diameter (mm)	< 5	2	20	0.07	-0.56	NP
	5 ~ 9	8	26	0.21	-0.09	RS
	10 ~ 15	12	22	0.38	0.21	P
	> 15	10	20	0.34	0.15	P
平均高度 Average height (cm)	< 100	1	12	0.06	-0.61	NP
	100 ~ 199	4	26	0.12	-0.35	NP
	200 ~ 300	19	34	0.43	0.26	P
	> 300	8	16	0.38	0.21	P
幼竹比例 Proportion of young bamboo (%)	< 10	4	29	0.14	-0.11	NP
	10 ~ 19	12	27	0.45	0.2	P
	20 ~ 30	8	17	0.48	0.23	P
	> 30	8	15	0.54	0.29	P

* P: 喜爱 (Preferred); RS: 随机选择 (Random Selection); NP: 不喜爱 (Not Preferred); A: 拒绝 (Avoidance)

则很少选择; 栖息地的竹林平均高度通常在 200 cm 以上。大熊猫春季选择的栖息地竹笋及幼竹占样方内竹子总数的比例多超过 10%, 对新生竹不足 10% 的竹林不感兴趣。

3.2 冬春季大熊猫对取食地巴山木竹竹林发育状况及食物的选择

在冬季, 存在大熊猫活动的 28 处大样方中, 共记录到有取食痕迹的 1 m × 1 m 食物样方 58 处; 在春季, 存在大熊猫活动的 32 处大样方中, 记录到大熊猫食物样方 76 处。

冬季大熊猫取食地内, 幼竹所占样方内竹子总数的比例与老竹所占的比例不存在显著差异 ($n = 58$, $P = 0.348$), 大熊猫所选择的竹林密度保持相对稳定, 幼竹与死竹比例较低, 竹林以 2 年以上竹为主; 而春季随着气温的升高, 竹笋逐渐钻出, 这个阶段大熊猫选择取食的生境多为幼竹与竹笋比例较高, 且显著高于死竹比例 ($n = 76$, $P = 0.000$), 竹子密度处于增长阶段的竹林 (图 1)。

关联样本 t 检验的结果表明: 冬季大熊猫取食的巴山木竹基径与取食地内未取食的竹子基径不存在显著差异 ($n = 58$, $P = 0.228$), 但春季选择进食的巴山木竹基径显著大于周围其他竹子 ($n = 76$, $P = 0.000$) (图 2)。

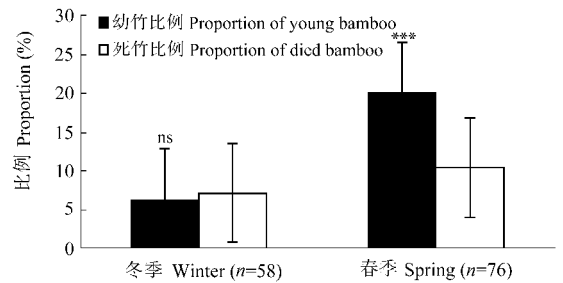


图 1 冬春季大熊猫取食地巴山木竹幼竹与死竹比例

Fig. 1 Comparison of proportion between young and died bamboo in the Giant Pandas' foraging sites during winter and spring seasons

*** $P < 0.001$ [关联样本 t 检验 (Paired samples t -test)]

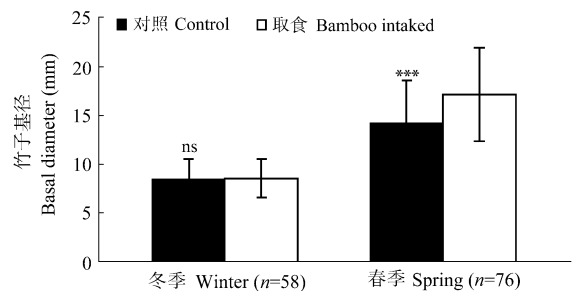


图 2 冬春季大熊猫取食的竹基径与未取食的竹基径对比

Fig. 2 Comparison of bamboo basal diameter of inhabited and uninhabited area by the Giant Pandas during winter and spring seasons

*** $P < 0.001$ [关联样本 t 检验 (Paired samples t -test)]

4 讨 论

在冬季,大熊猫偏好竹密度在 $6 \sim 40$ 株/ m^2 的巴山木竹竹林。密度适中的竹林既提供了充足的食物资源,同时又有利于大熊猫保暖遮风。过疏的竹林生物量偏低,大熊猫要取食相同量的食物必然要扩大取食范围,消耗更多能量。调查中也发现,簇生竹和部分光照充足地区的散生竹竹丛密度非常大,但由于竹子个体间竞争激烈,往往茎秆细矮,且颜色偏黄,含水量少,营养价值偏低。同时,过密的竹林虽然有利于遮挡风寒,却会阻碍大熊猫的活动,迫使其消耗过多的体力。在这样的密竹林生境中,大熊猫仅仅是沿着平坦的山脊或者竹林中的兽径行走 (Yu et al, 2003), 取食两侧密竹林边缘的竹子。

大熊猫冬季活动的竹林中,幼竹比例普遍偏低,一般不超过 5%, 取食的竹子多为萌发两年以上的老竹。我们推断不同类型竹林内的湿度差异和竹林的盖度是导致这一现象的主要原因。大熊猫冬季栖息地竹林较之对照样方中幼竹比例高的竹林地表普遍干燥。相对干燥的环境条件制约了幼竹的萌发。但在寒冷的冬季,与阴冷潮湿的生境相比,大熊猫偏好于干燥避风的竹林中选择老竹作为主要食物,这可能与保暖和减少热量散失有关。根据大熊猫冬季的粪便,可以清楚地发现绝大多数取食老竹的过程中大熊猫仅取食竹叶,而抛弃竹茎。

此外,在山脊及山坡的上部,大熊猫活动痕迹较多。上述地形位置覆盖的积雪较之沟底、山谷略薄,大熊猫行动相对自由,且白昼的采光较为充足,有利于减少大熊猫体内热量的散失。同时,调查中也发现,大熊猫冬季的粪团多数集中在锐齿栎 (*Quercus aliena* var. *acuteserrata*)、青冈 (*Cyclobalanopsis glauca*)、红桦 (*Betula albo-sinensis*) 等粗大的乔木下。树干上普遍不存在明显的大熊猫抓挠、爬树痕迹,但是可发现少数大熊猫的毛发。这样的现象表明大熊猫在竹林中休息或取食的过程可能采用身体顶住后面乔木,以减少体温的散失。3 月中下旬大熊猫繁殖期结束后,大熊猫成年个体分散,多数大熊猫选择竹径粗大,尤其是平均基径大于 10 mm 的巴山木竹竹林来生活。对比结果表明,大熊猫取食的竹子基径显著粗于附近未被取食的巴山木竹。在此期间,大熊猫主要在幼竹比例高 ($> 10\%$) 的竹林中挑选前一年春夏季萌发的新竹作为

食物。基径大的竹林中,竹子密度偏低,竹茎木质化程度高,竹叶主要集中在竹顶端,相对于冬季选择的栖息地,大熊猫要获得相同量的食物需要消耗更多的能量。但是从另一方面来看,巴山木竹幼竹中的含水量高,口感好,营养成分丰富 (Wei et al, 1999c) 且竹茎较老竹粗大 ($P = 0.01$), 是理想的能量来源。从这个季节的大熊猫粪便来看,大熊猫在取食竹叶的同时,也会取食一定比例幼竹的竹茎 (Pan et al, 2001)。竹子基径粗的生境内,在发笋期萌发出的竹笋也相应粗大,大熊猫可以在这里补充营养直至发笋的高峰期结束,从而节省寻找食物的能量消耗。

大熊猫春季偏好栖息在竹林平均高度大于 300 cm 的高竹林中。但是,高大的竹子存在着取食上的不便。野外的行为观察表明,秦岭大熊猫觅食的时候,有的个体喜爱将竹子咬断,或者直接将竹子拉弯来取食竹叶以及竹茎,与以前相关行为的报道 (Pan et al, 2001) 相近。研究中发现,不同个体的大熊猫咬断后的巴山木竹残留竹桩高度算术平均值为 108.5 cm ($n = 82$, $SD = 10.9$), 与竹子基径没有呈现出明显的关联性 ($r = 0.118$, $P > 0.05$), 推断仅与竹子的原高 ($r = 0.155$, $P < 0.05$) 和大熊猫个体的大小存在微弱的相关。结果表明,大熊猫在取食不同粗度、高度的竹子时,可能首先在距离地面 (108.5 ± 10.9) cm 的高度范围内将其咬断或拉弯后才开始进食的。可见,取食高的竹子仅仅是在咬竹茎的过程中消耗较多的能量,在竹子被大熊猫咬断或拉弯后,高度的影响也就不存在了。所以,高度指标并非是吸引或影响大熊猫取食的最直接原因。然而,竹子的基径与株高呈现密切的正相关,基径粗的巴山木竹普遍偏高 ($r = 0.810$, $P < 0.01$), 因此,大熊猫对竹子高度的选择不妨归并是为对竹子基径粗细的选择。

此外,选择指数结果分析表明,在春季,大熊猫喜爱在稀疏的巴山木竹竹林 ($0 \sim 20$ 株/ m^2) 中活动。4 月中旬起,陕西佛坪保护区大熊猫主食竹类巴山木竹开始进入发笋期,大熊猫多在低海拔水暖充足、竹笋粗大的竹林中取食竹笋,并将其作为主要的食物。低密度竹林内竹子的基径通常较粗,与竹子密度呈现显著的负相关 ($r = -0.43$, $P < 0.05$)。基径粗的竹林下,萌发的粗大竹笋正是大熊猫在发笋期偏爱的食物,同时,稀疏的竹林也有利于大熊猫寻找和取食竹笋。寻找粗大而密集的竹

笋,也正是大熊猫春季栖息地选择的主要目的。如前所述,这段时间内,大熊猫所选择的生境多为竹子粗大,正在发育中的幼竹比例高的竹林,竹密度不高,但竹笋数量多,有利于大熊猫寻觅、进食。随着高海拔地区竹笋的陆续萌发,大熊猫在5月中旬左右开始逐渐向高海拔地区移动。

秦岭南坡山势平缓,相比于其他山系的种群,大熊猫能够在相对较小的活动范围内获取更为多样的可供选择的生境。秦岭山系的巴山木竹较之箭竹属等其他地区大熊猫主食竹类,不同个体间基径、高度等生长指标差异较大,竹林结构多样,为大熊猫提供了丰富的食物资源。与邛崃、相岭、凉山等山系大熊猫栖息地的同类研究结果比较(Reid & Hu, 1991; Wei et al, 1999a, 2000),随着季节的变化,秦岭大熊猫对竹林及食物的选择策略也呈现出一定差异,而非单纯地选择密度适中、幼竹比例

参考文献:

- Gao XY, Liu DZ, Ye XP, Yong YG, Wei FW. 2004. Utilizations of temporary buildings by wild giant pandas at Foping Nature Reserve [J]. *J Beijing Normal Univ (Natural Science)*, **40**(2): 260-263. [高新宇,刘定震,叶新平,雍严格,魏辅文. 2004. 佛坪自然保护区野生大熊猫对保护区内简易建筑的利用. 北京师范大学学报(自然科学版), **40**(2): 260-263.]
- Li Y, Ren Y, Jia H. 2003. The taxonomic studies on the bamboo as the main food of giant panda from Mt Qinling [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, **23**(1): 127-129. [李云,任毅,贾辉. 2003. 秦岭大熊猫主食竹的分类学研究(I). 西北植物学报, **23**(1): 127-129.]
- Liu XH. 2001. Mapping and Modeling the Habitat of Giant Pandas in Foping Nature Reserve, China [M]. The Netherlands: FeboDruk BV, Enschede.
- Liu XH, Skidmore AK, Wang TJ, Yong YG, Herbert HT. 2002. Giant panda movement pattern in Foping Nature Reserve, China [J]. *J Wild Manage*, **66**(4): 1179-1188.
- Pan WS, Gao ZS, Lü Z. 1988. Nature Shelter of Pandas in Qinling [M]. Beijing: Peking University Press. [潘文石,高郑生,吕植. 1988. 秦岭大熊猫的自然庇护所. 北京:北京大学出版社.]
- Pan WS, Lü Z, Zhu XJ, Wang DJ, Wang H, Long Y, Fu DL, Zhou X. 2001. A Chance for Lasting Survival [M]. Beijing: Peking University Press. [潘文石,吕植,朱小健,王大军,王昊,龙玉,付达莉,周欣. 2001. 继续生存的机会. 北京:北京大学出版社.]
- Reid DG, Hu JC. 1991. Giant panda selection between *Bashania faberi* bamboo habitats in Wolong Reserve, Sichuan, China [J]. *J Appl Ecol*, **28**(1): 228-243.
- Wei FW, Zhou A, Hu JC, Wang W, Yang G. 1996. Habitat selection by giant pandas in Mabian Dafengding Reserve [J]. *Acta Theriol Sin*, **16**: 241-245. [魏辅文,周昂,胡锦鑫,王维,杨光. 1996. 马边大风顶自然保护区大熊猫对生境的选择. 兽类学报, **16**: 241-245.]
- Wei FW, Feng ZJ, Wang ZW. 1999a. Habitat selection of giant panda and red panda [J]. *Acta Zool Sini*, **45**: 57-63. [魏辅文,冯祚建,王祖望. 1999. 相岭山系大熊猫和小熊猫对生境的选择. 动物学报, **45**: 57-63.]
- 较高的竹林觅食。在春季,大熊猫把对营养的需求放在首要位置。而在冬季,秦岭大熊猫多数偏好温暖干燥的竹林,甚至林中人类活动较少的简易民用建筑物栖息(Gao et al, 2004)。寒冷的环境下,如何减少热量散失正是大多数恒温动物面临的一个重要问题。秦岭独特的地理位置、地形地貌和植被特征,是导致秦岭大熊猫与其他野生大熊猫种群存在行为差异的主要原因之一。
- 致谢:研究工作得到清华大学环境科学与工程系刘雪华副教授、陕西佛坪保护区赵纳勋副局长、党高弟先生、雍严格先生、叶新平先生以及大古坪、三官庙、中咀保护站工作人员的大力协助,美国 Central Washington University 孙立新教授指正英文摘要,在此一并致谢!
- Wei FW, Feng ZJ, Wang ZW, Liu JX. 1999b. Association between environmental factors and growth of bamboo species *Bashania anostachya*, the food of giant and red pandas [J]. *Acta Ecol Sin*, **19**(5): 710-714. [魏辅文,冯祚建,王祖望,刘家熙. 1999b. 相岭山系大小熊猫主食竹类峨热竹的生长发育与环境因子间的相互关系. 生态学报, **19**(5): 710-714.]
- Wei FW, Feng ZJ, Wang ZW, Zhou A, Hu JC. 1999c. Use of the nutrients in bamboo by the red panda (*Ailurus fulgens*) [J]. *J Zool*, **248**: 535-541.
- Wei FW, Wang ZW, Feng ZJ, Li M, Zhou A. 2000. Seasonal energy utilization in bamboo by the red panda (*Ailurus fulgens*) [J]. *Zool Biol*, **19**: 27-33.
- Wu H, Fang SG. 2005. A new subspecies of giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*) from Shaanxi, China [J]. *J Mammal*, **86**(2): 397-402.
- Yang XZ, Meng SJ, Yong YG, Wang TJ, Zhang SN. 1998. A study on the environment and ecology of giant panda in Foping: The selection of summer habitat [J]. *J Northwest Univ (Natural Science Edition)*, **28**(4): 348-353. [杨兴中,蒙世杰,雍严格,汪铁军,张陕宁. 1998. 佛坪大熊猫环境生态的研究——夏季栖居地的选择. 西北大学学报(自然科学版), **28**(4): 348-353.]
- Yu GZ, Jiang ZG, Zhao Z, Wang B, Wang Y. 2003. Giant panda feeding: Why do they prefer bamboo patch edges [J]. *J Zool*, **261**(3): 307-312.
- Yong YG, Wang KW, Wang TJ. 1994. Giant Panda's moving habitat in Foping [J]. *Acta Theriol Sin*, **14**: 9-14. [雍严格,王宽武,汪铁军. 1994. 佛坪大熊猫的移动特性. 兽类学报, **14**: 9-14.]
- Zhang YY, Long Y, Wang H, Wang DJ, Zhu XJ. 2002. Feeding behavior of wild giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*) in Qinling Mountains [J]. *Acta Sci Nat Univ Pekinensis*, **38**(4): 478-486. [张颖溢,龙玉,王昊,王大军,朱小健. 2002. 秦岭野生大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 的觅食行为. 北京大学学报(自然科学版), **38**(4): 478-486.]
- Zeng ZG, Song YL. 2001. Daily activity rhythm and time budget of golden takin in spring and summer [J]. *Acta Theriol Sin*, **21**: 7-13. [曾治高,宋延龄. 2001. 秦岭羚牛春夏季昼夜活动节律与时间分配. 兽类学报, **21**: 7-13.]