

广西扶绥黑叶猴主要食物种类能量含量的初步研究

黄晓红¹ 李友邦^{1,2*} 陆施毅² 赵霏² 韦周全²

(1 广西师范大学广西珍稀濒危动物生态学重点实验室, 桂林 541004) (2 广西师范大学生命科学学院, 桂林 541004)

摘要: 能量对灵长类食物选择的影响是营养生态学中重要的组成部分。为了研究黑叶猴的食物能量及其食物选择的影响, 采用焦点动物取样法和连续记录法在广西扶绥观察记录野生黑叶猴的觅食行为; 每月观察结束后采集被取食的植物部位样本, 利用全自动氧弹热量计测定其能量。结果表明, 黑叶猴食物中嫩叶最高 (58.5%), 其次为果实 (12.4%), 其他种类依次为成熟叶 (12.1%)、种子 (10.6%)、花 (4.3%) 和树皮 (2.4%)。在不同的生活型食物中, 乔木占 48.5%, 灌木占 34.6%, 藤本和草本分别占 19.4% 和 17.2%。各种食物平均能量为 17.09 kJ/g, 月平均能量在 16.52–17.61 kJ/g 之间变化。种子的能量最高, 达 19.52 kJ/g, 最低为成熟叶, 仅为 16.84 kJ/g。不同生活型植物中, 灌木能量最高, 达 17.52 kJ/g, 草本植物最低, 仅为 15.73 kJ/g。不同植物种类之间能量有显著的差异 ($P < 0.001$)。取食量最多的 15 种和最少的 15 种植物之间平均能量差异显著 ($P < 0.001$), 但在月份间、雨季和旱季间则无显著差异 ($P > 0.05$)。取食不同种类植物的时间与其平均能量之间无显著相关关系 ($P = 0.40$), 食物能量含量并非影响黑叶猴食物选择的主要原因, 其觅食策略需要进一步的研究。

关键词: 黑叶猴; 食物选择; 能量; 适应性; 能量对策

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000–1050 (2015) 03–0260–11

A preliminary study on the energy content of the main food plants of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in Fusui, Guangxi, China

HUANG Xiaohong¹, LI Youbang^{1,2*}, LU Shiyi², ZHAO Fei², WEI Zhouquan²

(1 Guangxi Key Laboratory of Rare and Endangered Animal Ecology, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

(2 College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

Abstract: The study of the effect of food energy content on non-human primate food choice has been an important component of nutritional ecology. We studied the relationship between food energy content and food choice of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in limestone habitat. We surveyed langurs with focal animal sampling and continuous recording techniques. We analyzed food energy content by calorimeter. The results showed that immature leaves were the dominant food item (58.5%), with fruits, mature leaves, seeds, flowers, and bark comprising the rest of the diet (12.4%, 12.1%, 10.6%, 4.3%, 2.4%, respectively). Diet varied among the plant types, with arboreal sources accounting for 48.5% of the diet, followed by those from shrubs 34.6%, lianas 19.4% and herbs 17.2%. The total average food energy content was 17.09 kJ/g, with monthly mean energy content ranging from 16.52 kJ/g to 17.61 kJ/g. Energy content varied among plant parts: seeds contained the largest energy content (19.52 kJ/g) whilst mature leaves had the lowest (16.84 kJ/g). Energy content varied among plant types, with shrubs having the largest energy content (17.52 kJ/g) and herbs having the lowest (15.73 kJ/g). Energy content varied significantly among food samples and plants, as well as between the fifteen most preferred food species and the fifteen least preferred ones ($P < 0.001$); but such variations were not found between months, or between rainy seasons and drought seasons ($P > 0.05$). There was no significant relationship between species energy content and feeding time of langurs ($P = 0.40$). This suggests food energy content was not the main factor influencing food choice of the langur. Food choice strategy of the François' langur requires more rigorous testing.

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31460568, 31060059); 广西珍稀濒危动物生态学重点实验室基金项目 (桂科能 14–A–01–02)

作者简介: 黄晓红 (1978–) 女, 实验师, 主要从事实验室建设和动物生态学研究. E-mail: Huangxh@mailbox.gxnu.edu.cn

收稿日期: 2014–09–09; **修回日期:** 2015–06–08

* 通讯作者, Corresponding author, E-mail: lyb_2001@126.com

Key words: Adaptation; Energy content; Energy strategy; Food choice; *Trachypithecus francoisi*

营养生态学是灵长类学研究的热点问题之一。动物营养生态的研究对于探讨动物的生理、生态、行为和进化等方面有非常重要的意义 (Raubenheimer *et al.*, 2009)。营养生态学重要的目标之一是研究自然条件下什么因素决定动物的食物选择, 其中能量对灵长类食物选择的影响是重要的组成部分之一 (Felton *et al.*, 2009)。关于动物如何进行食物选择, 目前有几个主要的理论体系: 能量最大化取食策略 (Energy maximization), 该理论提出动物取食策略是最大限度地获取食物中的能量 (Emmen, 1966); 营养几何结构模型 (the Geometric for Framework), 该模型提出动物食物中各种营养成分达到某种比例的平衡时, 动物即可满足其生存和繁殖后代的需要 (Raubenheimer and Simpson, 1993); 经典的昆虫营养生态 (Classical Insect Nutritional Ecology), 此假说从植物次生化学物质的角度提出动物选择食物的影响因素是次生化学物质而不是营养物质 (Fraenkel, 1959); 生态化学计量法 (Ecological Stoichiometry), 研究能量与多种化学元素之间的相互作用 (Elser, 2006)。

黑叶猴 (*Trachypithecus francoisi*) 是越南北部, 中国广西、贵州和重庆南部喀斯特石山生态系统中特有的珍稀灵长类动物; 由于过度狩猎与栖息地变化, 黑叶猴种群数量急剧下降 (Nadler *et al.*, 2003; Li *et al.*, 2007), 全球黑叶猴的种群数量少于 2 000 只 (罗杨, 2005)。到目前为止, 野外黑叶猴食物选择研究已经开展了许多工作, 包括种类的选择 (罗杨等, 2000; Zhou *et al.*, 2006; 周岐海等, 2007; Li *et al.*, 2009; 黄中豪等, 2010; 李友邦等, 2012)、食物水分 (黄晓红等, 2010; 吴茜等, 2011)、粗蛋白 (李雯等, 2010; 李友邦等, 2013) 和总单宁 (Li *et al.*, submission)。一般而言, 喀斯特石山环境被认为是较为恶劣的栖息地类型, 食物季节性波动较大 (黄中豪等, 2010)。相应地, 生活于其中的灵长类会采取特定的适应性策略, 如白头叶猴 (*T. leucocephalus*) 基于不同食物能量决定其取食时间 (黄乘明等, 1998)。作为与白头叶猴亲缘关系非常近的物种, 野生黑叶猴食物能量的研究尚未开展。对近缘物种的行为进行比较分析, 能找出其行为的差异与环境

的关系, 并能找到共同祖先的一些特征 (尚玉昌, 2005)。因此, 研究栖息地中食物能量含量及其对黑叶猴食物选择的影响, 对了解黑叶猴对食物的利用方式, 探讨黑叶猴与白头叶猴, 以及其他灵长类的能量策略和适应方式的异同有重要的参考意义。此外, 黑叶猴的迁地保护与相应的野外放归需要评估其能量生态学和环境容纳量。因此, 黑叶猴食物能量的研究在黑叶猴的保护方面具有潜在的参考价值。

1 研究方法

1.1 研究地点和研究对象

研究地点位于广西扶绥县境内一个被开垦的耕地所围绕的孤立石山 (北纬 22°45', 东经 107°50'), 面积约为 25.7 hm²。这是一个典型的喀斯特石山, 它由 7 个山峰组成, 相对高差为 90–110 m, 有许多悬崖峭壁和供黑叶猴夜宿的天然石洞。研究地属于亚热带季风气候, 年平均降雨量为 1 054.3 mm, 季节可以分为明显的雨季 (5–9 月) 和旱季 (10 月至次年 4 月)。月平均降雨量在 123.7–228.7 mm。日平均温度为 22.1℃, 极端低温为 -0.5℃, 极端高温为 39.5℃ (Li *et al.*, 2009)。研究地点四季分明, 春 (3–5 月)、夏 (6–8 月)、秋 (9–11 月)、冬 (12–2 月) (扶绥县志办, 1989)。植被类型主要是次生阔叶林 (薛跃规, 2000)。

研究观察的这群黑叶猴 1999 年为 4 只, 2002 年达到 9 只, 2005 年 12 月由于分群的原因, 留在研究地点内的猴群为 4 只成年猴 (3 只雌性与 1 只雄性)。

1.2 方法

1.2.1 食性观察

2006 年 1–12 月, 采用焦点动物取样法 (Focal animal sampling) 和连续记录法 (Continuous recording) (Martin and Bateson, 1986) 于每个月的前 8 天收集黑叶猴的觅食行为数据, 野外总观察时间为 93 d。观察时间从黑叶猴离开夜宿的石洞开始, 至黑叶猴停止进食并到达夜宿洞附近为止。在野外观察中, 把观察时间划分为 15 min 的观察单元, 在每个单元的前 5 min, 随机选择 1 个个体作

为焦点动物,记录其取食行为。一旦观察到其采食,记录取食植物的种类、部位和取食的时间。

1.2.2 植物样本采集

评价食物营养摄入最准确的方法是采集动物取食的同一株植物 (Chapman *et al.*, 2003)。根据黑叶猴取食植物的种类和部位,猴群离开后,采集相应样品。如果猴群取食的植物在难于到达的悬崖上,则采用 Chapman 等 (2003) 的方法,在悬崖附近 3 棵同种植物上采集大致相等的样品混合,以获得较准确的估计。采得的样品首先用便携式电子秤 (PE-HD 型 精度 0.01 g) 称量鲜重,然后在自然条件下干燥,用塑料封口袋暂时保存,按不同月份记录。如果植物不能当场识别,我们采集并制作一份干制标本,带回实验室请植物学专家进行鉴定。每个月观察结束后带回实验室,在 60℃ 恒温干燥箱 (G-DHG-5) 中烘干至恒重,并用粉碎机 (FW80) 粉碎样品,过 1 mm 筛,再放入密封的塑料带中冷藏备用。

本次观察共采集和测定了 44 种取食植物 (表 1) 共 193 份样品 (表 2)。其中嫩叶 124 份、成熟叶 26 份、花 15 份、果实 25 份、种子 2 份和树皮 1 份;就植物的生活型而言,各生活型样品份数如下:乔木 55 份,灌木 60 份、藤本 64 份和草本 14 份。

1.2.3 能量测定

取粉碎的植物样品约 1 g,压饼后放入全自动氧弹热量计 (XRY-1C 型) 中测定能量,测得的数据直接接入电脑存储分析。所有的测定工作于 2007 年 5-6 月在广西师范大学生态学省级重点实验室 (现为珍稀濒危动植物生态与环境保护教育部重点实验室) 内完成。

1.2.4 数据处理

根据黄乘明 (2002) 把植物部位分为嫩叶、成熟叶、花、果实和树皮等;根据 Li 等 (2009),把植物种类划为乔木、灌木、藤本和草本。乔木和灌木生活型的划分标准为:当植物种类高度 ≥ 5 m 且有明显的主干,定义为乔木,否则定义为灌木。

本研究所涉及的分析数据仅限于 44 种食物的取食时间记录。在某一个月,黑叶猴取食某种植物的量用取食该种植物的时间占该月所有取食时间的百分数表示;然后把各月份的取食量在全年中进行平均,代表取食某种植物种类的总量。同理,可计

算取食不同植物部位和生活型的时间。在同一月份内,用不同种类同一部位能量的平均值表示该部位的月平均能量;不同月份同一部位的能量在全年进行平均,代表该部位总的能量。同理可以计算各生活型植物 (乔木、灌木、藤本和草本) 的月平均能量和总能量。对同一物种不同部位的能量进行平均,用这个值来代表该物种当月能量;然后把当月所有取食种类的能量含量进行平均,即为该月食物的能量,再各个月进行平均,得到总的能量。

采用 One-Sample *T* test 检验植物样本间和不同种类之间平均能量的差异;采用 Spearman 相关分析确定食物能量和取食时间的关系;采用 Mann-Whitney *U* 检验比较雨季和旱季之间、取食较多的前 15 种与取食较少的后 15 种食物之间的差异程度。采用 One-Way ANOVA 分析不同植物部位、不同生活型植物和不同季节之间的差异。在比较植物部位时,由于树皮仅有 1 份样品,不参与分析。所有的数据在 SPSS15.0 (SPSS Inc.) 上进行,显著性水平设为 0.05。

2 结果

2.1 主要食物种类

黑叶猴对不同植物的取食时间和月份有明显的变化 (表 1)。在这些植物种类中,大致可划分为三类:第一类是在很多月份甚至全年都被大量取食的植物,如潺槁树 (*Litsea glutinosa*)、朴树 (*Celtis tetrandra*) 和单枝竹 (*Moncladus saxatilis*),它们是黑叶猴主要的食物来源,其全年的取食比例大于 10%;第二类是取食的月份超过 6 个月以上,但在黑叶猴的食物组成中占有比例很低的植物,如美丽胡枝子 (*Lespedeza bicolor*)、石岩枫 (*Mallotus repandus*) 和菟丝子 (*Cuscuta chinensis*) 等,其比例均小于 1%;第三类为仅在 1-2 个月内被取食,但其取食量占全年的比例超过 1% 的植物,如古钩藤 (*Cryptolepis buehnanii*)、紫龙树 (*Apodytes cambodiana*)。

2.2 主要食物部位和生活型

不同的植物部位在黑叶猴的食物组成中有差异。黑叶猴取食嫩叶的时间占所有取食时间的 58.5%,其次是果实占 12.4%,其它植物部位的取食比例依次为成熟叶 12.1%、种子 10.6%、花 4.3% 和树皮 2.4%。

在不同的生活型植物中，灌木和藤本各有 14 种，乔木和草本分别为 12 种和 4 种。全年取食乔木的时间最多，其比例达 48.5%，其他依次为灌木 34.6%、藤本 19.4%、草本 17.2%，其中黑叶

猴取食草本植物单枝竹的时间高达 12.1%，所以虽然草本植物被取食的种类少，仅有 2 种（表 1），但其总体的取食时间占有所有取食时间的比例高达 15.8%。

表 1 广西扶绥黑叶猴主要食物的能量和平均取食时间 (2006)

Table 1 Energy content and annual feeding time of main food plants of François' langur in Fusui, China in 2006

种名 Speceis	科名 Family	平均能量 Mean energy content (kJ/g)	生活型 Life form	取食部位 Feeding site	取食时间 Feeding time (month)	年取食比例 Annual proportion (%)
菝葜 <i>Smilax china</i>	菝葜科 Smilacaceae	16.27	藤本 Liana	M	4、5	0.04
白桂木 <i>Artocarpus hypargyreus</i>	桑科 Moraceae	15.50	乔木 Arbor	M	1、2、3、4、5、6、8、11	2.23
苍白钩风 <i>Diploclisia glaucescens</i>	防己科 Menispermaceae	18.17	藤本 Liana	Im	1、2、3、4、9、11、12	3.27
潺槁树 <i>Litsea glutinosa</i>	樟科 Lauraceae	17.95	灌木 Shrub	M, Im, Fl	全年取食 The whole year	13.49
匙羹藤 <i>Gymnema sylvestre</i>	萝藦科 Asclepiadaceae	17.44	藤本 Liana	M, Im, S	2、3、4、5、6、7、8、9、10、11	4.32
穿破石 <i>Cudrania cochinchinensis</i>	桑科 Moraceae	18.00	灌木 Shrub	Im	1、2、3、4、5、6、7、8	2.58
大叶榕 <i>Ficus auriculata</i>	桑科 Moraceae	17.37	乔木 Arbor	M, Im, Fr	1、3、4、5、10、12	2.19
单枝竹 <i>Moncladus saxatilis</i>	禾本科 Poaceae	17.42	草本 Herb	Im, Fr, S	1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11	12.13
豆梨 <i>Pyrus calleryana</i>	蔷薇科 Rodaceae	17.36	灌木 Shrub	M, Im	3、10	0.17
粪箕笃 <i>Stephania longa</i>	防己科 Menispermaceae	15.32	藤本 Liana	M	5	0.03
构树 <i>Broussonetia papyrifera</i>	桑科 Moraceae	17.58	乔木 Arbor	Im	4、5、7	0.04
古钩藤 <i>Cryptolepis buchananii</i>	萝藦科 Asclepiadaceae	15.59	藤本 Liana	Im	1、12	1.12
广西马兜铃 <i>Aristolochia kwangsiensis</i>	薯蓣科 Dioscoreaceae	15.76	藤本 Liana	Im	3、4、5、6、8	0.85
海南蒲桃 <i>Syzygium cumini</i>	桃金娘科 Myrtaceae	15.92	灌木 Shrub	Im	2、3	0.03
海桐 <i>Pittosporum glabratum</i>	海桐花科 Pittosporaceae	18.31	灌木 Shrub	M, Im, Fr	2、3、4、5、6、7、8、9、11	6.12
华四粉块藤 <i>Secamone sinica</i>	萝藦科 Asclepiadaceae	17.41	藤本 Liana	Im, S	1、2、3、4、6、7、11、12	3.08
黄葛树 <i>Ficus virens</i>	桑科 Moraceae	16.81	乔木 Arbor	Im	1、2、5、11、12	1.30
假鹰爪 <i>Desmos chinensis</i>	番荔枝科 Annonaceae	18.32	灌木 Shrub	Fl	11、12	0.88
九层皮 <i>Sterculia pexa</i>	梧桐科 Sterculiaceae	16.04	灌木 Shrub	M, Im	10	0.10
亮叶鱼藤 <i>Derris fordii</i>	蝶形花科 Papilionaceae	18.80	藤本 Liana	Im	2、3、12	0.34

续表 1 Continued from table 1

种名 Speeis	科名 Family	平均能量 Mean energy content (kJ/g)	生活型 Life form	取食部位 Feeding site	取食时间 Feeding time (month)	年取食比例 Annual proportion (%)
裂果卫矛 <i>Euonymus dielsiana</i>	卫矛科 Celastraceae	15.32	藤本 Liana	Im	4	0.01
美丽胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i>	蝶形花科 Papilionaceae	17.09	灌木 Shrub	M, Im, Fl	1、2、8、9、10、11、12	0.88
牛甘果 <i>Phyllanthus embalia</i>	大戟科 Euphorbiaceae	16.39	乔木 Arbor	Im	2、3	0.29
朴树 <i>Celtis tetrandra</i>	榆科 Ulmaceae	15.46	乔木 Arbor	M, Im	全年取食 The whole year	15.01
千层纸 <i>Oroxylum indicum</i>	紫葳科 Bignoniaceae	18.33	乔木 Arbor	Im	5	0.03
清风藤 <i>Sabia japonica</i>	清风藤科 Sabiaceae	17.27	藤本 Liana	Im	2、3、4、5、6、7、8、9、 10、11	5.67
蛇葡萄 <i>Ampelopsis heterophylla</i>	葡萄科 Vitaceae	15.50	藤本 Liana	Im	3	0.01
石山榕 <i>Ficus harmandii</i>	桑科 Moraceae	16.13	乔木 Arbor	Im, Fr	2、4、5、7、8、9、10、 11	3.25
石岩枫 <i>Mallotus repandus</i>	大戟科 Euphorbiaceae	17.43	灌木 Shrub	Im	1、2、4、5、6、7、12	0.97
条叶唇柱苣苔 <i>Chirita ophipogoides</i>	苦苣苔科 Gesneriaceae	14.68	草本 Herb	Im, Fl, B	2、3、8、9、10、11、12	3.70
铁线莲 <i>Clematis loureiriana</i>	毛茛科 Ranunculaceae	19.76	藤本 Liana	M	4	0.03
菟丝子 <i>Cuscuta chinensis</i>	旋花科 Convolvulaceae	17.48	草本 Herb	Im, Fl	3、4、6、8、9、10	0.89
细叶楷木 <i>Pistacia weinmannifolia</i>	漆树科 Anacardiaceae	17.72	灌木 Shrub	Im, Fr	4、5、7、8、9、10	7.31
细圆藤 <i>Pericampylus glaucus</i>	防已科 Menispermaceae	15.94	藤本 Liana	Im	2、5	0.09
小欏树 <i>Boniodendron minus</i>	无患子科 Sapindaceae	17.20	乔木 Arbor	Im	1、2、12	0.17
小叶黑面神 <i>Breynia vitisidaea</i>	大戟科 Euphorbiaceae	18.20	灌木 Shrub	Im, Fr	2、6、11、12	0.31
小叶榕 <i>Ficus coninna</i>	桑科 Moraceae	17.95	乔木 Arbor	Im, Fr	2、3、5、6、7、8、10、 11、12	2.71
小叶山柿 <i>Diospyros dumetorum</i>	柿树科 Ebenaceae	16.95	灌木 Shrub	Im	1、2、5、6、8	0.48
斜叶榕 <i>Ficus tinctoria</i>	桑科 Moraceae	16.15	乔木 Arbor	Fr	1、2、4、5、6、9、10、 12	1.46
崖棕 <i>Guihaia argyrata</i>	棕榈科 Palmaceae	18.96	草本 Herb	Im, Fr	7、8	0.12
异叶楸 <i>Stereospermum colais</i>	紫葳科 Bignoniaceae	16.29	灌木 Shrub	Im	1、2、4、11	0.40
粤黄檀 <i>Dalbergia benthami</i>	蝶形花科 Papilionaceae	16.67	藤本 Liana	Im	3	0.18
紫龙树 <i>Apodytes cambodiana</i>	茶茱萸科 Icacinaceae	16.23	乔木 Arbor	Fl	12	1.52
紫麻 <i>Oreocnide frutescens</i>	荨麻科 Urticaceae	14.82	灌木 Shrub	Im	2、12	0.20

M: 成熟叶; Im: 未成熟叶; Fl: 花; S: 种子; Fr: 果实; B: 树皮

M: Mature leaves; Im: Immature leaves; Fl: Flower; S: Seed; Fr: Fruit; B: Bark

2.3 被取食植物平均能量及其季节性变化

不同的植物样品含能量不同, 细圆藤 (*Pericampylus glaucus*) 最低, 仅为 12.14 kJ/g; 小叶榕 (*Ficus coninna*) 的嫩叶最高, 达 20.75 kJ/g。从月平均能量来看, 铁线莲 (*Clematis loureiriana*) 平均能量最高, 达 19.76 kJ/g; 最低为草本植物条叶唇柱苣苔 (*Chirita ophipogoides*), 仅为 14.68 kJ/g (表 1)。不同的样本间能量有显著差异 ($t = 144.58$, $df = 192$, $P < 0.001$), 不同种类的平均能量间有显著变化 ($t = 94.85$, $df = 43$, $P < 0.001$)。

食物年平均能量为 17.09 kJ/g ($SD = 1.61$), 其月平均能量在 16.52 kJ/g ($SD = 1.98$) (1 月) 和 17.61 kJ/g ($SD = 1.14$) (8 月) 之间变化 (表 2)。从全年来看, 黑叶猴食物能量在各月份之间、雨季与旱季间、季节间无显著差异 (月份间: $F = 0.34$, $df = 11$, $P = 0.97$; 雨季与旱季间: $z = -1.60$, $df = 1$, $P = 0.11$; 季节间: $F = 0.60$, $df = 3$, $P = 0.62$)。黑叶猴取食量较多的前 15 种与最少的后 15 种植物之间平均能量有显著差异 ($z = -4.67$, $df = 1$, $P < 0.001$)。

表 2 广西扶绥黑叶猴食物月平均能量 (kJ/g) (2006 年)

Table 2 Monthly mean energy content (kJ/g) of François' langur in Fusui, China in 2006

月份 Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	总计 Total
测定的样本量 Samples analyzed	28	28	22	18	14	12	8	18	10	7	11	17	193
采集种类 Species sampled	18	20	18	13	12	10	7	15	9	7	12	18	44
平均能量 Mean energy content	16.52	17.08	17.06	17.08	17.06	17.25	17.23	17.61	17.34	16.87	17.35	16.90	17.09
标准差 SD	1.98	1.42	1.68	1.56	1.74	1.40	1.09	1.14	2.38	2.30	1.40	1.56	1.61

2.4 不同植物部位和生活型植物的能量

不同植物部位的能量不同, 同一部位能量也有季节性变化 (表 3)。在取食的部位中, 种子有较高的能量, 平均能量为 19.52 kJ/g ($SD = 1.25$),

其次为花 (17.63 kJ/g) ($SD = 1.04$), 能量最低的部位是成熟叶 (16.84 kJ/g) ($SD = 1.67$)。各部位间能量差异显著 ($F = 3.31$, $df = 4$, $P = 0.007$)。

表 3 广西扶绥黑叶猴不同食物部位平均能量及月份间变化 (kJ/g)

Table 3 Monthly mean energy content of food parts used by François' langur in Fusui, Guangxi (kJ/g)

月份 Month	总能量 Total (Mean \pm SD)	老叶 Mature leaves (Mean \pm SD)	嫩叶 Immature leaves (Mean \pm SD)	花 Flower (Mean \pm SD)	果 Fruit (Mean \pm SD)	种子 Seed (Mean \pm SD)
1	16.52 \pm 1.98	15.25 \pm 2.11	16.59 \pm 1.69	—	—	20.41 *
2	17.08 \pm 1.42	17.24 \pm 1.83	17.08 \pm 1.49	16.94 \pm 0.21	19.67 *	—
3	17.06 \pm 1.68	15.50 *	17.08 \pm 1.72	17.47 \pm 1.68	—	—
4	17.08 \pm 1.56	18.12 \pm 1.62	16.71 \pm 1.69	17.92 *	17.11 \pm 0.75	—
5	17.06 \pm 1.74	16.79 \pm 2.08	17.14 \pm 1.55	19.34 *	15.59 *	—
6	17.25 \pm 1.40	—	17.21 \pm 1.57	—	17.36 \pm 0.93	—
7	17.23 \pm 1.09	16.62 *	17.27 \pm 1.23	17.49 *	—	—
8	17.61 \pm 1.14	17.11 *	17.26 \pm 1.15	17.57 \pm 0.29	18.71 \pm 0.86	—
9	17.34 \pm 2.38	17.99 *	17.33 \pm 2.76	18.48 *	15.54 *	—
10	16.87 \pm 2.30	—	15.91 \pm 3.43	18.29 *	16.69 \pm 0.29	18.63 *
11	17.35 \pm 1.40	16.91 \pm 1.42	18.58 \pm 1.20	—	17.01 \pm 1.10	—
12	16.90 \pm 1.56	17.45 \pm 1.30	17.06 \pm 1.08	16.23 *	17.39 \pm 1.41	—
平均 Mean	17.09 \pm 1.61	16.84 \pm 1.67	17.05 \pm 1.63	17.63 \pm 1.04	17.31 \pm 1.22	19.52 \pm 1.25

“—”表示该植物部位不被黑叶猴取食; *: 样本量小, 不能计算 SD 值

‘—’ mean plant parts were not consumed; *: Samples collected were inadequate for SD analysis

表 4 广西扶绥黑叶猴不同生活型食物的能量 (kJ/g)
Table 4 Monthly mean energy content of food from different plant types in Fusui, Guangxi (kJ/g)

月份 Month	乔木 Arbor			灌木 Shrub			藤本 Liana			草本 Herb		
	平均能量 MEC (Mean ± SD)	n	范围 Range	平均能量 MEC (Mean ± SD)	n	范围 Range	平均能量 MEC (Mean ± SD)	n	范围 Range	平均能量 MEC (Mean ± SD)	n	范围 Range
1	16.81 ± 0.54	5	16.01 – 17.19	16.93 ± 1.46	10	13.33 – 18.44	16.88 ± 2.04	12	16.58 – 18.61	12.94 *	1	–
2	16.80 ± 1.19	5	15.54 – 18.97	17.84 ± 1.14	12	15.72 – 19.67	17.78 ± 1.42	8	17.61 – 19.20	15.14 ± 2.21	2	13.33 – 17.96
3	18.52 ± 2.15	5	15.74 – 20.75	16.21 ± 1.14	6	16.21 – 19.28	17.03 ± 1.23	8	15.42 – 19.13	15.27 ± 2.32	3	15.92 – 17.64
4	16.09 ± 1.13	5	14.66 – 17.92	17.16 ± 1.19	6	15.15 – 17.76	18.20 ± 1.47	6	16.27 – 19.59	17.92 *	1	–
5	17.40 ± 1.75	8	14.29 – 19.34	17.00 *	1	–	16.85 ± 2.09	5	14.36 – 19.93	15.84 *	1	–
6	16.80 ± 1.50	5	14.41 – 18.32	18.17 ± 0.58	5	17.61 – 18.98	17.45 *	2	–	–	–	–
7	17.35 ± 1.37	3	15.44 – 17.98	18.76 *	2	18.36 – 18.76	16.46 ± 0.29	3	16.16 – 16.63	17.49 *	–	–
8	17.65 ± 1.14	5	16.20 – 19.06	18.41 ± 0.63	5	17.78 – 19.20	16.56 ± 1.05	5	15.49 – 17.93	17.78 ± 1.28	3	15.72 – 18.44
9	16.75 ± 1.65	3	15.35 – 18.30	18.56 ± 0.52	3	17.79 – 18.83	19.31 ± 1.40	3	18.00 – 20.63	15.32 *	1	–
10	16.69 *	2	16.40 – 16.99	18.50 *	1	–	17.94 ± 0.72	3	17.24 – 18.63	15.15 *	1	–
11	16.56 ± 0.62	4	15.24 – 19.81	18.35 ± 0.16	3	18.23 – 18.53	18.43 ± 1.04	4	17.40 – 19.81	–	–	–
12	17.07 ± 0.73	5	15.90 – 18.30	17.19 ± 1.20	6	15.42 – 18.04	17.65 ± 1.52	5	15.59 – 19.13	12.41 *	1	–
总体 Total	17.05 ± 0.62	55	14.29 – 20.75	17.76 ± 0.82	60	13.33 – 19.67	17.54 ± 0.85	64	12.14 – 20.63	15.74 ± 1.91	14	12.02 – 19.17

MEC: 平均能量; “–” 该生活型植物不被黑叶猴取食; *: 样本量小, 不能计算 SD 值

MEC: Mean energy content; “–” mean plants from these forms were not consumed; *: Samples collected were inadequate for SD analysis

同样的,不同的生活型植物平均能量不同,同一生活型植物的平均能量也有季节性变化(表4)。年平均能量由高到低为灌木 17.52 kJ/g (SD = 1.12)、藤本 17.44 kJ/g (SD = 1.60)、乔木 16.65 kJ/g (SD = 1.33) 和草本 15.37 kJ/g (SD = 2.66)。不同生活型植物间能量有显著差异 ($F = 10.45$, $df = 3$, $P < 0.001$)。

表5 黑叶猴觅食时间与能量的 Spearman 相关关系

Table 5 Spearman correlation between mean energy content and feeding time

月份 Month	相关系数 r_s Coefficient	P	N 值 N value	月份 Month	相关系数 r_s Coefficient	P	N 值 N value
1	0.33	0.33	18	7	0.48	0.23	7
2	0.03	0.89	20	8	0.08	0.75	15
3	0.44	0.05	18	9	-0.69	0.03	9
4	0.06	0.85	13	10	-0.93	0.003	7
5	0.01	0.97	12	11	0.28	0.44	12
6	0.12	0.75	10	12	-0.35	0.19	18

N 值: 参与分析的种数 N: Species analyzed

3 讨论

动物从食物中获得能量,用于维持基本的代谢活动、肌肉活动、维持体温和产生相关的物质(National Research Council of the National Academies, 2003)。能量在维持生物体正常生理功能时不可缺少(Richard, 1985)。许多动物的觅食策略是在单位时间内获得最大的能量收益(Emlen, 1966; Cuthill and Houston, 1997)。狒狒(*Papio* spp.) 在食物选择时往往基于能量物质或碳水化合物水平而进行选择(Altmann, 1998), 高原鼯鼠(*Myosphalax baileyi*) (苏建平, 1992)、日本猕猴(*Macaca fuscata*) (Hanya, 2004) 的能量策略亦如此。白头叶猴的能量对策是尽可能选择能量高的食物(黄乘明等, 1998)。某些灵长类对能量的选择只在某些月份表现出来, 如非洲的黑白疣猴(*Colobus guereza*) 在食物不足的季节, 它们大量取食成熟叶的同时, 取食较高能量且易于消化的果实或种子来补充能量的不足(Cork, 1994)。

黑叶猴在食物能量的选择上有几个明显的特征。首先, 虽然嫩叶往往比花和种子的能量更低(Mckey *et al.*, 1981), 但黑叶猴食物中嫩叶的比例高达 58.5%, 种子的比例约为 10%, 而花的比例约为 6% (Zhou *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2009; 黄

2.5 食物能量对食物选择的影响

总体而言, 黑叶猴取食各植物种类的时间与该种的平均能量无显著相关关系($r_s = 0.15$, $n = 44$, $P = 0.33$)。在不同的月份, 除了9月和10月食物能量与取食时间出现负相关关系之外, 其他月份取食时间与能量无显著相关关系(表5)。

中豪等, 2010; 李友邦等, 2012)。其次, 在大部分月份中, 黑叶猴取食种类的能量与其取食时间没有显著的相关关系($P > 0.05$)。这些特征表明, 黑叶猴食物能量并非影响其食物选择的主要原因, 这与其近亲白头叶猴的能量策略不同。与黑叶猴相同觅食策略的非人类灵长类动物包括松鼠猴(*Samimiri sciureus*) (Laska, 2001)、假面伶猴(*Callicebus personatus*) (Heiduck, 1997)、豚尾猴(*Macaca nemestrina*) (Laska, 2001)、红绿疣猴(*Procolobus badius*) 和黑白疣猴(Wasserman and Chapman, 2003) 等。

食物能量的测定表明黑叶猴通过取食大量的嫩叶并辅以少量高能食物即可满足能量的需求。研究表明, 笼养成年黑叶猴按体重计算每天需从食物中获得 512.37 kJ/kg 的总能量(严晔, 1993)。黑叶猴平均体重在 2.7 – 8.3 kg (潘清华等, 2007), 据此估算黑叶猴个体日能量需求为 1 383.40 – 4 252.67 kJ。另有研究表明, 笼养黑叶猴每日获得干物质的量为 249.5 g (SD = 16.8 g) (胡艳玲等, 2005)。假设在野外状态下, 黑叶猴的取食量与此相同, 即使以食物平均能量最低(16.52 ± 1.98 kJ/g) 的月份估算, 黑叶猴从食物中获得的能量为 4 121.74 kJ, 能满足能量的需求。虽然野生黑叶猴的能量需求可能与笼养个体不同, 前者有

更多的能量支出,包括迁移(黄乘明,2002)和应对高、低温环境所需的能量(Li *et al.* submission),但它们能够通过调整活动方式减少能量的支出,即在高温时期减少日漫游距离和日活动面积(黄乘明,2002);在低温时期则通过晒太阳获得部分能量(Li *et al.*, submission)。此外,有研究表明,能量的需求随动物种类、性别、季节变化和生理状态而变化(黄乘明等,1998;Knott,1998;McCabe and Fedigan,2007),相应地,动物会采取不同的能量对策。生活在高海拔的灵长类随季节变化而调整其能量的摄入,冬季能量的摄入决定它们的适应能力(Nakayama *et al.*,1999;侯荣,2014)。相比之下,扶绥黑叶猴的栖息地处于热带北缘,气候变化不如高海拔地区剧烈,而且食物,包括嫩叶,在一年四季都有较高的可获得性(Zhou *et al.*,2006;李友邦等,2012),黑叶猴面临的能量问题可能并不突出,这很好解释了黑叶猴食物平均能量在月份间、雨季与旱季间、季节间都没有显著的变化。

然而,黑叶猴的食物能量与取食时间相关关系在9月和10月表现出显著的负相关,这在某些程度上与营养几何结构模型相符;营养几何结构模型提出,动物对食物的选择需要考虑很多的食物因子(Raubenheimer and Simpson,1993,1997),一种食物成分的获得依赖其他食物成分含量(Wallis *et al.*,2012),如蜘蛛猴(*Ateles chamek*)食物中非蛋白质能量(非结构性糖和脂类)的摄入随食物中蛋白质含量的增加而减少(Felton *et al.*,2009)。黑叶猴为典型的叶食性灵长类,植物叶子和其他部位中含有多种食物营养成分和较高浓度的次生化学物质,后者会影响前者的消化与吸收(Waterman and Kool,1994)。黑叶猴的食物选择与能量在多数月份没有显著的相关关系,而在少数月份呈显著的负相关,很可能是能量与其它食物成份进行权衡(trade-off)的结果;它们通过调整自己的食物选择方式来达到所需的最佳营养平衡。这与川金丝猴(*Rhinopithecus roxellana*)(Liu *et al.*,2013;侯荣,2014)和其他脊椎动物种类(Raubenheimer and Simpson,1997)采取的策略一致。

然而,黑叶猴主要食物能量与其取食关系不显著可能与下列因素有关。首先,采集到的植物种类

远少于观察中记录到的61种植物(种类名录参见李友邦等,2012),因为野外观察过程中,有些种类虽被黑叶猴取食,但它们在栖息地内仅分布于悬崖上而无法获得标本,如人面果(*Dracontomelon duperreanum*)和建兰(*Cymbidium ensifolium*);有些种类,如条叶唇柱苣苔(*Chirita ophipogoides*),生活于悬崖上才开较多的花,较难采到足够的样本。部分植物种类能量值的缺失,极有可能会影响整体的结论。其次,能量的获得与食物能量的利用率有关。越来越多的证据表明,食物总能量并非都能被动物有效利用(严晔,1993)。在消化、代谢过程中存在能量的损耗,有些高能食物提供给动物的净能量可能低于相对低能量的食物种类(National Research Council of the National Academies,2003)。

总之,从营养生态学的角度,营养的平衡是一个非常复杂的问题,需综合考虑各食物成份才能对黑叶猴的营养对策有一个较为全面的了解。

参考文献:

- Altmann S A. 1998. Foraging for Survival: Yearling Baboons in Africa. Chicago: University of Chicago Press.
- Chapman C A, Chapman L J, Rode K D, Hauck E M, McDowell L R. 2003. Variation in the nutritional value of primate foods: among trees, time periods, and areas. *International Journal of Primatology*, **24** (2): 317-333.
- Cork S J. 1994. Digestive constraints on dietary scope in small and moderately-sized mammalian folivores in relation to chemical defense in temperate and tropical forests. In: Palo R T, Robbins C T eds. *Plant Defense Against Mammalian Herbivory*. Boca Raton: CRC Press, 133-166.
- Cuthill I C, Houston A I. 1997. Managing time and energy. In: Krebs J R, Davis N B eds. *Behavioral Ecology: An Evolutionary Approach*. Oxford: Blackwell Science, 97-120.
- Elser J. 2006. Biological stoichiometry: a chemical bridge between ecosystem ecology and evolutionary biology. *American Naturalist*, **168**: S25-35.
- Emlen J M. 1966. The role of time and energy in food preference. *The American Naturalist*, **100** (916): 611-617.
- Felton A M, Felton A, Raubenheimer D, Simpson S J, Foley W J, Wood J T, Wallis I R, Lindenmayer D B. 2009. Protein content of diets dictates the daily energy intake of a free-ranging primate. *Behavioral Ecology*, **20** (4): 1-6.
- Fraenkel G S. 1959. The raison d'être of secondary plant substances. *Science*, **129**: 1466-1470.
- Hanya G. 2004. Seasonal variation in the activity budget of Japanese

- macaques in the coniferous forest of Yakushima: effects of food and temperature. *American Journal of Primatology*, **63**: 165–177.
- Heiduck S. 1997. Food choice of masked titi monkey (*Callicebus personatus melanochir*): selectivity or opportunism? *International Journal of Primatology*, **18** (4): 487–502.
- Hu Y L, Huang C M, Que T C, Li Y B, Zhou Q H. 2005. Research on food quantity of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in captivity. *Journal of Guangxi Normal University*, **23** (2): 81–85. (in Chinese)
- Huang C M, Sun R Y, Wang Z K. 1998. Energy metabolism of white-headed langur in cage. *Guangxi Sciences*, **5** (3): 161–165. (in Chinese)
- Huang X H, Li Y B, Huang C M, Huang Z H, Zhou Q H. 2010. Food water content of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in Fusui Reserve. *Journal of Sichuan Normal University*, **33** (2): 243–246. (in Chinese)
- Huang Z H, Huang C M, Zhou Q H, Wei H, Meng Y J. 2010. Diet and the seasonal changes of the François' langur (*Trachypithecus francoisi*). *Acta Ecologica Sinica*, **30** (20): 5501–5508. (in Chinese)
- Hou R. 2014. Nutritional requirements and feeding strategy of golden snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) in the Qinling Mountains. Master thesis. Northwest University. (in Chinese)
- Knott C D. 1998. Change in orangutan caloric intake, energy balance, and ketones in response to fluctuating fruit availability. *International Journal of Primatology*, **19** (6): 1061–1079.
- Laska M. 2001. A comparison of food preferences and nutrient composition in captive squirrel monkeys *Saimiri sciureus* and pigtail macaques *Macaca nemestrina*. *Physiology & Behavior*, **73**: 111–120.
- Li W, Guo A W, Wang B, Liu N, Hu G. 2010. Nutritional contents of winter food and its influences on food choice of François' langur at Mayanghe Nature Reserve. *Acta Theriologica Sinica*, **30** (2): 151–156. (in Chinese)
- Li Y B, Huang C M, Ding P, Tang Z, Wood C. 2007. Dramatic decline of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in Guangxi Province, China. *Oryx*, **41** (1): 38–43.
- Li Y B, Ding P, Huang C M, Jiang P P, Chris W. 2009. Dietary response of a François' langur group in a fragmented habitat in Fusui County, China: implications for conservation. *Wildlife Biology*, **15**: 137–146.
- Li Y B, Huang X H, Wang L, Yang L L. 2012. Food choice of a group of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in a fragmented habitat in Fusui, China. *Acta Theriologica Sinica*, **32** (3): 209–215. (in Chinese)
- Li Y B, Ding P, Huang C M, Jiang P P, Lu S Y. 2013. The crude protein content of main food plants of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in Fusui, Guangxi, China. *Acta Ecologica Sinica*, **33** (23): 7390–7398. (in Chinese)
- Liu X C, Stanford C B, Li Y M. 2013. Foods eaten by the Sichuan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus roxellana*) in Shennongjia National Nature Reserve, China, in relation to nutritional chemistry. *American Journal of Primatology*, **75**: 860–871.
- Luo Y, Chen Z R, Wang S X. 2000. Observation on the food habit of *Presbytis francoisi* in Mayanghe region, Guizhou Province. *Chinese Journal of Zoology*, **35** (3): 44–49. (in Chinese)
- Luo Y, Zhang M H, Ma J Z, Wang S X, Zhang S S, Wu A K. 2005. Time budget of daily activity of François' langur (*Trachypithecus francoisi francoisi*) in Guizhou Province. *Acta Theriologica Sinica*, **25** (2): 156–162. (in Chinese)
- Martin P, Bateson P. 1986. Measuring Behavior: An Introductory Guide. Cambridge: Cambridge University Press, 84–100.
- Mccabe G M, Fedigan L M. 2007. Effects of reproduction status on energy intake, ingestion rates, and dietary composition of female *Cebus capucinus* at Santa Rosa, Costa Rica. *International Journal of Primatology*, **28**: 837–851.
- Mckey D B, Gartlan S J, Waterman P G, Choo G M. 1981. Food selection by black colobus monkeys (*Colobus satanas*) in relation to plant chemistry. *Biological Journal of the Linnean Society*, **16**: 115–146.
- Nadler T, Momberg F, Dang N X, Lormee N. 2003. Vietnam Primate Conservation Status Review 2002: Part 2: Leaf Monkeys. Hanoi: Fauna & Flora International-Vietnam Program and Frankfurt Zoological Society, 33–43.
- Nakayama Y, Matsuoka S, Watanuki Y. 1999. Feeding rates and energy deficits of juvenile and adult Japanese monkeys in a cool temperate area with snow coverage. *Ecological Research*, **14**: 291–301.
- National Research Council of the National Academies. 2003. Nutrient Requirements of Nonhuman Primates. Washington D. C.: National Academies Press, 46–63.
- Raubenheimer D, Simpson S J. 1997. Integrative models of nutrient balancing: application to insects and vertebrates. *Nutrition Research Reviews*, **10**: 151–79.
- Raubenheimer D, Simpson S J. 1993. The geometry of compensatory feeding in the locust. *Animal Behaviour*, **45**: 953–964.
- Raubenheimer D, Simpson S J, Mayntz D. 2009. Nutrition, ecology and nutritional ecology: toward an integrated framework. *Functional Ecology*, **23**: 4–16.
- Richard A F. 1985. Primate in Nature. New York: W. H. Freeman and Company, 123–162.
- Shan Y C. 2005. Animal Behavior. Beijing: Beijing Normal University Press. (in Chinese)
- Su J P. 1992. Energy cost of foraging and optimal foraging in the fossorial rodent (*Myospalax baileyi*). *Acta Theriologica Sinica*, **12** (2): 117–125. (in Chinese)
- Wallis I R, Edwards M J, Windley H, Krockenberger A K, Felton A, Quenzer M, Ganzhorn J U, Foley W J. 2012. Food for folivores: nutritional explanations linking diets to population density. *Oecologia*, **169**: 281–291.
- Wasserman M D, Chapman C A. 2003. Determinants of colobine mon-

- key abundance: the importance of food energy, protein and fibre content. *Journal of Animal Ecology*, **72** (10): 650–659.
- Waterman P G, Kool K M. 1994. Colobine food selection and plant chemistry. In: Davies A G, Oates J F eds. *Colobine Monkeys: Their Ecology, Behavior and Evolution*. Cambridge: Cambridge University, 251–284.
- Wu Q, Huang Z H, Yuan P S, Deng F Y, Zhou Q H. 2011. Water content of the food and its influence on food choice of François' langur at Nonggang, Guangxi, China. *Journal of Guangxi Normal University*, **29** (4): 117–121. (in Chinese)
- Zhou Q H, Cai X W, Huang C M, Li Y B, Luo Y P. 2007. Feeding activity of François' langurs in karst habitat. *Acta Theriologica Sinica*, **27** (3): 243–248. (in Chinese)
- Zhou Q H, Wei F W, Li M, Huang C M, Luo B. 2006. Diet and food choice of the François' langur (*Trachypitecus francoisi*) in the Nonggang Nature Reserve, China. *International Journal of Primatology*, **27** (5): 1441–1460.
- 扶绥县志办. 1989. 扶绥县志. 南宁: 广西人民出版社, 41–45.
- 严晔. 1993. 黑叶猴的营养需要. 见: 叶智彰主编. 叶猴生物学. 昆明: 云南科学技术出版社, 551–565.
- 苏建平. 1992. 高原鼯鼠挖掘取食活动的能量代价及其最佳挖掘取食行为. 兽类学报, **12** (2): 117–125.
- 李友邦, 丁平, 黄乘明, 蒋萍萍, 陆施毅. 2013. 广西扶绥黑叶猴的主要食源植物及其粗蛋白含量. 生态学报, **33** (23): 7390–7398.
- 李友邦, 黄晓红, 王楼, 杨林林. 2012. 广西扶绥片段化栖息地中黑叶猴的食物选择. 兽类学报, **32** (3): 209–215.
- 李雯, 郭爱伟, 王彬, 吴安康, 刘宁, 胡刚. 2010. 冬季麻阳河黑叶猴的食物营养组分及其对食物选择的影响. 兽类学报, **30** (2): 151–156.
- 吴茜, 黄中豪, 袁培松, 邓风云, 周岐海. 2011. 广西弄岗黑叶猴食物的水分含量对食物选择的影响. 广西师范大学学报, **29** (4): 117–121.
- 尚玉昌. 2005. 动物行为学. 北京: 北京师范大学出版社.
- 罗杨, 陈正仁, 汪双喜. 2000. 贵州麻阳河地区黑叶猴的食性观察. 动物学杂志, **35** (3): 44–49.
- 罗杨, 张明海, 马建章, 汪双喜, 张树森, 吴安康. 2005. 贵州黑叶猴日活动时间的分配. 兽类学报, **25** (2): 156–162.
- 周岐海, 蔡湘文, 黄乘明, 李友邦, 罗亚平. 2007. 黑叶猴在喀斯特石山生境的觅食活动. 兽类学报, **27** (3): 243–248.
- 胡艳玲, 黄乘明, 阙腾程, 李友邦, 周岐海. 2005. 笼养黑叶猴 (*Trachypitecus francoisi*) 食物量的研究. 广西师范大学学报, **23** (2): 81–85.
- 候荣. 2014. 秦岭川金丝猴 (*Rhinopitecus roxellana*) 的营养需求和摄食. 西北大学硕士学位论文.
- 黄中豪, 黄乘明, 周岐海, 韦华, 蒙渊君. 2010. 黑叶猴食物组成及其季节性变化. 生态学报, **30** (20): 5501–5508.
- 黄晓红, 李友邦, 黄乘明, 黄中豪, 周岐海. 2010. 广西扶绥黑叶猴食物水分含量的研究. 四川师范大学学报, **33** (2): 243–246.
- 黄乘明, 孙儒泳, 王政昆. 1998. 笼养白头叶猴食物能量代谢的研究. 广西科学, **5** (3): 161–165.
- 黄乘明. 2002. 中国白头叶猴. 桂林: 广西师范大学出版社.
- 潘清华, 王应祥, 岩崑. 2007. 中国哺乳动物彩色图谱. 北京: 中国林业出版社.
- 薛跃规. 2000. 广西热带植物区系. 桂林: 广西师范大学出版社.