

DOI: 10.5846/stxb201307011809

李友邦, 陆施毅, 苏丽. 广西扶绥破碎化生境中黑叶猴的食物种类多样性和季节性重叠. 生态学报, 2015, 35(7): 2360-2365.

Li Y B, Lu S Y, Su L. Dietary diversity and monthly overlap of François' langur in a fragmented habitat in Fusui, Guangxi, China. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(7): 2360-2365.

广西扶绥破碎化生境中黑叶猴的食物种类多样性和季节性重叠

李友邦^{1, 2, *}, 陆施毅¹, 苏 丽¹

1 广西师范大学生命科学学院, 桂林 541004

2 广西师范大学珍稀濒危动植物生态与环境保护省部共建教育部重点实验室, 桂林 541004

摘要: 动物使用生境中食物种类的方式对其适应性有重要的影响。为了研究黑叶猴在破碎化栖息地中利用食物的方式, 2006 年 1—12 月, 采用焦点动物取样法和连续记录技术于每月初连续观察 8 d, 记录破碎化栖息地中黑叶猴取食的种类和时间, 分析其食物多样性和月份间种类的重叠度。结果表明, 黑叶猴年均食物多样性指数为 3.03 (范围 1.93—2.62), 且多样性指数在各月间没有显著的差异 (One-sample K-S Test, $P=0.99$), 说明黑叶猴在各月份中取食的食物种数相似, 不同季节利用食物种数的变异程度不大。在所有的食物种类中, 仅两种食物青檀 *Pteroceltis tatarinowii* 和潺槁树 *Litsea glutinosa* 在 12 个月份都被取食, 其他种类则表现了月份间明显的季节性替代。各月份间食物种类的相似性在 0.42 (3—4 月) 和 0.75 (9—10 月) 之间变化。黑叶猴对破碎化生境中食物种类的利用方式是: 首先利用常年均有的食物种类以保证食物来源稳定, 同时选择性地利用新出现的种类, 使食物种类多样化, 满足不同的营养需求。

关键词: 黑叶猴; 食物重叠; 食物多样性

Dietary diversity and monthly overlap of François' langur in a fragmented habitat in Fusui, Guangxi, China

LI Youbang^{1, 2, *}, LU Shiyi¹, SU Li¹

1 College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China

2 Key Laboratory of Ecology of Rare and Endangered Species and Environmental Protection (Guangxi Normal University), Ministry of Education, China, Guilin 541004, China

Abstract: The manner in which animals use potential food in their environment, the diversity of species they consume, and the seasonal variation they display in their preferences for food, forms the basis of adaptive foraging strategies that maximized fitness. Although food specialists are more sensitive to environmental change than are food generalists, all species must meet their nutritional requirements while avoiding the potential harm that can result from the ingestion of noxious materials. François' langur is a rare and threatened primate that is endemic to the limestone habitat of southwest China and northern Vietnam. In recent decades, the langur population has declined rapidly, and remnant populations are severely threatened by habitat fragmentation. Elucidating the spatial and temporal foraging habits of langurs will provide an understanding of the mechanisms by which langurs respond to habitat fragmentation and allow us to speculate on the adaptive significance of these strategies. In this study, we investigated the dietary diversity and seasonal variation (i.e. the monthly overlap in species consumed) of François' langurs in a fragmented forest habitat in Fusui County, Guangxi, China. Field

基金项目: 国家自然科学基金资助研究 (31060059); 珍稀濒危动植物生态与环境保护省部共建教育部重点实验室研究基金资助 (桂科能 1001Z016)

收稿日期: 2013-07-01; 网络出版日期: 2014-07-22

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

observations were obtained via focal animal sampling. These were conducted for eight days at the start of each month throughout 2006. On each day of sampling we randomly selected a focal adult and observed that individual from 06:30 until 19:30. This observation period was divided into 15-min sessions, with foraging behaviors (i.e. the species of food consumed and the time spent feeding) recorded only during the first 5 min of each 15-min session. Analyses were conducted to determine the monthly dietary diversity and the degree of temporal (monthly) overlap in dietary species. We found that the annual dietary diversity of langurs at this site was 3.03, with the lowest diversity recorded in January (1.93) and highest diversity recorded in December (2.62). There was no significant monthly variation in the dietary diversity index (One-sample K-S Test, $Z = 0.44$, $n = 12$, $P = 0.99$), which suggests that langurs exhibit little variation in the number and types of species they consume throughout the year. Nevertheless, some species (for example, *Pteroceltis tatarinowii* and *Litsea glutinosa*) were consumed in all months, whilst others were consumed more selectively, in some months but not others, despite being available in all months. The degree of monthly overlap in species consumed ranged from 0.75 (September and October) to 0.42 (March and April). Our results suggest that the foraging strategy of langurs in fragmented habitats could be characterized as being generalist as a diverse number of species were consumed throughout the year. This strategy is likely to be adaptive in this fragmented habitat, because langurs must balance the need to consume food efficiently, so as to meet their nutritional requirement, with the need to selective in their preferences, so as to avoid consuming plant species that contain noxious secondary compounds. Our work has shown that langurs maximize their foraging efficiency by foraging predominately on common species that are readily available in the environment, and subsequently, supplementing their diet with rare plant species that are of high nutritional quality. We contend that this foraging strategy maximizes the langurs' survival probability and reproductive success in fragmented habitat.

Key Words: François' langur; diet overlap; dietary diversity

如何利用生境中潜在的食物种类和取食多少种食物是动物的觅食对策之一。影响非人类灵长类对食物种类选择利用的因素包括栖息地质量^[1]、栖息地中食物种类的可获得性^[2-4]、食物的选择性^[3]和生理结构^[5]等。一般来说,取食种类的多少及其季节性变化的特征影响哺乳动物对环境的适应能力^[6]。狭食动物(Specialist)比泛食动物(generalist)更容易受到环境变化的威胁^[7]。因此,动物生存面临的问题是如何合理利用生境中食物资源以满足不同的营养需求。

黑叶猴(*Trachypithecus francoisi*)是喀斯特生态系统特有的珍稀灵长类动物,仅分布于中国西南部和越南的北部,是IUCN濒危(EN)级和我国国家I级重点保护野生动物。目前,全球黑叶猴种群数量估计在1700—1800只^[8],栖息地严重破碎化进一步威胁着它们的生存^[9-10]。研究破碎化栖息地中黑叶猴的生态学,特别是觅食生态学是热点问题之一。目前在破碎化栖息地中开展的觅食生态学研究内容主要有食物种类的选择^[11-14],觅食斑块的利用^[13]、食物多样性及其影响因素^[15]和食物的化学组成^[16-17]。尽管对破碎化栖息地中黑叶猴觅食生态学已经有了一些研究,但对其食物种类的季节性重叠的研究尚未见报道。本文报道了广西扶绥黑叶猴在破碎化栖息地中食物种类的多样性和季节性重叠,探讨了黑叶猴如何合理利用生境中的食物资源以满足不同的营养需求。

1 研究地点、对象和方法

1.1 研究地点和对象

研究地点位于广西扶绥县境内一个被耕地所隔离的石山(107°50' E, 22°45' N),面积约为25.7 hm²。该地点为典型的喀斯特峰丛地貌,最高主峰海拔268 m,属亚热带季风气候区,可明显地分为雨季(5月到9月)和旱季(10月到次年4月)^[12]。

研究期间平均温度为24.8℃,月平均温度15.2—25.5℃,平均温度在9月份最高^[10]。植被类型主要以灌丛为主,缺少高大的乔木。由于当地居民经常在山上选择性地砍柴,即使是幼树和灌丛,也很稀疏^[18]。

研究对象是一群黑叶猴,这群黑叶猴大小由 1999 年的 4 只,增长到 2002 年的 9 只,2005 年 12 月猴群分群,在项目研究期间,仅 4 只(3 只成年♀与 1 只成年♂)留在研究地点内。

1.2 研究方法

2006 年 1—12 月,在每个月的前 8 d,利用焦点动物取样技术、连续记录法^[19]和直接观察法记录黑叶猴取食的食物种类。观察时间自每天清晨猴群离开夜宿石洞至傍晚回到夜宿石洞。在进行行为记录时,随机选择一个个体作为焦点动物,一旦黑叶猴开始取食,在预先打印好的表格上记录其取食的种类和时间。记录时间为 5 min,即 5 min 内焦点动物取食的种类和时间,相邻的取食取样间隔为 10 min。由于当地居民在这个孤立的石山上经常选择性地砍伐,植被完全由灌丛和乔木幼苗代替,非常方便观察黑叶猴的行为;只有在必要时才借助高性能尼康长焦望远镜(Nikon, Fieldscope ED 82)来提高观察的准确度,即如果猴群在灌丛下面取食,就借助于望远镜辨认植物种类。如果植物不能当场识别,采集和保存食物样本。如果被猴群取食的种类在山体陡峭的石壁上,则观察者在其他可到达的山体位置(如缓坡)找相同的种类取样。植物样本带回实验室请相关植物学专家鉴定。

1.3 数据处理

取样时间的差异会导致月份之间记录食物种类和时间的差异,因此每个月所记录的食物种数将影响食物多样性^[20-21]。为了解决这个问题,每一种食物的取食量用取食该种食物的时间占当月总觅食时间的百分数表示,这样可以减少由于取样时间的差异所造成的偏差^[20]。同样的方法,每一种食物一年的觅食量用取食该种食物的时间占全年总觅食时间的百分数表示。采用如下方法计算每个月的食物多样性指数^[21]:

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

式中, S 是所取食的食物种类, P_i 是取食物种 i 的时间占该月所有取食时间比例,即 $P_i = n_i/N$,其中, n_i 为取食物种 i 的时间, N 为取食的总时间。

月份间食物重叠度用月份间种类的相似性指数(C_s)表示,采用 Sorenson 公式^[22]计算:

$$C_s = 2j / (a + b)$$

式中, a 、 b 分别为月份 A、B 物种数, j 为两个月份共同被黑叶猴取食的物种数。

采用 Mann-Whitney U 检验比较食物多样性在雨季和旱季的差异;采用 One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test 检验不同月份间食物多样性的差异。所有的数据分析都在 Spss 13.0 统计软件上完成,显著水平设为 0.05。

2 结果

2.1 黑叶猴的食物多样性

野外观察总共为 93 d,有效观察时间为 1097 h。黑叶猴全年的食物多样性指数为 3.03。各月食物多样性指数最小的是 1 月,仅 1.93,最大是 10 月,食物多样性指数达 2.62。各月食物多样性指数变化趋势如图 1,从图 1 中可以看出 2 月、6 月、10 月、12 月黑叶猴的食物多样性指数较大,其他月份黑叶猴食物多样性指数相对较小。从全年来看,各月份间食物多样性指数没有显著的变化(One-sample K-S Test, $Z = 0.44$, $n = 12$, $P = 0.99$);食物多样性在雨季与旱季之间也没有显著的差异(Mann-Whitney $U = 11.00$, $P = 0.31$)。

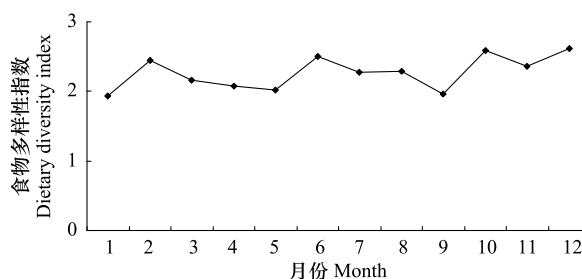


图 1 黑叶猴食物多样性指数的变化

Fig. 1 Variation in dietary diversity of Francois' langur in Fusui, Guangxi

2.2 黑叶猴食物的季节性重叠

黑叶猴取食 61 种植物,月平均食物种类数是 21.8 种,其中青檀 *Pteroceltis tatarinowii* (榆科 Ulmaceae) 和潺槁树 *Litsea glutinosa* (樟科 Lauraceae) 全年都被黑叶猴取食。1 月和 2 月代表了最低和最高的食物种类数,分别是 14 种和 34 种。黑叶猴取食的种类在相邻的月份间表现出一定的重叠,在非相邻的月份间亦如此,其重叠度随不同月份间而不同(表 1)。月份间种类重叠度最大是 9 月与 10 月,其相似性指数为 0.75,最小为 3 月与 4 月间,为 0.42。

表 1 黑叶猴月份间食物种类相似性

Table 1 Dietary species similarity of Francois' langur among months

月份 Month	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.51	0.39	0.56	0.42	0.48	0.34	0.4	0.43	0.38	0.55	0.54
2		0.67	0.48	0.61	0.58	0.42	0.59	0.55	0.51	0.65	0.57
3			0.42	0.54	0.57	0.43	0.53	0.49	0.53	0.57	0.48
4				0.63	0.59	0.6	0.57	0.51	0.42	0.5	0.42
5					0.63	0.59	0.6	0.51	0.60	0.5	0.38
6						0.65	0.7	0.48	0.43	0.58	0.48
7							0.67	0.55	0.48	0.47	0.42
8								0.63	0.56	0.6	0.41
9									0.75	0.67	0.43
10										0.59	0.44
11											0.57

3 讨论

由于受结构和生理的限制,灵长类的食物种数的变异程度不大,食物种类利用方式具有种的特异性^[23]。这种特异性表现在同一种灵长类在相同的时间段,不同区域的猴群取食的食物种数和各食物种类在食谱中的比例相似^[23-24]。如在同一年内,在马达加斯加 Antserananomby 和 Berenty 两个地点的环尾狐猴 (*Lemur catta*) 种群的食物多样性指数相似,分别为 6.37 和 6.51;同样地,不同地点的冕狐猴 (*Propithecus diadema perrieri*) 的食物多样性指数也相似^[24]。在本研究区域内同时开展的另一研究结果显示,黑叶猴各个月份取食的种数没有显著的变化 ($P>0.05$)^[11],而本研究中各月份间食物多样性没有显著的变化 ($P>0.05$),说明在同一年内的不同季节,黑叶猴利用食物种数的变异程度不大。然而,在更多大的时间尺度上,黑叶猴取食的种类及其各种类在食谱中的比例有较大的变化。2003 年 12 月至 2004 年 1 月,这群黑叶猴全年的食物多样性指数为 2.15 (范围 1.76—2.53)^[15]。在乌干达西部的 Kibale 国家森林公园,一群红疣猴 (*Procolobus badius*) 在连续 4 年的观察中被发现取食的种类及其取食量有明显的变化^[25]。黑叶猴与这些种类一样,在以年为单位的时间尺度上表现出了对食物选择的弹性。因此,年度间食物的变异表明,对这些长寿动物而言^[26],确定种的水平的食物特异性所需要的时间和空间尺度是一个很有趣但未解决的问题。

通常来说,叶是可获得性较大的食物部位^[12, 27]。以可获得性大的植物种类和部位为食的灵长类动物,能把觅食时间集中在少数几种食物,食物多样性指数较低^[3, 20, 26];反之,这个指数较大^[2]。如白头叶猴以叶为主要的食物来源,食物多样性指数为 2.30 (范围 0.64—3.09)^[3],叶食性的安哥拉疣猴 (*Colobus angolensis*) 和东黑白疣猴 (*C. guereza*) 把 50% 的觅食时间集中在 5 种食物上,它们的食物多样性指数分别为 1.83 (范围 1.06—2.34) 和 1.90 (范围 1.07—2.40)^[26]。相比之下,果实性灵长类有较大的食物多样性,如环尾狐猴和冕狐猴多样性指数分别在 6.37—6.51^[23] 和 6.12—6.35^[24] 之间。有观点认为,破碎化的栖息地中植物提供嫩叶的能力比非破碎化条件下的森林更稳定,但果实的可获得性减少^[28],破碎化栖息地中的黑叶猴群有较低的食物多样性指数,显然与它们较多地取食可获得性较高的嫩叶^[12-13] 有关。因此,较低的食物多样性指

数可能是它们适应破碎化栖息地的结果。

黑叶猴所栖息的桂西南喀斯特植被是典型的常绿落叶混交林,季节性变化明显^[29],但在有叶猴栖息的区域至少有 10 种植物如飞龙掌血 *Toddalia asiatica*、藤构 *Broussonetia kazinoki* 等一年四季都有叶、花、果等部位^[3],而且在同时段内物候监测的结果表明,除了 10—12 月份,其他月份嫩叶的可获得性指数都在 50% 以上^[11]。但黑叶猴在一年中每个月都取食的种类仅为青檀和潺槁树两种,对其他种类的利用则表现季节性和明显的月份间替代性。一些某一个月被取食的种类,即使它们在随后的月份中仍提供前一个月被取食的食物部位,在下一个月份却并不被利用。如条叶唇柱苣苔 *Chirita ophipogoides* 一年四季都有嫩叶,但它们仅在干旱月份(9—11 月)被较多地取食,而在随后的湿润月份中则被其他种类所取代^[11]。除了每个月都使用的 2 种植物之外,月份间被取代的种类数量随月份不同而不同(表 1),在相邻的月份间如 1—2 月、5—6 月和 9—10 月食物多样性指数有较明显的变化,这可能是因为这些月份间,前面月份与随后的月份食物种类被替代较多的结果;反之,月份间相似性较大是种类重叠度大的结果。一般地说,灵长类对不同食物的选择与其营养物质和有毒物质的含量有关,是两者权衡的结果^[30-31],但黑叶猴在月份间食物种类的替代是否是因为替代的食物种类比被替代者有更高的营养含量和更低的有毒物质含量,这是一个值得深入研究的问题。从破碎化栖息地中黑叶猴月份间食物种类的重叠和食物种类的替代可以看出,它们适应破碎化生境的策略与季节性变化生境中的日本猴(*Macaca fuscata yakui*)一样^[20],它们对生境中的食物利用方式是每个月都使用几种相同食物种类,再取食其他种类作为补充,使食物种类多样化,以满足不同的营养需求。

参考文献(References):

- [1] Bean A. Ecology of sex differences in great ape foraging // Lee P C. Comparative Primate Socioecology. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 339-362.
- [2] Yeager C P. Feeding ecology of the proboscis monkey (*Nasalis larvatus*). International Journal of Primatology, 1989, 10(5): 497-530.
- [3] Li Z Y, Wei Y, Rogers E. Food choice of white-headed langurs in Fusui, China. International Journal of Primatology, 2003, 24(6): 1189-1205.
- [4] Hill R A, Dunbar R I M. Climatic determinants of diet and foraging behaviour in baboons. Evolutionary ecology, 2002, 16: 579-593.
- [5] 叶智彰, 彭燕章, 王红, 潘汝亮. 叶猴解剖 // 叶智彰. 叶猴生物学. 昆明: 云南科技出版社, 1993: 178-195.
- [6] Struhsaker T T, Oates J F. Comparison of the behavior and ecology of red colobus and black and white colobus monkeys in Uganda: A summary // Tuttle R H. Socioecology and Psychology of Primates. Mouton: The Hague, 1975: 103-124.
- [7] Brown J H. Mammals on mountaintops: nonequilibrium insular biogeography. The American Naturalist, 1971, 105(945): 467-479.
- [8] 罗杨, 张明海, 马建章, 汪双喜, 张树森, 吴安康. 贵州黑叶猴日活动时间的分配. 兽类学报, 2005, 25(2): 156-162.
- [9] Nadler T, Momberg F, Dang N X, Lormee N. Vietnam Primate Conservation Status Review 2002 Part 2: Leaf Monkeys. Hanoi: Fauna & Flora International Vietnam Program and Frankfurt Zoological Society, 2003: 33-43.
- [10] Li Y B, Huang C M, Ding P, Tang Z, Chris W. Dramatic decline of François' langur *Trachypithecus francoisi* in Guangxi Province, China. Oryx, 2007, 41(1): 38-43.
- [11] 李友邦, 黄晓红, 王楼, 杨林林. 广西扶绥片段化栖息地中黑叶猴的食物选择. 兽类学报, 2012, 32(3): 209-215.
- [12] Li Y B, Ding P, Huang C M, Jiang P P, Chris W. Dietary response of a François's langur group in a fragmented habitat in Fusui County, China: implications for conservation. Wildlife Biology, 2009, 15: 137-146.
- [13] Huang C M, Wu H, Zhou Q H, Li Y B, Cai X W. Feeding strategy of François's langur and white-headed langur at Fusui, China. American Journal of Primatology, 2008, 70(4): 320-326.
- [14] 周岐海, 蔡湘文, 黄乘明, 李友邦, 罗亚平. 黑叶猴在喀斯特石山生境的觅食活动. 兽类学报, 2007, 27(3): 243-248.
- [15] 李友邦, 黄乘明, 黄中豪, 周岐海. 扶绥黑叶猴食物多样性的初步研究. 广西师范大学学报, 2008, 26(1): 96-99.
- [16] 黄晓红, 李友邦, 黄乘明, 黄中豪, 周岐海. 广西扶绥黑叶猴食物水分含量的研究. 四川师范大学学报, 2010, 33(2): 243-246.
- [17] 李友邦, 丁平, 黄乘明, 蒋萍萍, 陆施毅. 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, 2013, 33(23): 7390-7398.
- [18] 黄乘明, 韦显盛, 周岐海, 李友邦, 黄中豪. 栖息地质量对黑叶猴活动时间分配的影响. 兽类学报, 2007, 27(4): 338-343.
- [19] Martin P, Bateson P. Measuring Behavior: An Introductory Guide. Cambridge: Cambridge University Press, 1986: 84-100.
- [20] Hill D A. Seasonal variation in the feeding behavior and diet of Japanese macaques (*Macaca fuscata yakui*) in lowland forest of Yakushima. American Journal of Primatology, 1997, 43(4): 305-322.

- [21] Isbell L A. Diet for a small primate; insectivory and gummivory in the (large) patas monkey (*Erythrocebus patas pyrrhonotus*). American Journal of Primatology, 1998, 45(4): 381-398.
- [22] Whittaker R H. Evolution and measurement of species diversity. Taxon, 1972, 21(2/3): 213-251.
- [23] Sussman R W. Species-specific dietary patterns in primates and human dietary adaptations // Kinzey W G. The Evolution of Human Behavior: Primate Models. Albany: State University of New York Press, 1987: 151-179.
- [24] Lehman S M, Mayor M. Dietary patterns in Perrier's sifakas (*Propithecus diadema perrieri*): a preliminary study. American Journal of Primatology, 2004, 62(2): 115-122.
- [25] Chapman C A, Chapman L J, Gillespie T R. Scale issues in the study of primate foraging: red colobus of Kibale National Park. American Journal of Physical Anthropology, 2002, 117(4): 349-363.
- [26] Bocian C M. Niche Separation of Black-and-white Colobus Monkeys (*Colobus angolensis* and *C. guereza*) in the Ituri Forest [D]. New York: The City University of New York, 1997.
- [27] Silver S C, Ostro L E T, Yeager C P, Horwich R. Feeding ecology of the black howler monkey (*Alouatta pragra*) in northern Belize. American Journal of Primatology, 1998, 45: 263-279.
- [28] Morellato P C, Leita-Filho H F. Reproductive phenology of climbers in a southeastern Brazilian Forest. Biotropica, 1996, 28(2): 180-191.
- [29] 黎向东, 覃永华, 石孟春, 孙晋伟, 秦大公, 郭亮, 陈其海, 潘文石. 白头叶猴栖息地植被特征. 广西农业生物科学, 2008, 27(3): 223-229.
- [30] Barton R A, Whiten A. Reducing complex diets to simple rules: Food selection by olive baboons. Behavioral Ecology and Sociobiology, 1994, 35(4): 283-293.
- [31] Waterman P G, Kool K M. Colobine food selection and plant chemistry // Davies A G, Oates J F. Colobine Monkeys: Their Ecology, Behavior and Evolution. Cambridge: Cambridge University, 1994: 251-284.