

DOI: 10.16088/j.issn.1001-6600.2020101301

http://xuebao.gxnu.edu.cn

黄颖, 韦晓, 吴茜, 等. 白头叶猴旱季食物营养对食物选择的影响[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 2021, 39(4): 109-115. HUANG Y, WEI X, WU Q, et al. Influences of nutritional composition on food choice of white-headed langur (*Trachypithecus leucocephalus*) in dry season [J]. Journal of Guangxi Normal University (Natural Science Edition), 2021, 39(4): 109-115.

白头叶猴旱季食物营养对食物选择的影响

黄颖^{1,2}, 韦晓^{3*}, 吴茜^{1,2}, 黄乘明⁴, 孙涛^{1,2*}, 周岐海^{1,2*}

1. 珍稀濒危动植物生态和保护教育部重点实验室(广西师范大学), 广西 桂林 541006;
2. 广西珍稀濒危动物生态学重点实验室(广西师范大学), 广西 桂林 541006;
3. 广西壮族自治区陆生野生动物救护研究与疫源疫病监测中心, 广西 南宁, 530000;
4. 中国科学院动物研究所, 北京 100101)

摘要: 食物营养成分在灵长类食物选择中扮演重要角色。为探究白头叶猴食物营养成分及其对食物选择的影响, 2010 年 10 月至 2011 年 3 月对广西扶绥县自然保护区内白头叶猴取食的 14 种主要食物和 5 种非主要食物进行采集, 并通过常压恒温干燥法、凯氏定氮法等对各独立样本的水分、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维和 Ca、Fe、Zn、Mn 等矿物元素的含量进行测定, 计算粗蛋白与粗纤维(CP/CF)的比值, 并将各独立样本的营养成分含量进行 Mann-Whitney *U* 法检验。结果显示: 1) 白头叶猴所采食主要食物的水分、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维和 Ca、Fe、Zn、Mn 等矿物元素的含量以及蛋白质-纤维比与非主要食物并无显著差异。2) 各主要食物与非主要食物所测定的营养成分、矿物元素含量及蛋白质-纤维比对白头叶猴食物选择均不呈显著相关性。白头叶猴在食物选择上不受食物营养成分以及蛋白质-纤维比的影响。

关键词: 白头叶猴; 食物营养成分; 矿物元素; 蛋白质-纤维比; 食物选择

中图分类号: Q958.1 文献标志码: A 文章编号: 1001-6600(2021)04-0109-07

不同食物在营养成分、易消化性以及时间和空间上的可利用性等因素, 会影响灵长类动物觅食策略的选择和塑造^[1]。营养生态学的一个基本假设是, 对各种营养物质的需求可能会促进食物偏好和觅食选择^[2]。然而, 影响觅食选择的因素是复杂的, 通常用模型将其分为 3 类: 最大化或优化营养成分的摄入量; 平衡营养成分; 限制不需要化合物的摄入量, 例如纤维或植物次生代谢物^[3-5]。研究表明, 野生灵长类动物在食物选择上受营养物质的影响较大^[6-8], 例如, 叶食性灵长类动物可能寻求平衡最大的能量摄入和最小的植物次生代谢物^[9]。Hanya 等^[10]研究表明, 影响灵长类动物食物选择的一个重要因素是蛋白质与纤维素的比值以及能量高低。当食物种类匮乏时, 叶猴类可以仅以叶片为食。叶片成熟过程中, 纤维素含量不断增加, 蛋白质含量相应降低; 与成熟叶片相比, 嫩叶的纤维素含量更低、蛋白质含量更高^[11]。因此, 认为蛋白质-纤维比可能是影响叶猴类食物选择的重要因素。此外, 矿物质虽然需要量少, 但却是新陈代谢过程必不可少的, 缺乏矿物质会严重威胁健康、繁殖和生存^[12]。现有研究者对长鼻猴 *Nasalis larvatus*、红面吼猴 *Alouatta pigra* 等灵长类食物中矿物元素含量进行测定, 结果表明取食的叶、花、果实都含有钙、铁、锰、磷等矿物元素, 并且会影响它们的食物选择^[13]; 对东非黑白疣猴 *Colobus guereza* 的研究表明, 为了获得矿物元素含量高的食物, 它们会增加日漫游距离^[14]。

白头叶猴 *Trachypithecus leucocephalus* 属灵长目 Primates 猴科 Cercopithecidae 疣猴亚科 Colobinae 乌叶猴属 *Trachypithecus*, 是我国特有灵长类动物, 也是典型的叶食性动物^[15], 全球范围内只分布在广西崇左白

收稿日期: 2020-10-13 修回日期: 2020-11-24

基金项目: 国家自然科学基金(31870514, 31670400); 广西自然科学基金(2019GXNSFDA245021)

通信作者: 孙涛(1984—), 女, 广西桂林人, 广西师范大学讲师, 硕士。E-mail: 63120563@qq.com

周岐海(1973—), 男, 广西贵港人, 广西师范大学教授, 博士。E-mail: zhouqh@ioz.ac.cn

★韦晓为共同第一作者。

白头叶猴国家级自然保护区和广西弄岗国家级自然保护区的喀斯特石山地区,据统计,截止2017年,其种群数量仅1200多只。在白头叶猴采食的100多种植物中,Zhou等^[16]发现白头叶猴84.9%食物来自11种植物,对食物的选择不受食物丰富度影响。那么白头叶猴的食物选择是否与食物营养成分有关?本文以广西崇左自然保护区内扶绥县白头叶猴为研究对象,通过分析其旱季食物中营养组分含量差异和CP/CF比值(蛋白质-纤维比)间关系,旨在探讨食物营养成分的差异对白头叶猴食物选择的影响。

1 研究方法

1.1 研究地概况

研究地位于广西崇左白头叶猴国家级自然保护区内扶绥县邕盆乡弄廪白头叶猴自然保护区(107°23′—107°41′43″E, 22°36′20″—22°41′51″N),海拔300~700 m,占地面积约20 km²。保护区属于热带季风气候,根据气候差异可分为旱季(10月—翌年3月)和雨季(4月—9月),年平均气温21.6℃^[17]。保护区内分布有9~12群白头叶猴,选取其中的3群白头叶猴(GA、GB和GC)为研究对象:GA群为全雄群,由4只个体组成;GB群为一雄多雌的两性群,含1只成年雄猴、6只成年雌猴、1只亚成体及4只幼猴;GC群为多雄多雌的两性群,群结构不稳定,研究期间大部分时间由9~10只个体组成。

1.2 样品采集与处理

2010年10月至2011年3月,每月在弄廪白头叶猴自然保护区采样,采用瞬时扫描取样法,每次扫描持续时间5 min,取样间隔10 min,以保证样本间的相对独立性。观察白头叶猴常采食的植物种类,结合年度采食记录^[18]选定取食较多的14种主要食物及几乎不取食或少量取食的5种非主要食物,每种植物选取3棵,并对这57棵植物进行挂牌标记。

每月15—18日,从标记的树上采集相应树叶,将采集样品分别装入密封袋并标记采样时间、地点及编号等带回实验室。用电子天平分别称取各样品湿质量并记录;然后放入恒温干燥箱105℃烘15 min(使样品失去活性),65℃烘8~12 h,直至恒质量(为半干样品)^[19],称取各样品的干质量并记录。用湿质量减去干质量之差除以湿质量再换算成百分数,即可得出各样本的水分含量^[20]。将各半干样品经粉碎机粉碎,过0.5 mm筛网后装入对应的封口袋中。

用凯氏定氮法测定粗蛋白含量^[21],用酸碱洗涤法测定粗纤维含量,用残余法测定粗脂肪含量^[22],Ca、Fe、Zn、Mn等矿物元素含量测定使用原子吸收分光光度法^[23]。

1.3 数据统计分析

采集的不同种植物样品分别为独立样本。对各独立样本的水分、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、各矿物元素含量测定结果及蛋白质-纤维比进行统计。根据统计结果,用Mann-Whitney *U*检验法对主要食物和非主要食物的营养成分、矿物元素含量及蛋白质-纤维比进行差异显著性分析;采用Spearman相关性检验各独立样本的水分、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、各矿物元素含量及蛋白质-纤维比与觅食记录的相关性,并根据检验结果讨论各独立样本的营养成分、矿物元素含量及蛋白质-纤维比是否对保护区内白头叶猴的食物选择造成影响。所有的数据分析、比较和统计都采用Microsoft Excel和SPSS 19.0统计软件完成。

2 结果

白头叶猴旱季采食14种主要食物和5种非主要食物的营养成分含量及粗蛋白/粗纤维(CP/CF)比值见表1和表2。实验结果显示,14种主要食物:水分含量最高是木蝴蝶 *Oroxylum indicum*(71.51%),最低是扁担藤 *Tetrastigma planicaule*(49.78%);粗脂肪含量最高是木蝴蝶(17.85%),最低是穿破石 *Maclura cochinchinensis*(6.13%);粗蛋白含量最高是山柑 *Cansjera rheedei*(19.85%),最低是糙叶树 *Aphananthe aspera*

(6.86%);粗纤维含量最高是任豆 *Zenia insignis*(17.08%) ,最低是紫弹树 *Celtis biondii* Pamp (5.32%); Ca 含量最高是糙叶树(172.20 $\mu\text{g/g}$) ,最低是任豆(134.49 $\mu\text{g/g}$); Zn 含量最高是任豆(4.36 $\mu\text{g/g}$) ,最低是小叶榕 *Ficus microcarpa*(1.77 $\mu\text{g/g}$); Fe 含量最高是桑树 *Mours alba*(0.98 $\mu\text{g/g}$) ,最低是小叶榕(0.60 $\mu\text{g/g}$); Mn 含量最高是山柑(5.97 $\mu\text{g/g}$) ,最低是小叶榕(1.30 $\mu\text{g/g}$); CP/CF 值最高是桑树(3.07) ,比值最低是小叶榕(0.53) (表1)。

表1 白头叶猴旱季14种主要食物的营养成分含量及CP/CF值

Tab.1 Nutritional composition and CP/CF ratio of 14 main foods for white-headed langur in dry season

物种名	含量 $\eta/\%$				$w/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$				CP/CF 值	觅食记录/ %
	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	Ca	Fe	Zn	Mn		
任豆 <i>Zenia insignis</i>	62.66	14.83	15.32	17.08	134.49	0.89	4.36	3.58	0.87	1.51
钝叶榕 <i>Ficus curtipes</i> Corner	67.84	7.72	10.53	13.74	138.74	0.73	2.92	2.07	0.56	2.98
桑树 <i>Mours alba</i>	69.25	18.69	9.70	6.08	135.11	0.98	3.13	2.48	3.07	3.36
穿破石 <i>Maclura cochinchinensis</i>	64.46	12.67	6.13	6.45	159.39	0.85	2.23	1.68	1.96	1.79
海红豆 <i>Archidendron microsperma</i>	66.69	17.98	16.81	7.12	143.52	0.86	2.61	5.84	2.52	3.94
紫弹树 <i>Celtis biondii</i> Pamp	61.41	13.68	11.94	5.32	148.01	0.73	2.48	1.95	2.57	4.21
山柑 <i>Cansjera rheedei</i>	65.65	19.85	8.39	10.76	150.57	0.85	3.94	5.97	1.84	2.27
小叶榕 <i>Ficus microcarpa</i>	66.93	8.48	11.32	15.91	160.31	0.60	1.77	1.30	0.53	11.41
扁担藤 <i>Tetrastigma planicaule</i>	49.78	8.72	12.57	14.87	143.53	0.70	2.43	2.48	0.59	4.59
构树 <i>Broussonetia papyrifera</i>	61.73	13.34	12.15	6.94	153.88	0.76	2.58	1.40	1.92	2.47
野漆树 <i>Toxicodendron succedaneum</i>	52.11	14.32	12.46	13.93	158.33	0.67	2.13	3.22	1.03	2.25
木蝴蝶 <i>Oroxylum indicum</i>	71.51	13.82	17.85	7.44	137.55	0.90	3.73	2.97	1.86	0.61
小芸木 <i>Micromelum integerrimum</i>	57.50	11.82	15.41	6.31	146.82	0.77	3.63	4.22	1.87	1.29
糙叶树 <i>Aphananthe aspera</i>	56.24	6.86	17.39	6.42	172.20	0.65	1.81	3.51	1.07	16.15

5种非主要食物:水分含量最高为假烟叶 *Solanum verbascifolium* linn (72.72%) ,最低为小叶乌榄树 *Canarium pimela* (49.08%) ;粗脂肪含量最高为小叶乌榄树(16.55%) ,最低为假烟叶(11.56%) ;粗蛋白含量最高为假烟叶(19.91%) ,最低为小叶乌榄树(7.11%) ;粗纤维含量最高为假烟叶(16.84%) ,最低为乌桕 *Sapium sebiferum* (4.66%) ;Ca含量最高为小叶乌榄树(167.58 $\mu\text{g/g}$) ,最低为红背山麻杆 *Alchornea trewioides* (137.59 $\mu\text{g/g}$) ;Zn含量最高为红背山麻杆(4.75 $\mu\text{g/g}$) ,最低为小叶乌榄树(1.56 $\mu\text{g/g}$) ;Fe含量最高为红背山麻杆(1.01 $\mu\text{g/g}$) ,最低为小叶乌榄树(0.63 $\mu\text{g/g}$) ;Mn含量最高为红背山麻杆(7.74 $\mu\text{g/g}$) ,最低为乌桕(2.04 $\mu\text{g/g}$) ;CP/CF值最高为乌桕(2.77) ,比值最低为小叶乌榄树(0.57) (表2)。

14种主要食物和5种非主要食物的Mann-Whitney *U*法检验结果表明:水分、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、Ca、Fe、Zn、Mn和蛋白质-纤维比(CP/CF)均没有显著差异性(表3)。同时,14种主要植物各独立样本组分含量与记录的觅食比例Spearman相关性检验表明:水分($r=0.046, P=0.852$) ,粗蛋白($r=-0.219, P=0.367$) ,粗脂肪($r=-0.379, P=0.110$) ,粗纤维($r=0.228, P=0.347$) ,Ca($r=0.212, P=0.383$) ,Fe($r=-0.404, P=0.087$) ,Zn($r=-0.196, P=0.420$) ,Mn($r=-0.196, P=0.420$) ,蛋白质-纤维比(CP/CF)($r=-0.320, P=0.181$)均没有显著相关性。

表2 白头叶猴旱季5种非主要食物的营养成分含量及CP/CF值

Tab. 2 Nutritional composition and CP/CF ratio of 5 non-main foods for white-headed langur in dry season

物种名	含量 $\eta/\%$				$w/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$				CP/CF 值
	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	Ca	Fe	Zn	Mn	
红背山麻杆 <i>Alchornea trewioides</i>	59.63	15.64	13.55	8.46	137.59	1.01	4.75	7.74	1.85
乌桕 <i>Sapium sebiferum</i>	60.88	12.90	14.71	4.66	157.80	0.68	2.35	2.04	2.77
小叶乌榄树 <i>Canarium pimela</i>	49.08	7.11	16.55	12.50	167.58	0.63	1.56	2.88	0.57
假烟叶 <i>Solanum verbascifolium</i> linn	72.72	19.91	11.56	16.84	152.96	0.99	3.52	4.29	1.18
八角枫 <i>Alangium chinense</i>	59.62	9.58	13.06	5.62	140.08	0.78	2.00	2.22	1.70

表3 白头叶猴旱季主要食物和非主要食物各营养成分的Mann-Whitney *U*法检验结果

Tab. 3 Nutritional composition between major foods and non-main foods species of white-headed langur in dry season

营养成分	主要食物($n=14$)	非主要食物($n=5$)	Mann-Whitney <i>U</i> 法
水分 $\eta_w/\%$	62.41 \pm 1.73	60.39 \pm 3.75	$U=26.000, P=0.405$
粗蛋白 $\eta_{cp}/\%$	13.06 \pm 1.09	13.03 \pm 2.25	$U=34.000, P=0.926$
粗脂肪 $\eta_{ca}/\%$	12.71 \pm 0.93	13.89 \pm 0.84	$U=27.000, P=0.459$
粗纤维 $\eta_{cf}/\%$	9.88 \pm 1.15	9.62 \pm 2.26	$U=31.000, P=0.711$
$w(\text{Ca})/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	148.75 \pm 2.96	151.20 \pm 5.58	$U=31.000, P=0.711$
$w(\text{Fe})/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	0.78 \pm 0.03	0.82 \pm 0.08	$U=30.000, P=0.643$
$w(\text{Zn})/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	2.84 \pm 0.22	2.84 \pm 0.58	$U=30.000, P=0.643$
$w(\text{Mn})/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	3.05 \pm 0.40	3.83 \pm 1.05	$U=28.000, P=0.517$
CP/CF 值	1.59 \pm 0.22	1.61 \pm 0.37	$U=34.000, P=0.926$

3 讨论与结论

白头叶猴栖息地位于喀斯特石山地区,年降雨量为 1 022 mm^[24],但因其土壤匮乏、地貌复杂奇特,雨后地表无法储存降水,故白头叶猴主要从食物中获取水分以维持身体的基础代谢。研究显示,笼养白头叶猴身体所需水分超过 80% 来自食物,其中以新鲜嫩叶为主^[25]。本研究中,白头叶猴取食的 14 种主要食物和 5 种非主要食物在水分含量上并无显著差异性,也无显著相关性,即表示水分对白头叶猴的食物选择并没有太大影响。这一结论与唐政^[26]的研究结果相同。

本研究中,主要食物和非主要食物之间蛋白质、脂肪含量及蛋白质-纤维比并不存在显著性差异。蛋白质属于基本营养物质,参与维持机体的新陈代谢,并且为机体提供能量。研究表明,灵长类身体所需能量的 12% 由蛋白质提供。当灵长类动物体内蛋白质含量过低时,就无法维持身体的基本功能^[27]。然而,蛋白质含量对灵长类食物选择是否有影响目前尚无法定论:一些研究者认为叶猴类食物选择受到蛋白质含量的影响^[28];而另一些学者的研究结果却恰恰相反,他们认为蛋白质含量对栗红叶猴 *Presbytis rubicunda* 和黑脊叶猴 *Presbytis melalophos* 食物选择并没有太大影响^[29]。脂肪是维持生命活动的主要能源物质,还是构成动物细胞结构的成分。脂肪对机体的作用是无可替代的,但有研究表明,在白眉长臂猿 *Hylobates hoolock*、滇金丝猴 *Rhinopithecus bieti* 和黑叶猴 *Trachypithecus franciosi* 等灵长类中,粗脂肪的含量对食物选择没有影响^[20,30-31]。这一结论与本次实验结果相似。另外,Milton^[32]和 McKey^[33]认为蛋白质-纤维比可以作为灵长类食物选择的影响因素。粗纤维不易消化,可增加饱腹感,同时促进肠道蠕动,帮助排便,甚至对消化系统的菌群也有影响^[34]。而白头叶猴的胃有一个特殊空腔,可以将树叶中的纤维素分解成糖类^[35]。因此,蛋白质-纤维比可能对白头叶猴的食物选择并没有太大影响。

矿物元素在动物的生长、代谢、繁殖等方面有一定影响,还作为酶反应和激素调节的催化剂,对其起辅助作用^[36]。对黑掌蜘蛛猴 *Ateles geoffroyi* 的研究表明,矿物元素确实影响了它们的食物选择^[37]。不同的是,本研究显示白头叶猴取食的 14 种主要食物和 5 种非主要食物在 Ca、Fe、Zn、Mn 含量上并无显著差异性,也无显著相关性,即表示矿物元素对白头叶猴的食物选择并没有太大影响。

喀斯特生境除了是石山外,还有一个很重要的特征就是缺乏地表水。水分对于生活在喀斯特地区的白头叶猴十分重要,在没有自由水时它们只能从食物获取所需水分。本研究发现白头叶猴旱季主要采食植物的平均含水量较高于非主要采食植物,表示植物水分含量有可能是影响白头叶猴旱季食物选择的因素之一。但是,相关性分析结果表明主要食物植物的水分含量对其食物选择并无显著相关性。黄乘明^[38]发现广西弄岗国家级自然保护区的白头叶猴会在干旱的冬季到地面水塘饮水以补充水分。当水分出现短缺时,它们还会寻找山林中的小水坑或者残留有水的石洞饮水,以补充身体所需水分。综上所述,尽管本次研究表明水分、蛋白质、脂肪、纤维素、矿物元素等营养成分对白头叶猴食物选择并无显著影响,但不可否认它们在新陈代谢、后代繁衍等方面具有不可替代的作用。营养成分可能只是影响白头叶猴食物选择的因素之一,其他因素是否影响白头叶猴的食物选择是未来研究工作需要关注的。

参 考 文 献

- [1] HOU R, HE S J, WU F, et al. Seasonal variation in diet and nutrition of the northern-most population of *Rhinopithecus roxellana* [J]. *American Journal of Primatology*, 2018, 80(4): e22755. DOI: 10.1002/ajp.22755.
- [2] VOGEL R E, ALAVI E S, UTAMI-ATMOKO S S, et al. Nutritional ecology of wild Bornean orangutans (*Pongo pygmaeus wurmbii*) in a peat swamp habitat: Effects of age, sex, and season [J]. *American Journal of Primatology*, 2016, 79(4): 1-20. DOI: 10.1002/ajp.22618.

- [3] IRWIN M T, RAHARISON J L, CHAPMAN C A, et al. Minerals in the foods and diet of diademeds sifakas: Are they nutritional challenges? [J]. *American Journal of Primatology*, 2017, 79(4): 1-14. DOI: 10.1002/ajp.22623.
- [4] RAUBENHEIMER D, SIMPSON S J. Nutritional ecology and foraging theory [J]. *Current Opinion in Insect Science*, 2018, 27: 38-45. DOI: 10.1016/j.cois.2018.02.002.
- [5] MOREHOUSE N I, RAUBENHEIMER D, KAY A, et al. Integrating nutritional and behavioral ecology: Mutual benefits and new frontiers [J]. *Advances in the Study of Behavior*, 2020, 52: 29-63. DOI: 10.1016/bs.asb.2020.01.002.
- [6] SIMPSON S J, RAUBENHEIMER D. The nature of nutrition: A unifying framework from animal adaptation to human obesity [M]. Princeton: Princeton University Press, 2015: 248.
- [7] WATTS D P. Meat eating by nonhuman primates: A review and synthesis [J]. *Journal of Human Evolution*, 2020, 149: 102882. DOI: 10.1016/j.jhevol.2020.102882.
- [8] ZHAO H T, LI J X, WANG X W, et al. Nutrient strategies of the Sichuan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus roxellana*) when confronted with a shortage of food resources in the Qinling Mountains, China [J]. *Global Ecology and Conservation*, 2020, 22: e00963. DOI: 10.1016/j.gecco.2020.e00963.
- [9] FELTON A M, FELTON A, LINDENMAYER D B, et al. Nutritional goals of wild primates [J]. *Functional Ecology*, 2009, 23(1): 70-78. DOI: 10.1111/j.1365-2435.2008.01526.x.
- [10] HANYA G, KIYONO M, TAKAFUMI H, et al. Mature leaf selection of Japanese macaques: Effects of availability and chemical content [J]. *Journal of Zoology*, 2007, 272(2): 140-147. DOI: 10.1111/j.1469-7998.2007.00308.x.
- [11] 蔡锐芳, 胡刚, 曹晔, 等. 贵州麻阳河黑叶猴秋季主要食物营养分析及对食物选择的影响 [J]. *四川动物*, 2011, 30(3): 366-371.
- [12] AMATO K R, GARBER P A. Nutrition and foraging strategies of the black howler monkey (*Alouatta pigra*) in Palenque National Park, Mexico [J]. *American Journal of Primatology*, 2014, 76(8): 774-787. DOI: 10.1002/ajp.22268.
- [13] SILVER S C, OSTRO L E T, YEAGER C P, et al. Phytochemical and mineral components of foods consumed by black howler monkeys (*Alouatta pigra*) at two sites in Belize [J]. *Zoo Biology*, 2000, 19(2): 95-109. DOI: 10.1002/1098-2361(2000)19:2<95::aid-zoo1>3.0.co;2-d.
- [14] FASHING P J, DIERENFALD E S, MOWRY C B. Influence of plant and soil chemistry on food selection, ranging patterns, and biomass of *Colobus guereza* in Kakamega Forest, Kenya [J]. *International Journal of Primatology*, 2007, 28: 673-703. DOI: 10.1007/s10764-006-9096-2.
- [15] 张克处, 袁培松, 黄恒连, 等. 白头叶猴食物组成的地域性差异比较 [J]. *广西师范大学学报(自然科学版)*, 2017, 35(1): 75-81. DOI: 10.16088/j.issn.1001-6600.2017.01.013.
- [16] ZHOU Q H, TANG Z, LI Y B, et al. Food diversity and choice of white-headed langur in fragmented limestone hill habitat in Guangxi, China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(2): 109-113. DOI: 10.1016/j.chnaes.2013.01.007.
- [17] 黄中豪, 周岐海, 李友邦, 等. 弄岗黑叶猴的日活动类型和活动时间分配 [J]. *动物学报*, 2007, 53(4): 589-599.
- [18] 黄恒连. 全雄群和两性群白头叶猴 (*Trachypithecus leucocephalus*) 食性和活动时间分配 [D]. 桂林: 广西师范大学, 2009.
- [19] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 48-73.
- [20] 王静, 胡刚, 董鑫, 等. 麻阳河黑叶猴秋季食物营养成分及其对食物选择的影响 [J]. *西华师范大学学报(自然科学版)*, 2013, 34(2): 107-112, 152. DOI: 10.16246/j.issn.1673-5072.2013.02.016.
- [21] 李雯, 郭爱伟, 王彬, 等. 冬季麻阳河黑叶猴的营养组分及其对食物选择的影响 [J]. *兽类学报*, 2010, 30(2): 152-156. DOI: 10.16829/j.slx.2010.02.006.
- [22] 刘秀菊, 吴茜, 黄中豪, 等. 弄岗黑叶猴旱季食物营养成分及其对食物选择的影响 [J]. *兽类学报*, 2016, 36(2): 241-247.
- [23] LODWICK J L, SALMI R. Nutritional composition of the diet of the western gorilla (*Gorilla gorilla*): Interspecific variation in diet quality [J]. *American Journal of Primatology*, 2019, 81(9): e23044. DOI: 10.1002/ajp.23044.
- [24] ZHOU Q H, CAI X W, HUANG C M. Habitat selection and use of Francois' s langurs (*Trachypithecus francoisi*) in Guangxi Province, Fusui Area [J]. *Zoological Research*, 2010, 31(4): 421-427.
- [25] 黄乘明, 卢立仁, 李春瑶. 笼养白头叶猴夏季水分摄入与消耗的初步研究 [J]. *兽类学报*, 1997(2): 21-27. DOI: 10.16829/j.slx.1997.02.003.
- [26] 唐政. 白头叶猴 (*Trachypithecus leucocephalus*) 的觅食生物学和营养分析 [D]. 桂林: 广西师范大学, 2004.

- [27] MILTON K ,VAN SOEST P J ,ROBERTSON J B. Digestive efficiencies of wild howler monkeys[J]. *Physiological Zoology* , 1980 ,53: 402-409.
- [28] WASSERMAN M D ,CHAPMAN C A. Determinants of colobine monkey abundance: The importance of food energy , protein and fibre content[J]. *Journal of Animal Ecology* ,2003 ,72(4) : 650-659.
- [29] 叶智彰. 叶猴生物学[M]. 昆明: 云南科技出版社,1993.
- [30] 朱梨梨,陈粉粉,周伟,等. 高黎贡山赧穴白眉长臂猿春秋季主要食物营养成分比较[J]. *西南林业大学学报* , 2011 ,31(2) : 62-65.
- [31] 黄志旁. 黑白仰鼻猴(*Rhinopithecus bieti*) 南部种群的摄食选择、繁殖及过夜地选择[D]. 昆明: 西南林学院,2009.
- [32] MILTON K. Factors influencing leaf choice by howler monkeys: A test of some hypotheses of food selection by generalist herbivores[J]. *The American Naturalist* ,1979 ,114: 363-378.
- [33] McKEY D B ,GARTLAN J S. Food selection by black colobus monkeys (*Colobus satanas*) in relation to plant chemistry[J]. *Biological Journal of the Linnean Society* ,1981 ,16(2) : 115-146. DOI: 10.1111/j.1095-8312.1981.tb01646.x.
- [34] 吕东海. 日粮纤维对单胃动物消化生理的影响[J]. *饲料工业* ,2002 ,23(6) : 12-14.
- [35] ZHOU Q H ,TANG X P ,HUANG H L , et al. Factors affecting the ranging behavior of white-headed langurs (*Trachypithecus leucocephalus*) [J]. *International Journal of Primatology* ,2011 ,32: 511-523. DOI: 10.1007/s10764-010-9486-3.
- [36] 刘秀菊. 食物营养成分含量对熊猴食物选择的影响[D]. 桂林: 广西师范大学,2016.
- [37] LASKA M ,SALAZAR L T H ,LUNA E R. Food preferences and nutrient composition in captive spider monkeys ,*Ateles geoffroyi* [J]. *International Journal of Primatology* ,2000 ,21(4) : 671-683. DOI: 10.1023/A:1005517421510.
- [38] 黄乘明. 中国白头叶猴[M]. 桂林: 广西师范大学出版社,2002.

Influences of Nutritional Composition on Food Choice of White-headed Langur (*Trachypithecus leucocephalus*) in Dry Season

HUANG Ying^{1,2} , WEI Xiao^{3*} , WU Qian^{1,2} , HUANG Chengming⁴ , SUN Tao^{1,2*} , ZHOU Qihai^{1,2*}

(1. Key Laboratory of Ecology of Rare and Endangered Species and Environmental Protection (Guangxi Normal University) , Ministry of Education , Guilin Guangxi 541006 , China; 2. Guangxi Key Laboratory of Rare and Endangered Animal Ecology (Guangxi Normal University) , Guilin Guangxi 541006 , China; 3. Terrestrial Wildlife Rescue and Epidemic Diseases Surveillance Center of Guangxi , Nanning Guangxi 530000 , China; 4. Institute of Zoology , Chinese Academy of Sciences , Beijing 100101 , China)

Abstract: The nutritional composition of food plays an important role in primate selection. In order to study the nutritional composition of the food for white-headed langur and its influence on food selection , 14 main food and 5 non-main food of white-headed langur were collected from October 2010 to March 2011 in Fusui Nature Reserve , Guangxi , China. The contents of water , crude protein , crude fat , crude fiber and mineral elements such as Ca , Fe , Zn and Mn in each independent sample were determined by atmospheric pressure and constant temperature drying method. CP/CF was calculated , and the nutrient content of each independent sample was tested by Mann-Whitney *U* test. The result showed: 1) There is no significant difference between the composition of water , crude protein , crude fat , crude fibre and mineral elements such as Ca , Fe , Zn , Mn , and CP/CF in the main food for white-headed langur and that of the non-main food. 2) There was no significant correlation between the nutrient composition , mineral element content and the ratio of crude protein and crude fiber of the main food and that of the non-main food for white-headed langur when choosing food. Therefore , the results showed that the food selection of Fusui white-headed langur was not affected by water , crude protein , crude fat , crude fiber , mineral elements such as Ca , Fe , Zn , Mn and the ratio of crude protein and crude fiber.

Keywords: white-headed langur (*Trachypithecus leucocephalus*) ; nutrient composition of food; mineral element; CP/CF; food choice

(责任编辑 马殷华)