

广西崇左黑叶猴旱季时期对食物水分的利用

梁秉鹏

广西崇左白头叶猴国家级自然保护区管理中心, 广西 崇左

收稿日期: 2025年4月11日; 录用日期: 2025年5月20日; 发布日期: 2025年5月28日

摘要

水分对野生动物的存活至关重要。在水分相对缺乏的生境中, 野生动物对水分的利用效率与物种的存活密切相关。2023年11月~12月, 采用瞬时扫描取样法对广西崇左白头叶猴国家级自然保护区内一群黑叶猴(*Trachypithecus francoisi*)的觅食行为进行研究, 采用重量法对猴群食物的含水量进行测定, 旨在探讨旱季时期黑叶猴的食物选择与水分含量的关系。研究结果表明, 黑叶猴的食物平均含水量为 $67.8\% \pm 7.1\%$ 。黑叶猴的非食物部位的平均含水量为 $55.1\% \pm 7.2\%$ 。比较发现, 黑叶猴的食物种类与非食物种类的平均水分含量有明显的差异, 表现为食物种类的含水量显著高于非食物种类($Z = -3.671, n = 29, p < 0.001$)。相关分析结果表明, 黑叶猴对不同食物的采食比例与含水量成显著正相关关系($r = 0.746, n = 19, p < 0.001$)。本研究证实, 旱季时期黑叶猴选择水分含量高的植物作为主要食物, 这可能是黑叶猴对石山森林缺乏地表自由水的主动适应策略。

关键词

黑叶猴, 水分, 食物, 石山森林

Use of Water Content in the Diets by the François' Langurs (*Trachypithecus francoisi*) during Dry Season in Guangxi

Jipeng Liang

Administration Center of Guangxi Chongzuo White-Headed Langur National Nature Reserve, Chongzuo Guangxi

Received: Apr. 11th, 2025; accepted: May 20th, 2025; published: May 28th, 2025

Abstract

Water availability is crucial for wildlife survival in arid environments, where water use efficiency directly correlates with species viability. During November and December 2023, we investigated the foraging behavior of a François' langur (*Trachypithecus francoisi*) group in the Guangxi Chongzuo White-headed Langur National Nature Reserve during dry season, using instantaneous scan sampling. The water content of dietary plants was quantified through gravimetric analysis to examine the relationship between food selection and water content. The results showed that dietary items exhibited mean water content of $67.8\% \pm 7.1\%$ (mean \pm SD) during dry season. Non-food plant parts contained substantially lower water contents ($55.1\% \pm 7.2\%$). Our results also revealed significantly higher water content in consumed vs. non-dietary plants ($Z = -3.671, n = 29, p < 0.001$). Moreover, significant positive correlation between feeding frequency and water contents was observed ($r = 0.746, n = 19, p < 0.001$). These results suggest that François' langurs preferentially select high-moisture plants as foods during dry season, potentially representing an evolutionary adaptation to limited surface water availability in karst forests.

Keywords

Trachypithecus francoisi, Water Content, Diets, Limestone Forest

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水分对野生动物的存活至关重要。在水分相对缺乏的生境中，野生动物对水分的利用效率与物种的存活密切相关[1][2]。一般来说，野生动物获得水分的方式主要通过两种完全不同的觅食行为来实现，即饮用自由水和从食物中摄取水分[3]。其中，从食物中获得水分是野生动物面对干旱时的主要觅食行为策略[4][5]。例如，生活在极度缺乏地表水环境中的白头叶猴(*Trachypithecus leucocephalus*)，在干旱时期，猴群所有的水分需求均有食物中提供；即使是在人工饲养环境内，白头叶猴所需水分主要来源于食物[3]。在季节性变化的环境中，野生动物的食物资源具有明显的季节差异[6][7]。在干旱季节，动物对水分的获取成为物种存活的限制性因素[4]。因此，食物中的水分含量对野生动物的食物选择就尤为重要，甚至成为决定食物种类和部位选择的关键因素[3][5]。因此，研究野生动物的食物水分含量及其对食物选择的影响，为我们理解野生动物对环境的适应策略具有重要意义。

黑叶猴(*Trachypithecus francoisi*)属灵长目(Primates)，猴科(Cercopithecidae)，疣猴亚科(Colobinae)，乌叶猴属(*Trachypithecus*)，为国家一级重点保护野生动物[8]。黑叶猴是少数仅分布于石山生境的7种叶猴之一[9]。该物种仅分布在我国广西、贵州和重庆，以及越南北部的喀斯特石山生境，全球种群数量不超过1800只[8][10]。至今，我们对广西境内黑叶猴的行为生态学进行了研究，内容涉及到食物种类组成、觅食时间、栖息地利用等方面[11]。研究发现，不同地理种群的食物组成会存在一定差异，如贵州黑叶猴种群对果实的采食比例明显高于广西和重庆种群[12]。黑叶猴在不同的季节会采食种类不同的食物，以适应食物的季节性变化，表现出灵活的取食策略[11]。这些研究为该物种的种群保护和栖息地恢复提供了重要的基础资料。然而，这些研究结果大部分来自于广西弄岗国家级自然保护区、大新恩城国家级自然保护区和西大明山自然保护区内的黑叶猴群。因此，本研究对广西崇左白头叶猴国家级自然保护区内的黑

叶猴进行研究, 分析食物水分对猴群食物选择的影响, 为进一步理解黑叶猴对石山的适应策略提供科学依据。

2. 研究地点与方法

2.1. 研究地点和研究对象

本文研究地点位于广西崇左白头叶猴国家级自然保护区。保护区地处广西西南部崇左市江州区。保护区是典型的喀斯特山地; 受人类活动影响, 保护区内的森林植被片段化, 野生动物的栖息地破碎化严重[13]。研究地点地处位于北回归线以南, 属北半球热带季风气候, 夏季高温多雨, 冬季干旱少雨, 可分为明显的旱季和雨季[14]。年平均气温 22.0°C~22.3°C, 年平均降雨量 1201.6 mm~1222.2 mm [15]。保护区内的植物种类主要包括石山巴豆(*Croton euryphyllus*)、青檀(*Pteroceltis tatarinowii*)、构(*Broussonetia papyrifera*)、木棉(*Bombax ceiba*)、浆果楝(*Cipadessa baccifera*)、苹婆(*Sterculia monosperma*)、黄梨木(*Boniodendron minus*)、盐麸木(*Rhus chinensis*)、潺槁木姜子(*Litsea glutinosa*)、榕树(*Ficus microcarpa*)等[16]。

本研究选取一群总个体数为 10 只的黑叶猴群作为研究对象。猴群共有 1 只成年雄性, 6 成年雌性, 2 只青少年个体和 1 婴幼儿。猴群在研究期间个体数和猴群结构保持不变。

2.2. 研究方法

2023 年 11 月, 采用样方法对猴群栖息地的森林结构进行调查。根据初步调查结果, 我们把猴群的家域划分为若干个 50 m × 50 m 的斑块, 随机在斑块内建立面积为 20 m × 20 m 的植物样方(悬崖处无法接近则不设置样方)。样方设定后, 分别记录样方中的乔木、灌木和藤本植物种类。测量乔木和灌木的株数、胸径、盖度, 计算不同种类的优势度。根据优势度确定不同植物种类在栖息地中的生物量排名。

2023 年 12 月, 采用瞬时扫描取样法(Instantaneous Scan Sampling) [17]对猴群进行行为取样, 每次扫描持续 5 min, 取样间隔 10 min。取样时, 通过改变观察位置, 尽可能对多个个体进行扫描。行为类型主要包括休息、移动、觅食、理毛、玩耍和其他行为。当被扫描个体在觅食时, 记录其采食的食物种类和部位。根据不同食物种类在总觅食记录中占的百分比确定猴群对不同食物的觅食比例。

跟踪猴群时, 对猴子采食的植物种类进行采样。共采集了 19 种植物样品。同时, 根据植被调查结果, 对环境中生物量排名前 10 的植物种类的不同部位进行采样, 以作为对照来比较食物部位和非食物部位的营养成分含量的异同。采集时, 随机从 3 棵植株上分别采集相应的部位, 分别装入封口袋, 以备室内分析用。每份样品鲜重约 250 g。

采用常压恒温干燥法测定水分含量。在野外采集到食物样品后, 用便携式电子天平对新鲜样品进行称重, 记录重量为 W_1 ; 随后把样品放入烘箱内, 用 105°C 烘 10 min~15 min, 之后用 65°C 烘干至恒重并称重, 记录重量为 W_2 。水分含量(%) = $100\% \times (W_1 - W_2)/W_1$ 。

2.3. 数据统计

本文的所有数据以均值 ± 标准差表示。采用 Mann-Whitney U test 比较食物部分和非食物部位含水量均值的均值。采用 One-sample Kolmogorov-Smirnov test 对数据进行正态性检验。结果表明, 所有变量均服从正态分布($p > 0.05$)。因此, 采用 Pearson 相关分析检验猴群对不同食物部位的觅食比例与食物含水量的相关性。为进一步分析水分含量对猴群食物选择的影响, 构建广义线性混合模型(GLMM)来检验其回归趋势。具体来说, 以猴群对不同食物种类的觅食比例为响应变量, 以不同食物部位的含水量为固定效应变量; 为排除行为和食物样本量差异对结果的潜在影响, 以不同食物部位的记录次数为随机变量。所有检验均为双尾(two-tailed), 显著性水平设为 0.05。数据统计分析在 Microsoft Excel 2010 和 R 4.3.3 软件上完成。

3. 研究结果

本研究共记录到黑叶猴采食 19 种植物,采食部位均为树叶。黑叶猴的食物平均含水量为 $67.8\% \pm 7.1\%$ ($n = 19$)。其中,含水量最高的种类为菟丝子(*Cuscuta chinensis*),达到 84.5%;最低为鱼骨木(*Psydrax dicocca*),仅为 57.4% (表 1)。黑叶猴的非食物部位的平均含水量为 $55.1\% \pm 7.2\%$ ($n = 10$)。其中,含水量最高的物种为米扬噎(*Streblus tonkinensis*),为 64.5%;含水量最低为清香木(*Pistacia weinmanniifolia*),为 46.0% (表 1)。比较发现,黑叶猴的食物种类与非食物种类的平均水分含量有明显的差异,表现为食物种类的含水量显著高于非食物种类($Z = -3.671, n = 29, p < 0.001$) (图 1)。

Table 1. Water contents in the dietary and non-dietary items of the François' langurs in limestone forests of Chongzuo, Guangxi

表 1. 黑叶猴的食物与非食物种类的含水量

种名	科名	是否食物	觅食比例(%)	水分含量(%)		
葛	<i>Pueraria montana</i> var. <i>lobata</i>	豆科	Fabaceae	是	11.0	75.6
假鹊肾树	<i>Pseudostreblus indicus</i>	桑科	Moraceae	是	16.7	79.3
榕树	<i>Ficus microcarpa</i>	桑科	Moraceae	是	2.1	63.8
菟丝子	<i>Cuscuta chinensis</i>	旋花科	Convolvulaceae	是	7.9	84.5
青檀	<i>Pteroceltis tatarinowii</i>	大麻科	Cannabaceae	是	6.4	68.7
海红豆	<i>Adenantha microsperma</i>	豆科	Fabaceae	是	2.8	67.5
山柑藤	<i>Cansjera rheedei</i>	山柚子科	Opiliaceae	是	2.0	66.4
弄岗马兜铃	<i>Aristolochia longganensis</i>	马兜铃科	Aristolochiaceae	是	3.4	68.6
清风藤	<i>Sabia japonica</i>	清风藤科	Sabiaceae	是	5.5	71.6
斜叶榕	<i>Ficus tinctoria</i> subsp. <i>gibbosa</i>	桑科	Moraceae	是	0.8	57.9
酸叶胶藤	<i>Urceola rosea</i>	夹竹桃科	Apocynaceae	是	13.8	76.7
九丁榕	<i>Ficus nervosa</i>	桑科	Moraceae	是	4.9	64.7
大叶水榕	<i>Ficus glaberrima</i>	桑科	Moraceae	是	3.5	66.9
鱼骨木	<i>Psydrax dicocca</i>	茜草科	Rubiaceae	是	5.7	57.4
甜菜树	<i>Yumanopilia longistaminea</i>	山柚子科	Opiliaceae	是	3.5	61.4
米念芭	<i>Tirpitzia ovoidea</i>	亚麻科	Linaceae	是	0.7	62.3
秀丽海桐	<i>Pittosporum pulchrum</i>	海桐科	Pittosporaceae	是	1.4	65.1
牛筋藤	<i>Malaisia scandens</i>	桑科	Moraceae	是	5.4	67.8
吊山桃	<i>Secamone sinica</i>	夹竹桃科	Apocynaceae	是	2.3	62.6
米扬噎	<i>Streblus tonkinensis</i>	桑科	Moraceae	否	0.0	64.5
广西牡荆	<i>Vitex kwangsiensis</i>	唇形科	Lamiaceae	否	0.0	61.7
毛叶铁榄	<i>Sinosideroxylon pedunculatum</i> var. <i>pubifolium</i>	山榄科	Sapotaceae	否	0.0	47.4
闭花木	<i>Cleistanthus sumatranus</i>	叶下珠科	Phyllanthaceae	否	0.0	54.4
任豆	<i>Zenia insignis</i>	豆科	Fabaceae	否	0.0	61.8
木姜子	<i>Litsea pungens</i>	樟科	Lauraceae	否	0.0	57.2
浆果楝	<i>Cipadessa baccifera</i>	楝科	Meliaceae	否	0.0	61.6
广西澄广花	<i>Orophea polycarpa</i>	番荔枝科	Annonaceae	否	0.0	46.3
山榄叶柿	<i>Diospyros siderophylla</i>	柿科	Ebenaceae	否	0.0	50.5
清香木	<i>Pistacia weinmanniifolia</i>	漆树科	Anacardiaceae	否	0.0	46.0

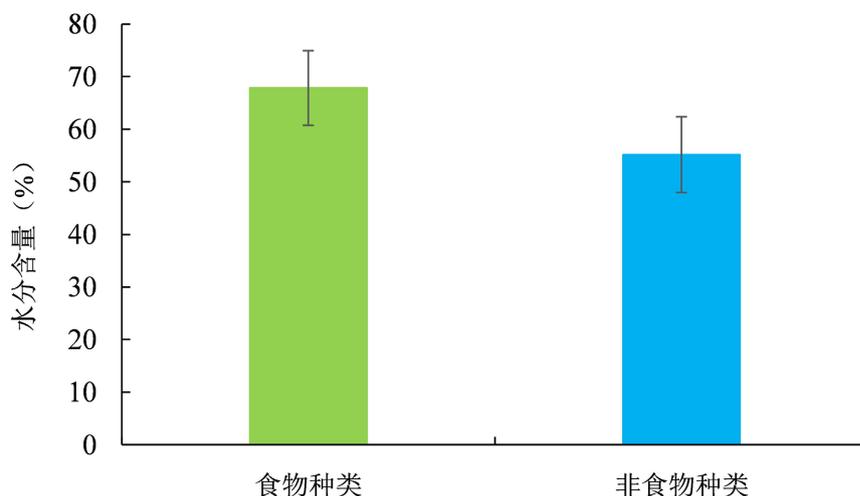


Figure 1. Comparison of water contents between the dietary and non-dietary items of the François' langurs
图 1. 黑叶猴的食物与非食物种类的含水量的比较

食物部位的含水量对黑叶猴群的食物选择有重要影响。Pearson 相关分析结果表明，黑叶猴对不同食物的采食比例与含水量成显著正相关关系($r = 0.746$, $n = 19$, $p < 0.001$)。GLMM 模型分析结果也发现，食物中的水分含量对黑叶猴的食物选择有正向选择作用(表 2)。

Table 2. Effect of water contents in the diets on the food choice of François' langurs during dry season (based on GLMM)
表 2. 食物水分含量对黑叶猴旱季食物选择的影响(基于 GLMM 模型)

	估计值	标准误	t	p
截距	-26.019	6.799	-3.827	<0.001
含水量	0.461	0.010	4.625	<0.001

4. 讨论

大多数动物可以通过饮用自由水或者从食物中吸取水分的方式来满足自身水分代谢的需求[1] [2]。灵长类动物大多依靠食物中的水分来满足水分需求，或者仅仅在旱季时期才出现饮水行为[4] [18]。本研究中，黑叶猴食物中的含水量高于非食物种类，这可能与石山地区的水分空间分布有关。石灰岩地区的一个最大特征是地表自由水极其缺乏；尽管年降雨量丰富，但是由于地质渗透性好，降雨几乎全部通过地下渗透通道流走[19]。因此，生活在其中的动物无法通过饮用自由水来获取水分[3] [4]。这可能是导致石山灵长类选择含水量高的植物部位作为食物的重要原因[4]。对比发现，本研究猴群食物中的水分含量远远高于非食物部位。此外，黑叶猴对不同食物的觅食比例与含水量成明显的正相关关系，说明水分含量是黑叶猴食物选择的主要因素之一。本研究结果与其他地区黑叶猴的研究结果相类似。例如，吴茜[4]发现广西弄岗地区的黑叶猴旱季时期的食物选择受食物水分含量的限制，变现为水分是食物选择的唯一制约因素，食物中的水分含量明显高于非食物种类。这与其他石山分布的灵长类动物的食物选择策略相一致[5]。例如，石山环境中的熊猴(*Macaca assamensis*)基本不直接饮用自由水，而且食物中的水分含量显著高于非食物种类，说明食物中的水分是熊猴主要的水分来源[5]。白头叶猴也表现出类似的水分利用策略[3]。因此，选择水分含量高的食物以应对环境中自由水的缺乏，这可能是黑叶猴对石山森林缺乏地表自由水的主动适应策略。

5. 小结

(1) 黑叶猴旱季的食物平均含水量为 $67.8\% \pm 7.1\%$ 。黑叶猴的非食物部位的平均含水量为 $55.1\% \pm 7.2\%$ 。黑叶猴的食物种类的含水量显著高于非食物种类。

(2) 黑叶猴对不同食物的采食比例与含水量成显著正相关关系, 选择水分含量高的食物, 这可能是黑叶猴对石山森林缺乏地表自由水的主动适应策略。

参考文献

- [1] 孙儒泳. 动物生态学原理[M]. 第3版. 北京: 北京师范大学出版社, 2001.
- [2] Scott, G. (2005) *Essential Animal Behavior*. Blackwell Publishing Ltd.
- [3] 黄乘明. 中国白头叶猴[M]. 桂林: 广西师范大学出版社, 2002.
- [4] 吴茜, 黄中豪, 袁培松, 等. 广西弄岗黑叶猴食物的水分含量对食物选择的影响[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 2011, 29(4): 117-121.
- [5] Li, Y., Ma, G., Zhou, Q., Li, Y. and Huang, Z. (2020) Nutrient Contents Predict the Bamboo-Leaf-Based Diet of Assamese Macaques Living in Limestone Forests of Southwest Guangxi, China. *Ecology and Evolution*, **10**, 5570-5581. <https://doi.org/10.1002/ece3.6297>
- [6] Liu, G., Wang, A., Nong, D., Nong, S. and Huang, Z. (2025) Behavioral Responses of Assamese Macaques (*Macaca assamensis*) to Variations in Food Availability and Climatic Factors in Longrui, Guangxi, China. *International Journal of Primatology*, **46**, 501-537. <https://doi.org/10.1007/s10764-024-00472-0>
- [7] Lai, Y., Chen, Y., Wei, H., Zhou, Q., Huang, C. and Huang, Z. (2025) Sleeping Site Use of François' Langurs (*Trachypithecus francoisi*) Inhabiting Limestone Forest of Nonggang, Southwest China: The Importance of Foraging Efficiency. *Primates*, **66**, 259-276. <https://doi.org/10.1007/s10329-025-01181-9>
- [8] 魏辅文. 中国濒危野生动植物种生存状况评估报告(第一辑) [M]. 北京: 科学出版社, 2024.
- [9] Fan, P., Lawes, M.J., Liu, R. and Zhou, Q. (2024) Hope for Limestone Langurs' Conservation. *Science*, **384**, 855-855. <https://doi.org/10.1126/science.ado6810>
- [10] Li, B., Li, M., Li, J., Fan, P., Ni, Q., Lu, J., et al. (2018) The Primate Extinction Crisis in China: Immediate Challenges and a Way Forward. *Biodiversity and Conservation*, **27**, 3301-3327. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1614-y>
- [11] 周岐海, 黄乘明. 中国石山叶猴生态学研究进展[J]. 兽类学报, 2021, 41(1): 59-70.
- [12] 李生强, 黎大勇, 黄中豪, 等. 黑叶猴食物组成的地域性差异比较[J]. 兽类学报, 2016, 36(1): 46-55.
- [13] Liu, F., Li, Y., Zhang, K., Liang, J., Nong, D. and Huang, Z. (2022) Habitat Use of the White-Headed Langurs in Limestone Forest of Southwest Guangxi, China: Seasonality and Group Size Effects. *Ecology and Evolution*, **12**, e9068. <https://doi.org/10.1002/ece3.9068>
- [14] Zhang, K., Zhou, Q., Xu, H. and Huang, Z. (2020) Effect of Group Size on Time Budgets and Ranging Behavior of White-Headed Langurs in Limestone Forest, Southwest China. *Folia Primatologica*, **91**, 188-201.
- [15] 黄承标, 谭学锋, 农旭能. 白头叶猴栖息地的气候生态环境特征[J]. 四川动物, 2006, 25(4): 866-869.
- [16] 郑景金, 梁霁鹏, 张克处, 等. 基于木本植物优势度的白头叶猴食物选择研究[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 2021, 39(1): 53-64.
- [17] Altmann, J. (1974) Observational Study of Behavior: Sampling Methods. *Behaviour*, **49**, 227-266.
- [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]: [硕士学位论文]. 桂林: 广西师范大学, 2009.
- [19] 胡长庚. 弄岗自然保护区水文地质考察报告[J]. 广西植物, 1988(增刊): 17-32.