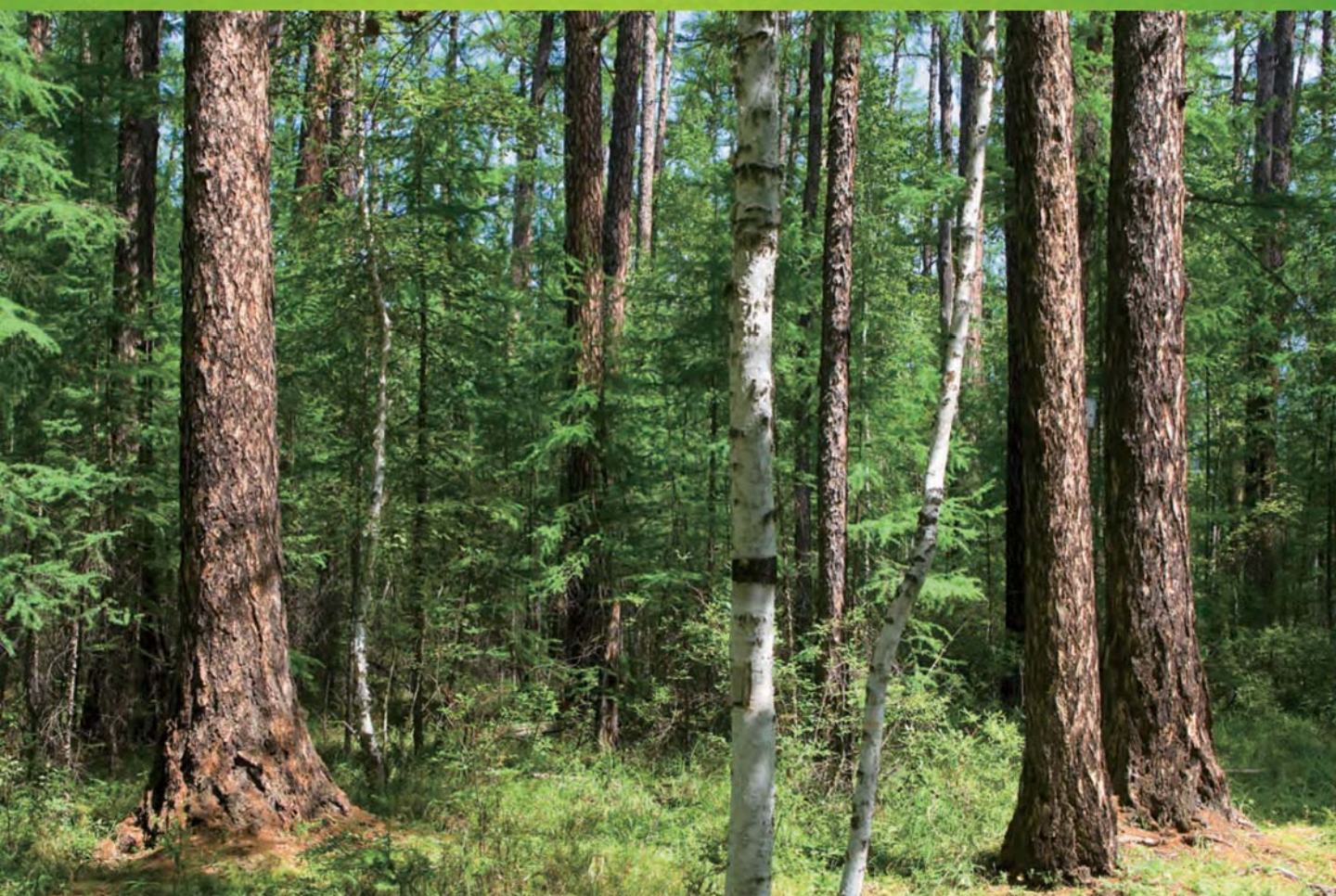


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第23期 Vol.33 No.23 **2013**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 23 期 2013 年 12 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 基于树干液流技术的北京市刺槐冠层吸收臭氧特征研究..... 王 华, 欧阳志云, 任玉芬, 等 (7323)
- 三疣梭子蟹增殖过程对野生种群的遗传影响——以海州湾为例..... 董志国, 李晓英, 张庆起, 等 (7332)
- 土壤盐分对三角叶滨藜抗旱性能的影响..... 谭永芹, 柏新富, 侯玉平, 等 (7340)
- 南美斑潜蝇为害对黄瓜体内 4 种防御酶活性的影响..... 孙兴华, 周晓榕, 庞保平, 等 (7348)

个体与基础生态

- 模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹林凋落物养分输入量的早期影响..... 肖银龙, 涂利华, 胡庭兴, 等 (7355)
- 茎瘤芥不同生长期植株营养特性及其与产量的关系..... 赵 欢, 李会合, 吕慧峰, 等 (7364)
- 雷竹覆盖物分解速率及其硅含量的变化..... 黄张婷, 张 艳, 宋照亮, 等 (7373)
- 渍水对油菜苗期生长及生理特性的影响..... 张树杰, 廖 星, 胡小加, 等 (7382)
- 广西扶绥黑叶猴的主要食源植物及其粗蛋白含量..... 李友邦, 丁 平, 黄乘明, 等 (7390)
- 氮素营养水平对膜下滴灌玉米穗位叶光合及氮代谢酶活性的影响..... 谷 岩, 胡文河, 徐百军, 等 (7399)
- PFOS 对斑马鱼胚胎及仔鱼的生态毒理效应 夏继刚, 牛翠娟, 孙麓垠 (7408)
- 浒苔干粉末提取物对东海原甲藻和中肋骨条藻的克生作用..... 韩秀荣, 高 嵩, 侯俊妮, 等 (7417)
- 基于柑橘木虱 CO I 基因的捕食性天敌捕食作用评估 孟 翔, 欧阳革成, Xia Yulu, 等 (7430)
- 健康和虫害的红松挥发物对赤松梢斑螟及其寄生蜂寄主选择行为的影响.....
..... 王 琪, 严善春, 严俊鑫, 等 (7437)

种群、群落和生态系统

- 小麦蚕豆间作对蚕豆根际微生物群落功能多样性的影响及其与蚕豆枯萎病发生的关系.....
..... 董 艳, 董 坤, 汤 利, 等 (7445)
- 喀斯特峰丛洼地不同生态系统的土壤肥力变化特征..... 于 扬, 杜 虎, 宋同清, 等 (7455)
- 黄土高原人工苜蓿草地固碳效应评估..... 李文静, 王 振, 韩清芳, 等 (7467)

景观、区域和全球生态

- 粉垄耕作对黄淮海北部土壤水分及其利用效率的影响..... 李轶冰, 逢焕成, 杨 雪, 等 (7478)
- 三峡库区典型农林流域景观格局对径流和泥沙输出的影响..... 黄志霖, 田耀武, 肖文发, 等 (7487)
- 基于 BP 神经网络与 ETM+ 遥感数据的盐城滨海自然湿地覆被分类..... 肖锦成, 欧维新, 符海月 (7496)
- 寒温带针叶林土壤 CH₄ 吸收对模拟大气氮沉降增加的初期响应..... 高文龙, 程淑兰, 方华军, 等 (7505)
- 寒温带针叶林土壤呼吸作用的时空特征..... 贾丙瑞, 周广胜, 蒋延玲, 等 (7516)

黄土高原小麦田土壤呼吸季节和年际变化..... 周小平,王效科,张红星,等 (7525)

不同排放源周边大气环境中 NH₃ 浓度动态..... 刘杰云,况福虹,唐傲寒,等 (7537)

施加秸秆和蚯蚓活动对麦田 N₂O 排放的影响 罗天相,胡 锋,李辉信 (7545)

资源与产业生态

基于水声学方法的天目湖鱼类资源捕捞与放流的生态监测..... 孙明波,谷孝鸿,曾庆飞,等 (7553)

应用支持向量机评价太湖富营养化状态..... 张成成,沈爱春,张晓晴,等 (7563)

研究简报

亚热带 4 种森林凋落物量及其动态特征 徐旺明,闫文德,李洁冰,等 (7570)

青蒿素对蔬菜种子发芽和幼苗生长的化感效应 白 祯,黄 玥,黄建国 (7576)

NO 参与 AM 真菌与烟草共生过程 王 玮,赵方贵,侯丽霞,等 (7583)

基于核密度估计的动物生境适宜度制图方法..... 张桂铭,朱阿兴,杨胜天,等 (7590)

施氮方式对转基因棉花 Bt 蛋白含量及产量的影响 马宗斌,刘桂珍,严根土,等 (7601)

学术信息与动态

未来地球——全球可持续性研究计划..... 刘源鑫,赵文武 (7610)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 292 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 33 * 2013-12



封面图说: 兴安落叶松林景观——中国的寒温带针叶林属于东西伯利亚森林向南的延伸部分,它是大兴安岭北部一带的地带性植被类型,一般可分为落叶针叶林和常绿针叶林两类。兴安落叶松林景观地下部分为棕色森林土,中上部为灰化棕色针叶林土,均呈酸性反应。随着全球气候持续变暖,寒温带针叶林生态系统潜在的巨大碳库将可能成为大气 CO₂ 的重要来源,研究表明,温度是寒温带针叶林生态系统土壤呼吸作用的主要调控因子,对温度的敏感性随纬度升高而增加,根系和凋落物与土壤呼吸作用表现出相似的空间变异性。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201209041251

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.

Li Y B, Ding P, Huang C M, Jiang P P, Lu S Y. The crude protein content of main food plants of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in Fusui, Guangxi, China. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(23): 7390-7398.

广西扶绥黑叶猴的主要食源植物及其粗蛋白含量

李友邦¹, 丁平^{2,*}, 黄乘明³, 蒋萍萍², 陆施毅¹

(1. 广西师范大学生命科学学院, 桂林 541004; 2. 浙江大学生命科学学院, 杭州 310058;

3. 中国科学院动物研究所, 北京 100101)

摘要: 食物的营养物质是影响动物食物选择的生态因子。研究动物食物的营养组成及其对野生动物取食的影响对野生动物的保护具有重要的参考意义。为了研究喀斯特环境中食物粗蛋白对黑叶猴食物选择的影响, 2006 年 1—12 月在广西扶绥自然保护区, 采用焦点动物取样法和连续记录法研究了片断化栖息地中黑叶猴的觅食行为, 同时采集黑叶猴取食部位样本共 40 种 190 份, 用凯氏定氮法测量其粗蛋白含量。结果表明, 黑叶猴取食的食物包括嫩叶、成熟叶、花、果和种子等部位; 食源植物的生活型包括了乔木、灌木、藤本和草本。食物的平均粗蛋白含量为 12.7%, 有明显的季节性变化。4 月份样品的月平均粗蛋白含量全年最高, 高达 19.1%, 而最低在 6 月份, 仅为 5.4%。食物的粗蛋白含量在前半年和后半年之间没有显著的差异 ($z = -1.28, P = 0.20$), 在雨季和旱季之间亦无差异 ($z = -1.22, P = 0.22$); 不同食源植物部位的平均粗蛋白含量不同, 嫩叶的年平均粗蛋白含量最高, 为 13.7%, 其次是成熟叶和花, 分别是 13.0% 和 12.1%, 果实最低, 仅为 9.6%; 不同生活型的食源植物粗蛋白含量不同, 藤本的粗蛋白含量最高, 为 14.1%, 草本的最低, 仅为 10.1%, 乔木和灌木分别是 11.3%。不同食源植物的取食时间与其粗蛋白含量没有显著的相关关系 ($P > 0.05$), 粗蛋白含量不是影响黑叶猴取食的主要因素。

关键词: 黑叶猴; 粗蛋白; 食物选择; 影响因子

The crude protein content of main food plants of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in Fusui, Guangxi, China

LI Youbang¹, DING Ping^{2,*}, HUANG Chengming³, JIANG Pingping², LU Shiyi¹

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

2 College of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

3 Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract: Various factors including nutrients impact the food selection of animals. The studies of food nutrient and its influence on animal's food selection have important implication to the ex-situ conservation of wildlife since we need to know how much nutrients they need for their survival and reproduction in captivity conditions. In order to determine the food crude protein content and the influence on food selection of animal in karst habitat, we studied the feeding behavioral of a group of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in a severely fragmented habitat from January to December 2006 in Fusui County, Guangxi, China via focal animal sampling and continuous recording technique. In total 190 food samples belonging to 40 species were collected, the monthly food samples ranging from 9 in October to 25 in January and February. In January to March 2007 the crude protein content of the samples were determined by KJ9830 Kjeldahl. The results showed that langurs used immature leaves through out the year, while mature leaves, flowers, fruits and seeds were seasonally used. The life forms of the foods included tree, shrub, liana and herbage. Herbage was seasonally used and the other food items from

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (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项目 (1001Z16)

收稿日期: 2012-09-04; **修订日期:** 2013-03-04

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: dingping@zju.edu.cn

other three life forms were used all the seasons. The total averaged food crude protein content was 12.7%, the monthly food crude protein content ranged from 19.1% in April to 5.4% in June. There was no significant difference between the crude protein content of the first half year and the second half year ($z = -1.28$, $P = 0.20$), nor did rainy season and drought season ($z = -1.22$, $P = 0.22$). The crude protein content varied with food items, immature leaves had the highest crude protein content of 13.7%, followed by mature leaves and flowers, accounting for 13.0% and 12.1%, respectively. Fruits had the lowest crude protein content, only accounting for 9.6%. Among the crude protein content of life forms, lianas had the largest crude protein content of 14.1%, trees and shrubs had the second crude protein content of 11.3%, respectively, and herbage had the lowest crude protein content of 10.1%. The spearman correlation test showed that there were no significant correlation between feeding duration of food items and their corresponding crude protein content ($P > 0.05$). It suggested therefore that the crude protein content of food items was not the factor influencing the food selection of langurs in the habitat. Both physiological and behavioural factors may contribute to the crude protein requirement and intake in leaf-eating langur, which need further research.

Key Words: *Trachypitecus francoisi*; crude protein; food selection; impact factor

灵长类学的重要任务是阐明影响灵长类丰富度、多样性、生活史和行为的生态因子^[1],灵长类必须在适宜的生境和社会条件下获得足够的营养才能进行繁殖等活动,营养生态是研究这些问题的核心之一^[2]。食物的营养物质包括蛋白质(Protein)、碳水化合物(Carbohydrate)、脂类(Lipids)等^[3],其中蛋白质被认为是动物生长、繁殖、身体功能调节等必不可少的成份^[4-5],怀孕期、哺乳、受胁迫和患病的个体对蛋白质需求量会更高一些^[5]。目前,关于蛋白含量对灵长类食物选择有两种观点:(1)蛋白质对灵长类的食物选择有重要的影响,如蛋白含量对疣猴类(Colobines)的取食产生强有力的影响,是影响它们食物选择的基本因素^[6-7];约翰叶猴(*Presbytis johnii*)对蛋白质含量在 15% 左右的叶子具有很强的选择性^[8],白头叶猴(*Trachypitecus leucocephalus*)则选择粗蛋白含量在 9.3%—29.5% 左右的植物为食^[9]。(2)食物蛋白含量不是影响灵长类取食的因素。在越南 Van Long 自然保护区典型喀斯特环境中,食物粗蛋白不是影响德氏叶猴(*T. delacouri*)取食的因素^[10];在麻阳河自然保护区,黑叶猴(*T. francoisi*)冬季食物选择也不受粗蛋白含量的影响^[11]。

黑叶猴是中国西南部广西、贵州、重庆和越南北部喀斯特石山特有的珍稀灵长类动物^[12],是我国的 I 级重点保护野生动物,在 IUCN 红色名录中被列为濒危种(EN)。到目前为止,针对野生黑叶猴食物选择做了不少的研究^[11, 13-18]。

与其他灵长类研究相比,关于黑叶猴食物粗蛋白含量及其对黑叶猴取食的影响仅在冬季开展过^[11],而食物粗蛋白含量的季节性变化及其对黑叶猴食物选择的影响尚未开展。由于黑叶猴以叶为主要食物^[15-18],叶含有的营养物质和能量较低^[3],因此,为了获得足够的营养物质,黑叶猴对食物的选择会基于某一类营养物质的含量而选择。鉴于此,测定了不同季节食物部位粗蛋白含量,研究食源植物的食物粗蛋白含量是否影响黑叶猴的食物选择。

1 研究地点、对象和方法

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耕地所隔离的石山(107°50'E, 45'N),面积约为 25.7 hm²。该地点为典型的石灰岩山地,属亚热带季风气候区,可明显地分为雨季和旱季。雨季为 5—9 月,旱季为 10 月到翌年 4 月^[16, 18]。

研究期间平均温度为 24.8℃,月平均温度在 15.2℃至 25.5℃之间,平均温度在 9 月份最高。植被类型主要以灌丛为主,缺少高大的乔木^[19],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。

研究对象是一群黑叶猴,这群黑叶猴在 1999 年是 4 只,到 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大小为 4 只猴(3 只成年♀与 1 只成年♂)。

1.2 食物种类和部位

2006 年 1 月—12 月野外观察总共为 93d。野外观察采用焦点动物取样法和连续记录法^[20]跟踪观察黑叶猴的觅食行为。

每个月的前 8d 直接观察和记录黑叶猴的觅食行为。早上猴群离开夜宿的石洞开始观察记录直到猴群回到夜宿的石洞为止。在记录时随机选择一个成年个体作为焦点动物,在预先打印好的表格上记录它取食的种类、部位和时间。记录时间为 5min,即 5min 内焦点动物取食的种类、部位和时间,相邻的取食取样间隔为 10min。黑叶猴由于研究地点的植被主要由灌木组成,因此借助尼康长焦望远镜(Nikon Fieldscope ED 82, 25-75X Zoom, Japan)可在山脚下清楚地观察猴群所取食的种类、取食部位,甚至叶子的形状等。如果植物不能当场识别,采集食物样本并保存,带回实验室请植物学专家对标本进行鉴定。

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^[21]。根据黑叶猴取食的种类和部位,猴群离开后,采集猴群取食的相应样品。但如果猴群取食的植物在难于到达的悬崖上时,采用 Chapman 等的方法,从几棵相同种类的植物上采集相同的部位放一起以获得较为准确的估计^[21]。据此,如果黑叶猴取食的植物在悬崖上而无法到达时,在悬崖附近 3 个同种植物不同个体上采集大致相等的样品混合,以获得较准确的估计。采得的样品在自然条件下干燥(主要是太阳晒干),用塑料封口袋暂时保存,按不同月份做好记录。如果植物不能当场识别,采集并制作一份干制标本,带回实验室请植物学专家对标本进行鉴定。每个月观察结束后实验室在 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,然后放入密封的塑料带中备用。

野外观察过程中,有些种类被黑叶猴取食,但它们在本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,而不在悬崖上植株很少开花或花量太少,所采集到的量太小而无法分析其粗蛋白。这些种类数据不参与统计分析。野外取样共取得食源植物样本 40 种 190 份(表 1),包括成熟叶 26 份、嫩叶 124 份、花 15 份、果 22 份、种子 2 份和树皮 1 份;其中 52 份乔木植物,60 份灌木、64 份藤本和 14 份草本。

1.3 粗蛋白含量的测定

粗蛋白含量的测定参照夏末铭等^[22],基本过程包括:在分析天平(AR1140/C)上准确称量 1g 粉沫样品放进消煮管(Φ40mm),加入 10mL 浓硫酸和 4g 混合催化剂(硫酸铜:硫酸钾为 1:3),置于通风橱内的消煮炉(KXL-1010)上消煮,直至溶液变澄清时停止消煮。待消煮管内的混合液冷却后加 10mL 蒸馏水稀释,在凯氏定氮仪(KDY-9830)测定粗蛋白含量。每份样本做 3 个平行实验,取其平均值,粗蛋白含量用占干物质的百分含量表示。

表 1 野外观察天数和采集的食物样本数

Table 1 Monthly field observation duration and food samples

项目 Item	月份 Month												总计 Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
观察天数 Duration/d	8	10	9	12	7	8	7	8	7	6	6	5	93
食物样本数 Sample number	25	25	21	18	14	11	10	18	10	9	11	18	190
采集种类 Species sampled	9	17	15	11	10	7	12	8	8	5	9	14	40

1.4 数据处理

食物部位和各生活型的定义请参考李友邦等^[18]。黑叶猴对某种食物的取食量用取食该种食物的时间占所有取食时间的百分率表示。

在同一月份内,不同种类同一部位(成熟叶、嫩叶、花、果等)的平均值则代表该部位的月平均粗蛋白含量,不同月份同一部位的粗蛋白在全年进行平均,代表该部位总的粗蛋白含量。同理可以计算各生活型植物

(乔木、灌木、藤本和草本)的月平均粗蛋白含量和总的粗蛋白含量。对同一物种不同部位的粗蛋白含量进行平均,用这个值来代表该物种当月粗蛋白含量;然后把当月所有取食的种类的粗蛋白含量进行平均,平均值代表该月食物的粗蛋白含量,再各个月进行平均,得到总的粗蛋白含量。

采用 Spearman 相关分性析以确定食物粗蛋白含量和取食比例的关系;采用 Mann-Whitney U 检验比较两组数据之间的差异是否显著。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 主要食源植物

野外观察并能够采集到足够的样本进行分析的种类共 40 种(表 2)。不同的食物取食的时间不一样。其中每个季节均取食用的种类有朴树(*Celtis tetrandra*)和潺槁树(*Litsea glutinosa*),取食这两种植物的时间占总取食时间 29.09%。另外一些只在某些月份取食,所占的比例非常低,仅在 0.01% 左右。

表 2 黑叶猴主要食源植物的取食比例和粗蛋白含量

Table 2 Feeding proportion and crude protein content of main food plants of François' langur in Fusui

种名 Species	科名 Family	生活型 Life form	取食部位 Part used	取食比例 Proportion /%	粗蛋白含量 Mean CP /%
朴树 <i>Celtis tetrandra</i>	榆科 Ulmaceae	灌木	YL, ML	15.32	10.33
潺槁树 <i>Litsea glutinosa</i>	樟科 Lauraceae	灌木	YL, ML	13.77	10.17
单枝竹 <i>Moncladus saxatilis</i>	禾本科 Poaceae	草本	Fl, S	12.37	12.68
细叶槲木 <i>Pistacia weinmannifolia</i>	漆树科 Anacardiaceae	灌木	YL, Fr	7.46	13.04
海桐 <i>Pittosporum glabratum</i>	海桐花科 Pittosporaceae	灌木	YL	6.24	9.47
清风藤 <i>Sabia japonica</i>	清风藤科 Sabiaceae	藤本	YL	5.79	19.94
华四粉块藤 <i>Secamone sinica</i>	萝藦科 Asclepiadaceae	藤本	YL, S	4.40	13.79
苍白称钩风 <i>Diploclisia glaucescens</i>	防己科 Menispermaceae	藤本	YL	3.33	15.16
石山榕 <i>Ficus harmandii</i>	桑科 Moraceae	乔木	Fr	3.32	12.94
匙羹藤 <i>Gymnema sylvestre</i>	萝藦科 Asclepiadaceae	藤本	YL	3.14	3.80
小叶榕 <i>Ficus coninna</i>	桑科 Moraceae	乔木	YL, Fr	2.77	8.39
穿破石 <i>Cudrania cochinchinensis</i>	桑科 Moraceae	灌木	YL, ML	2.63	15.37
大叶榕 <i>Ficus auriculata</i>	桑科 Moraceae	乔木	YL, Fr	2.24	11.02
紫龙树 <i>Apodytes cambodiana</i>	茶茱萸科 Icacinaceae	灌木	YL, Fl	1.55	22.48
斜叶榕 <i>Ficus tinctoria</i>	桑科 Moraceae	乔木	Fr	1.49	6.71
黄葛树 <i>Ficus virens</i>	桑科 Moraceae	乔木	YL	1.33	4.80
古钩藤 <i>Cryptolepis buchananii</i>	萝藦科 Asclepiadaceae	藤本	YL	1.14	4.9
石岩枫 <i>Mallotus repandus</i>	大戟科 Euphorbiaceae	藤本	YL	0.99	4.50
兔丝子 <i>Cuscuta chinensis</i>	旋花科 Convolvulaceae	藤本	St	0.91	7.70
美丽胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i>	蝶形花科 Papilionaceae	灌木	YL	0.90	7.72
假鹰爪 <i>Desmos chinensis</i>	番荔枝科 Annonaceae	灌木	Fr	0.90	12.16
广西马兜铃 <i>Aristolochia kwangsiensis</i>	薯蓣科 Dioscoreaceae	藤本	YL	0.86	20.20
小叶山柿 <i>Diospyros dumetorum</i>	柿树科 Ebenaceae	灌木	YL	0.49	23.48
异叶楸 <i>Stereospermum colais</i>	紫葳科 Bignoniaceae	灌木	YL	0.41	15.03
亮叶鱼藤 <i>Derris fordii</i>	蝶形花科 Papilionaceae	藤本	YL	0.34	11.97
小叶黑面神 <i>Breynia vitisidaea</i>	大戟科 Euphorbiaceae	灌木	YL, Fr	0.32	11.38
牛甘果 <i>Phyllanthus embalia</i>	大戟科 Euphorbiaceae	灌木	YL, Fr	0.31	14.56
紫麻 <i>Oreocnide frutescens</i>	荨麻科 Urticaceae	灌木	YL	0.20	3.49
小欏树 <i>Boniodendron minus</i>	无患子科 Sapindaceae	灌木	YL	0.18	4.43
细圆藤 <i>Pericampylus glaucus</i>	防己科 Menispermaceae	藤本	YL	0.09	20.11
菝葜 <i>Smilax china</i>	菝葜科 Smilacaceae	藤本	YL, St	0.04	19.62
千层纸 <i>Oroxylum indicum</i>	紫葳科 Bignoniaceae	乔木	YL	0.03	24.06

续表

种名 Species	科名 Family	生活型 Life form	取食部位 Part used	取食比例 Proportion /%	粗蛋白含量 Mean CP /%
豆梨 <i>Pyrus calleryana</i>	蔷薇科 Rodaceae	灌木	YL, Fl	0.01	9.02
崖棕 <i>Guihaia argyrate</i>	棕榈科 Palmaceae	灌木	YL, Fr	0.12	9.73
白桂木 <i>Artocarpus hypargyrea</i>	桑科 Moraceae	乔木	YL	2.24	6.96
白腊树 <i>Fraxinus chinensis</i>	木犀科 Oleaceae	乔木	YL	0.01	6.96
铁线莲 <i>Clematis loureiriana</i>	毛茛科 Ranunculaceae	藤本	YL	0.03	15.93
蛇葡萄 <i>Ampelopsis heterophylla</i>	葡萄科 Vitaceae	藤本	YL	0.01	8.01
尖山橙 <i>Melodinus fusiformis</i>	夹竹桃科 Apocynaceae	藤本	YL	0.01	4.10
裂果卫矛 <i>Euonymus dielsiana</i>	卫矛科 Celastraceae	藤本	YL	0.01	12.05

CP: Crude protein; YL:嫩叶 young leaves; ML:成熟叶 mature leaves; Fl: 花 flowers; Fr: 果 Fruits; St: 茎 Stem; S: 种子 seeds

在各食物部位中,叶占有最大的比例,高达 70.6%,其中嫩叶和成熟叶分别占 58.5%和 12.1%;其余食物部位的取食时间依次为果 12.1%、种子 10.6%、花 4.3%和茎 2.4%。黑叶猴的食物生活型包括了乔木 8 种,灌木 16 种、藤本 15 种和草本 1 种。取食灌木的时间所占的比例最高,达 50.81%,其次是藤本植物占 21.09%,取食乔木和草本的时间分别占 13.43%和 12.37%。

2.2 食物的平均粗蛋白含量

黑叶猴食物粗蛋白含量平均为 12.7% (SD = 5.1),在各月份间变化较大。4 月份食物粗蛋白的平均含量最高,达 19.1% (SD = 6.9),其次为 3 月,其粗蛋白含量达 15.7% (SD = 6.9)。平均粗蛋白含量最低为 6 月,其含量仅为 5.4% (SD = 4.1)。其他各月份食物粗蛋白含量如图 2。上半年(1—6 月)食物的平均粗蛋白与下半年(7—12 月)没有显著的差别($z = -1.28$, $P = 0.20$),雨季和旱季间也有没有显著的差别($z = -1.22$, $P = 0.22$)。

2.3 不同食物部位的粗蛋白含量

不同食物部位的年平均粗蛋白含量不同。嫩叶具有最高的平均粗蛋白含量,达 13.7% (SD = 5.6),其次为成熟叶 13.0% (SD = 5.6),花的粗蛋白含量为 12.1% (SD = 5.2),占第三位。果实的粗蛋白含量最低,仅 9.6% (SD = 5.9)。各食物部位粗蛋白含量有季节性变化,在某些月份,有些食物部位不被取食,图中的曲线不连续(图 2)。嫩叶平均粗蛋白含量最高在 4 月份,其粗蛋白含量超过了 20.0%,6 月份最低,仅 3.4%。成熟叶在 5 月份具有最高的粗蛋白含量,为 19.0%,其次是 3 月份,为 18.8%。6 月、9 月份食物粗蛋白含量分别只有 1.1%、3.3%。除 7 月份外,果实在其他 11 个月均被取食,其平均粗蛋白含量在 24.8% (1 月份)和 15.4% (2 月份)之间变化。

2.4 不同生活型食物粗蛋白含量

不同生活型食物粗蛋白含量不同。从全年来看,藤本类食物粗蛋白含量最高,达到 14.1% (SD = 11.32),乔木和灌木类次之,均为 11.3% (SD = 7.79),草本的相对较低,为 10.1% (SD = 5.09)。各生活型食物的粗蛋白含量在各个月之间有明显的季节性变化(图 3)。乔木的平均粗蛋白含量在 18.9% (4 月份)和 3.6% (1 月和 6 月)之间变动。灌木的月平均粗蛋白含量 5 月最高,为 18.4%,最低是 7 月,仅为 2.8%,除此之外,相对较低的还有 9 月(4.2%)。4 月份藤本类食物平均粗蛋白含量高达 20.9%,而在最低的月份仅为 2.8% (9 月份)。两者相差近 10 倍。黑叶猴在 6 月份和 11 月份不取食草本类食物。草本样品月平均粗蛋白含量最高的是 5 月

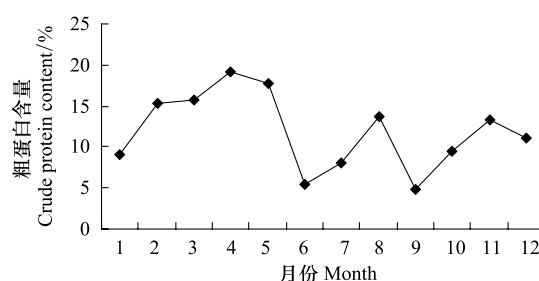


图 1 黑叶猴食物平均粗蛋白含量及其季节性变化

Fig.1 Monthly variation of the mean crude protein content of François' langur

份,为 23.4%,超过 10%的有 3 月份(10.1%)、7 月份(20.8%)和 8 月份(13.6%),其它月份的均在 10% 以下。

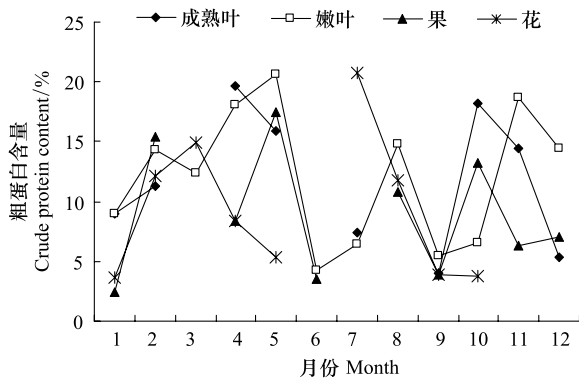


图2 黑叶猴不同部位平均粗蛋白含量的季节性变化
Fig.2 Seasonal variation of the mean crude protein content in plant parts

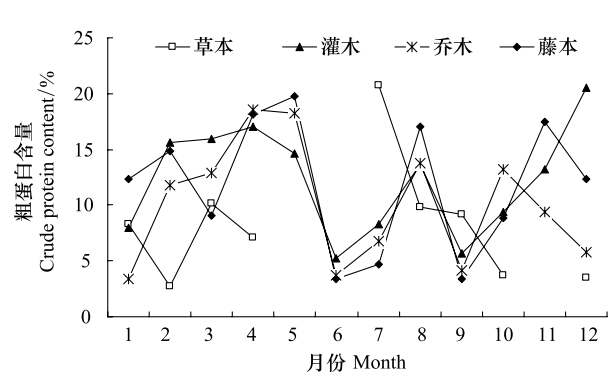


图3 黑叶猴食物不同生活型平均粗蛋白含量及其季节性变化
Fig.3 Mean crude protein content of different life form and their seasonal variation

2.5 食物粗蛋白对食物选择的影响

从全年来看,食物粗蛋白含量与取食比例没有显著的相关关系($r_s=0.04$, $P=0.82$),各月份黑叶猴取食该种类的时间与其粗蛋白含量没有显著的相关关系($P>0.05$)(表 3)。

表 3 黑叶猴各月取食比例与食物种类粗蛋白含量的相关关系
Table 3 Spearman correlation between crude protein content and feeding duration

月份 Month	相关系数 r_s Coefficient	P	取食种类 Species used	月份 Month	相关系数 r_s Coefficient	P	取食种类 Species used
1	0.13	0.73	9	7	0.78	0.06	12
2	-0.28	0.34	17	8	0.49	0.81	8
3	0.10	0.73	15	9	0.02	0.96	8
4	-0.34	0.29	11	10	-0.44	0.18	5
5	-0.18	0.59	10	11	0.49	0.15	9
6	0.61	0.15	7	12	0.23	0.37	14

3 讨论

不同疣猴的食物粗蛋白含量差别较大。东黑白疣猴(*Colobus guereza*)取食的叶子平均粗蛋白含量约占干重的 23%^[7],长尾叶猴(*Semnopithecus entellus*)食物的粗蛋白在 10%—16%间波动^[23]。在典型的喀斯特环境下,广西崇左白头叶猴(*T. leucocephalus*)取食种类的平均粗蛋白含量为 16.6%(9.3%—29.5%)^[9],越南德氏叶猴(*T. delacouri*)取食种类的平均粗蛋白含量更低,仅占干重的 12%左右^[10]。本研究显示扶绥黑叶猴食物平均粗蛋白含量为 12.7%,这与越南德氏叶猴的研究结果非常接近。

黑叶猴通过一定的行为方式获得身体所需要的粗蛋白。黑叶猴选择性地取食嫩叶,其比例高达 58.5%,在所有的食物部位中,嫩叶有最高的粗蛋白含量(平均粗蛋白含量达 13.7%);同时,在植物生活型的选择上,它们取食含粗蛋白较高的藤本和灌木植物的种类(共计 31 种),占有种类的 77.5%,而且,它们取食较多的种类,如清风藤 *Sabia japonica* 和苍白称钩风 *Diploclisia glaucescens* 都有较高的粗蛋白含量。

但在整体上,黑叶猴取食某种食物的比例与其粗蛋白含量没有显著的相关关系($P>0.05$)(表 3),这与如下几个因素有关。

(1) 目前一般认为灵长类生长速度慢,所需要的蛋白质相对较低,不需要高蛋白食物^[24]。灵长类动物食物蛋白含量为干物质的 7%—11%时,基本能够满足灵长类的生存需要,蛋白含量占食物干重的 14%左右能维持灵长类种群的繁殖^[24]。同时,与其他灵长类相比,叶猴具有扩大的囊状胃,其功能像反刍动物^[25]。叶猴

的氮代谢极有可能有类似于反刍动物的特殊的瘤胃——肝脏的氮循环,即在该氮循环中,除了正常的氮代谢之外,瘤胃吸收的含氮物质在肝脏中合成尿素,部分尿素随尿排出体外,另一部分通过唾液腺或血液循环回到瘤胃,再次被合成蛋白质^[26]。在笼养条件下,黑叶猴可以获得充足的水分,通过尿液排出的含氮物质可能会相对较多;而在本研究区域内,黑叶猴大部分时间只通过食物获得水分^[27],排出的含氮化合物可能相对较低,对蛋白质的利用率可能相对较高。有研究表明,笼养条件下黑叶猴日均摄入总氮(粗蛋白)为 0.896g/kg,氮的消化率约为 92.9%^[28],即黑叶猴个体平均每天需要粗蛋白量为 0.83g/kg。虽然在野生状态下,黑叶猴取食量的研究还未开展,但笼养黑叶猴个体日取食干物质为 $(249.50 \pm 16.8) \text{ g}$ ^[29]。若以笼养的摄食量计算,黑叶猴平均每天获得粗蛋白约为 31.7g(粗蛋白占 12.7%),即使在平均粗蛋白含量最低(5.4%)的月份,它们日摄入粗蛋白约为 9.7g。黑叶猴体重为 2.7—8.3kg^[30],获得的粗蛋白量约 1.2—3.6g/kg。因此,野生黑叶猴平均摄入的粗蛋白能够满足其生长的需要。

(2) 栖息地特征影响研究群对粗蛋白的选择。扶绥黑叶猴栖息地是一个严重片段化的栖息地环境。在片段化的栖息地中乔木减少,代之以藤本植物和幼树^[31]。由于光热条件的改变和人为的选择性砍伐,在扶绥黑叶猴的栖息地中,植被以藤本植物、幼树和灌木成为主^[32]。在各植物生活型中,藤本和灌木植物的季节性不明显,各季节均有嫩叶^[33-34];而且,由于水热条件的变化,在边缘地带植物的叶子比栖息地内部的同种植物的叶子有更高的营养,更易消化^[35],所以黑白疣猴更喜欢利用边缘地带以获得高营养的食物,在这些地带疣猴具有更高的生物量^[36]。相对于其他类型的栖息地,由于喀斯特生境的脆弱性,片段化的喀斯特栖息地受到选择性的砍伐以后,其边缘效应更显著^[37]。因此,黑叶猴有更多、来源更稳定且含蛋白较高的食物可供取食。

(3) 黑叶猴食物的特殊需求可能也影响对粗蛋白的选择。在黑叶猴主要食源植物中,有些种类的粗蛋白含量远低于灵长类维持所需要的最低水平(表 2),黑叶猴取食这些种类可能有特殊的目的。有文献指出,灵长类有自我治疗(self-medication)的行为,它们取食的一些食物种类含有一些特殊的成份,能够治疗动物的某些疾病或中和食物中某些有毒成份,这些成份对灵长类来说比营养物质具有更高的价值^[38]。黑叶猴取食的很多种植物具有中药活性,如偶食植物尖山橙 *Melodinus fusiformis*, 化学成份非常复杂,具有不同的生理活性^[39];其次,越来越多的研究表明,灵长类选择食物不仅仅是针对某一类营养,它们选择食物除了含有动物所需要的蛋白质、脂肪和淀粉这些主要的物质,还含有微量元素和维生素^[3],而且还要在食物营养和次生化物质间权衡^[21]。可能因为相同的原因,蛋白质不是衡量黑叶猴对食物的选择的指标,还要参照食物其他营养成分如脂肪、淀粉、微量元素和维生素等,甚至要结合黑叶猴取食种类和拒食植物的各种感官特征(视觉上颜色,嗅觉上的气味,味觉上的味道等),从而进行更全面的分析研究。

致谢:扶绥自然保护区管理处和李崇林对工作提供帮助,广西师范大学本科生李凤、梁福志、江祖晖等参加了部分研究工作,在此一并表示感谢。

References:

- [1] Rothman J M, Chapman C A, Van Soest P J. Methods in primate nutritional ecology: A user's guide. *International Journal of Primatology*, 2012, 33(3): 542-566.
- [2] Cameron J L. Regulation of reproductive hormone secretion in primates. *Reproduction*, 1996, 1, 117-126.
- [3] Richard A F. *Primate in nature*. New York: W. H. Freeman and Company, 1985.
- [4] Munro H N. Evolution of protein metabolism in mammals// Munro H N. *Mammalian protein metabolism*. New York: Academic Press, 1969, 133-182.
- [5] Committee on Animal Nutrition, Ad Hoc Committee on Nonhuman Primate Nutrition, Board on Agriculture and Natural Resources, Division on Earth and Life Studies. *Nutrient requirements of nonhuman primates (Second revised edition)*. Washington D. C: the National Academies Press, 2003.
- [6] Kirkpatrick R C. The Asian colobines: diversity among leaf-eating monkeys// Campbell C J, Fuentes A, MacKinnon K C, Panger M, Bearder S K. *Primates in perspective*. New York: Oxford University Press, 2007, 186-200.
- [7] Fashing P J, Dierenfeld 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. *International Journal of Primatology*, 2007, 28(3): 673-703.
- [8] Oates J F, Waterman P G, Choo G M. Food selection by the south Indian leaf-monkey *Presbytis johnii* in relation to leaf chemistry. *Oecologia*, 1980, 45: 45-56.
- [9] Tang Z. The research on feeding biology and nutrition analysis of the white-headed leaf monkey (*Trachypithecus leucocephalus*). Guilin: Guangxi Normal University, 2004.
- [10] Workman C. The foraging ecology of the Delacour's langur (*Trachypithecus delacouri*) in Van Long Nature Reserve, Vietnam. Durham: Duke University, 2010.
- [11] Li W, Guo A W, Wang B, Liu N, Hu G. Nutritional contents of winter food and its influences on food choice of François' langur at Mayanghe Nature Reserve. *Acta Theriologica Sinica*, 2010, 30 (2): 151-156.
- [12] Brandon-Jones D, Eudey A A, Geissmann T, Groves C P, Melnick D J, Morales J C, Shekelle M, Stewart C B. Asian primate classification. *International Journal of Primatology*, 2004, 25 (1): 97-164.
- [13] Hu G. Dietary breadth and resource use of François' langur in a seasonal and disturbed habitat. *American Journal of Primatology*, 2011, 73: 1176-1187.
- [14] Luo Y, Chen Z R, Wang S X. Observations on the food habit of *Presbytis francoisi*, in Mayanghe Region, Guizhou Province. *Chinese Journal of Zoology*, 2000, 35 (3): 44-49.
- [15] Huang Z H, Huang C M, Zhou Q H, Wei H, Meng YJ. Diet and the seasonal changes of the François' langur (*Trachypithecus francoisi*). *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30 (20): 5501-5508.
- [16] Zhou Q H, Cai X W, Huang C M, Li Y B, Luo Y P. Feeding activity of François' langurs in karst habitat. *Acta Theriologica Sinica*, 2007, 27: 243-248.
- [17] Zhou Q H, Wei F W, Li M, Huang C M, Luo B. Diet and food choice of the François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in the Nonggang Nature Reserve, China. *International Journal of Primatology*, 2006, 27(5): 1441-1460.
- [18] 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.
- [19] Huang C M, Zhou Q H, Li Y, Cai X W, Wei F W. Activity rhythm and diurnal time budget of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in Guangxi, China. *Acta Theriologica Sinica*, 2006, 26 (4): 380-386.
- [20] Martin P, Bateson P. Measuring behavior: an introductory guide. Cambridge: Cambridge University Press, 1986, 84-100.
- [21] Chapman C A, Chapman L J, Rode K D. Variation in the nutritional value of primate foods: among trees, time periods, and areas. *International Journal of Primatology*, 2003, 24 (2): 317-333.
- [22] Xia M M, Xue Z D, Ren J C. Comparison of methods for analysing food of *Budorcas taxicolor*. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2006, (5): 55-56.
- [23] Hladik C M. Adaptive Strategies of Primates in relation to leaf-eating// Montgomery G G. The ecology of arboreal folivores. Washington D C: Smithsonian Institution Press, 1978, 373-395.
- [24] Oftedal O T. The nutritional consequences of foraging in primates: the relationship of nutrient intakes to nutrient requirements. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B-Biologic Series*, 1991, 334: 161-170.
- [25] Ye Z Z, Pen Y Z, Wang H, Pan R L. The anatomy of leaf monkey// Ye Z Z. Biology of leaf monkey (*Presbytis*). Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 1993, 178-194.
- [26] Bauchop T. Digestion of leaves in vertebrate arboreal folivores// Montgomery G G. The ecology of arboreal folivores. Washington D C: Smithsonian Institution Press, 1978, 193-204.
- [27] Huang X H, Li Y B, Huang C M, Huang Z H, Zhou Q H. Food water content of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in Fusui Reserve. *Journal of Sichuan Normal University*, 2010, 33: 243-246.
- [28] Yan Y. The nutritional requirement of François' langur// Ye Z Z. Biology of leaf monkey (*Presbytis*). Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 1993, 551-565.
- [29] Hu Y L, Huang C M, Que T C, Li Y B, Zhou Q H. Research on food quantity of François langur (*Trachypithecus francoisi*) in captivity. *Journal of Guangxi Normal University*, 2005, 23 (2): 81-85.
- [30] Pan Q H, Wang Y X, Yan K. A field guide to the mammals of China. Beijing: China Forestry Publishing House, 2007, 93.
- [31] Laurance W F, Laurance S G, Ferreira L V, Rankin-de Merona J M, Gascon C, and Lovejoy T E. Biomass collapse in Amazonian forest fragments. *Science*, 1997, 278: 1117-1118.
- [32] Huang C M, Wei X S, Zhou Q H, Li Y B, Huang Z H. Effects of habitat quality on activity budgets of the François' langur (*Trachypithecus francoisi*). *Acta Theriologica Sinica*, 2007, 27: 338-343.

- [33] Li Y B, Huang X H, Wang L, Yang L L. Food choice of a group of François' langur in a fragmented habitat in Fusui, China. *Acta Theriologica Sinica* 2012, 32 (3): 209-215.
- [34] Chiarello A G. Primates of the Brazilian Atlantic Forest: the influence of forest fragmentation on survival// Marsh L.K. Primates in fragments-ecology and conservation. Kluwer Academic/Plenum Publisher, New York, 2003, 99-122.
- [35] Ganzhorn J U. Low-level forest disturbances effects on primary production, leaf chemistry, and lemur populations. *Ecology*, 1995, 76: 2084-2096.
- [36] Preece G A. Factors influencing variation in the population densities of *Colobus guereza* within selectively logged forest at the Budongo Forest Reserve: the importance of lianas during a subsistence diet // Newton-Fisher N E, Notman H, Paterson J D, Reynolds V. *Primate of Western Uganda*. Chicago: Springer, 2006, 23-44.
- [37] Yuan D X, Cai G H. The science of karst environment. Chongqing: Chongqing Publishing House, 1994.
- [38] Pebsworth P, Krief S, Huffman M A. The role of diet in self-medication among chimpanzees in the Sonso and Kanyawara Communities, Uganda// Newton-Fisher N E, Notman H, Paterson J D, Reynolds V. *Primate of Western Uganda*. Chicago: Springer, 2006, 105-134.
- [39] Wang D W, Luo X D, Jiang B. Chemical constituents in twigs and leaves of *Melodinus fusiformis*. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2012, 43 (4): 653-657.

参考文献:

- [9] 唐政. 白头叶猴的觅食生物学和营养分析. 桂林: 广西师范大学, 2004.
- [11] 李雯, 郭爱伟, 王彬, 吴安康, 刘宁, 胡刚. 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*, 2010, 30 (2): 151-156.
- [14] 罗杨, 陈正仁, 汪双喜. 贵州麻阳河地区 François' langur 的食性观察. *动物学杂志*, 2000, 35(3): 44-49.
- [15] 黄中豪, 黄乘明, 周岐海, 韦华, 蒙渊君. 黑叶猴食物组成及其季节性变化. *生态学报*, 2010, 30 (20): 5501-5508.
- [16] 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.
- [19] 黄乘明, 周岐海, 李友邦, 蔡湘文, 魏辅文. 广西扶绥黑叶猴活动节律和日活动时间分配. *兽类学报*, 2006, 26 (4): 380-386.
- [22] 夏末铭, 薛增迪, 任建存. 羚牛食物粗蛋白含量测定的方法比较. *陕西农业科学*, 2006, (5): 55-56.
- [28] 严晔. 黑叶猴的营养需要// 叶智彰主编. 叶猴生物学. 昆明: 云南科学技术出版社, 1993, 551-565.
- [29] 胡艳玲, 黄乘明, 阙腾程, 李友邦, 周岐海. 笼养黑叶猴 (*Trachypitecus francoisi*) 食物量的研究. *广西师范大学学报(自然科学版)*, 23 (2): 81-85.
- [30] 潘清华, 王应祥, 岩崐. 中国哺乳动物彩色图谱. 北京: 中国林业出版社, 2007.
- [25] 叶智彰, 彭燕章, 王红, 潘汝亮. 叶猴解剖// 叶智彰主编. 叶猴生物学. 昆明: 云南科学技术出版社, 1993, 178-195.
- [27] 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.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [37] 袁道先, 蔡桂鸿. 岩溶环境学. 北京: 地质出版社, 1994.
- [39] 王玓玮, 罗晓东, 姜北. 尖山橙枝叶化学成分研究中草药 2012, 43(4): 653-657.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.23 Dec., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Ozone uptake at the canopy level in *Robinia pseudoacacia* in Beijing based on sap flow measurements WANG Hua, OUYANG Zhiyun, REN Yufen, et al (7323)
- Genetic impact of swimming crab *Portunus trituberculatus* farming on wild genetic resources in Haizhou Bay DONG Zhiguo, LI Xiaoying, ZHANG Qingqi, et al (7332)
- The effect of soil salinity to improve the drought tolerance of arrowleaf saltbush TAN Yongqin, BAI Xinfu, HOU Yuping, et al (7340)
- Effects of *Liriomyza huidobrensis* infestation on the activities of four defensive enzymes in the leaves of cucumber plants SUN Xinghua, ZHOU Xiaorong, PANG Baoping, et al (7348)

Autecology & Fundamentals

- Early effects of simulated nitrogen deposition on annual nutrient input from litterfall in a *Pleioblastus amarus* plantation in Rainy Area of West China XIAO Yinlong, TU Lihua, HU Tingxing, et al (7355)
- Relationship between nutrient characteristics and yields of tumorous stem mustard at different growth stage ZHAO Huan, LI Huihe, LÜ Huifeng, et al (7364)
- Decomposition rate and silicon dynamic of mulching residue under *Phyllostachys praecox* stands HUANG Zhangting, ZHANG Yan, SONG Zhaoliang, et al (7373)
- Effects of waterlogging on the growth and physiological properties of juvenile oilseed rape ZHANG Shujie, LIAO Xing, HU Xiaojia, et al (7382)
- The crude protein content of main food plants of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in Fusui, Guangxi, China LI Youbang, DING Ping, HUANG Chengming, et al (7390)
- Effects of nitrogen on photosynthetic characteristics and enzyme activity of nitrogen metabolism in maize under-mulch-drip irrigation GU Yan, HU Wenhe, XU Baijun, et al (7399)
- Ecotoxicological effects of exposure to PFOS on embryo and larva of zebrafish *Danio rerio* XIA Jigang, NIU Cuijuan, SUN Luyin (7408)
- Allelopathic effects of extracts from *Ulva prolifera* powders on the growth of *Prorocentrum donghaiense* and *Skeletonema costatum* HAN Xiurong, GAO Song, HOU Junni, et al (7417)
- Predation evaluation of *Diaphorina citri*'s (Homoptera: Chermidae) natural enemies using the CO I marker gene MENG Xiang, OUYANG Gecheng, XIA Yulu, et al (7430)
- Effect of volatiles from healthy or worm bored Korean pine on host selective behavior of *Dioryctria sylvestrella* and its parasitoid *Macrocentrus* sp. WANG Qi, YAN Shanchun, YAN Junxin, et al (7437)

Population, Community and Ecosystem

- Relationship between rhizosphere microbial community functional diversity and faba bean fusarium wilt occurrence in wheat and faba bean intercropping system DONG Yan, DONG Kun, TANG Li, et al (7445)
- Characteristics of soil fertility in different ecosystems in depressions between karst hills YU Yang, DU Hu, SONG Tongqing, et al (7455)
- Evaluation on carbon sequestration effects of artificial alfalfa pastures in the Loess Plateau area LI Wenjing, WANG Zhen, HAN Qingfang, et al (7467)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Effects of deep vertically rotary tillage on soil water and water use efficiency in northern China's Huang-huai-hai Region LI Yibing, PANG Huancheng, YANG Xue, et al (7478)

- Effects of landscape patterns on runoff and sediment export from typical agroforestry watersheds in the Three Gorges Reservoir area, China HUANG Zhilin, TIAN Yaowu, XIAO Wenfa, et al (7487)
- Land cover classification of Yancheng Coastal Natural Wetlands based on BP neural network and ETM+ remote sensing data XIAO Jincheng, OU Weixin, FU Haiyue (7496)
- Early responses of soil CH₄ uptake to increased atmospheric nitrogen deposition in a cold-temperate coniferous forest GAO Wenlong, CHENG Shulan, FANG Huajun, et al (7505)
- Temporal-spatial characteristics of soil respiration in Chinese boreal forest ecosystem JIA Bingrui, ZHOU Guangsheng, JIANG Yanling, et al (7516)
- Seasonal and interannual variability in soil respiration in wheat field of the Loess Plateau, China ZHOU Xiaoping, WANG Xiaoke, ZHANG Hongxing, et al (7525)
- Dynamics of atmospheric ammonia concentrations near different emission sources LIU Jieyun, KUANG Fuhong, TANG Aohan, et al (7537)
- Influence of residues and earthworms application on N₂O emissions of winter wheat ... LUO Tianxiang, HU Feng, LI Huixin (7545)
- Resource and Industrial Ecology**
- Ecological monitoring of the fish resources catching and stocking in Lake Tianmu basing on the hydroacoustic method SUN Mingbo, GU Xiaohong, ZENG Qingfei, et al (7553)
- Application of support vector machine to evaluate the eutrophication status of Taihu Lake ZHANG Chengcheng, SHEN Aichun, ZHANG Xiaoqing, et al (7563)
- Research Notes**
- Amount and dynamic characteristics of litterfall in four forest types in subtropical China XU Wangming, YAN Wende, LI Jiebing, et al (7570)
- Allelopathic effects of artemisinin on seed germination and seedling growth of vegetables BAI Zhen, HUANG Yue, HUANG Jianguo (7576)
- Nitric oxide participates symbiosis between am fungi and tobacco plants WANG Wei, ZHAO Fanggui, HOU Lixia, et al (7583)
- Mapping wildlife habitat suitability using kernel density estimation ZHANG Guiming, ZHU A'xing, YANG Shengtian, et al (7590)
- Effects of nitrogen fertilizer methods on the content of *Bacillus thuringiensis* insecticidal protein and yield of transgenic cotton MA Zongbin, LIU Guizhen, YAN Gentu, et al (7601)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 王德利

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 23 期 (2013 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 23 (December, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元