

云南龙马山滇金丝猴(*Rhinopithecus bieti*) 冬季食性分析

李学友^{1,2}, 杨士剑^{1,2,3}

(1. 生物能源持续开发利用教育部工程中心, 昆明 650092; 2. 云南师范大学生命科学学院, 昆明 650092;

3. 云南省生物质能与环境生物技术重点实验室, 昆明 650092)

摘要: 2006 年 11 月—2007 年 12 月, 对云南云龙县龙马山滇金丝猴 (*Rhinopithecus bieti*) 冬季食性进行了研究。采用粪便显微组织学分析技术分析龙马山滇金丝猴冬季采食植物的种类组成和比例, 并测定了该猴群主要取食的 15 种植物(包括两种松萝科植物)(取食食物百分比 > 1%) 和次要取食的 10 种植物(取食食物百分比 < 1%) 的化学成分。研究结果表明, 龙马山滇金丝猴冬季取食的植物共计 26 科 45 种, 其中云龙箭竹、长松萝、花松萝、实竹、空心箭竹分别占 19.78%、10.28%、8.37%、4.93%、4.46%, 是滇金丝猴冬季主要取食的植物种类, 占取食植物的 47.99%。木本植物和草本植物的叶是滇金丝猴的主要食物, 在冬季食物中所占百分比最高, 达 75%。冬季滇金丝猴比较喜欢采食 P/F 值较高、单宁含量较低的食物, 其主要食物比次要食物含有较高的 P/F 值和较低的单宁 ($P < 0.05$)。

关键词: 滇金丝猴; 食性; 粪便显微分析技术

中图法分类号: K871.11

文献标识码: A

文章编号: 1000-3193(2009) 04-0391-10

食性研究是了解野生动物与环境关系的重要内容之一, 是评估野生动物生境营养容纳量、生境质量评价、生境选择、建立最优取食模型和探讨种间关系等种群生态学问题的基础。在濒危动物保护和资源动物管理中, 食性研究一直是关注的热点^[1,2]。在温带地区, 冬季对植食性动物的存活是一个至关重要的时期^[3-5], 因为这时植食性动物的栖息地中植物的可利用性和质量都降到了最低点, 大风和积雪增加了其能量消耗, 导致植食性动物对能量摄取不足^[1,3]。因此, 对植食性动物冬季的食性研究具有特别重要的科学价值。

滇金丝猴 (*Rhinopithecus bieti*), 隶属于灵长目(Primates)、猴科(Cercopithecidae)、疣猴亚科(Colobinae)、仰鼻猴属(*Rhinopithecus*), 是我国特有灵长类之一, 也是我国国家一级重点保护野生动物, 为世界 25 种最濒危的灵长类之一(IUCN, 2004), 分布于金沙江和澜沧江间云岭山脉的一个狭小区域内(26°14' N—29°20' N), 整个分布区跨越 3 个纬度, 包括滇西北和藏东南 6 县: 西藏芒康、云南德钦、维西、丽江、兰坪和云龙^[6]。同时, 滇金丝猴也是为数不多的几种完全分布于温带^[7]、海拔分布最高、生境最严酷的灵长类之一^[6,8]。龙马山是滇金丝猴分布的最南端, 代表了一种极端生境, 因此在滇金丝猴的进化、行为和生态学的研究中有重要价值。

收稿日期: 2008-11-21; 定稿日期: 2009-05-20

基金项目: 云南省社会发展科技计划(2007C052M); 云南省教育厅科研基金(07Y11838); 中国国家自然科学基金(30160017)资助。

作者简介: 李学友(1984), 男, 硕士研究生, 主要从事保护生物学研究。E-mail: bioconservation@126.com

通讯作者: 杨士剑, bioearth@sina.com

然而,遗憾的是迄今对龙马山滇金丝猴的食性仅有霍晟对其食物组成作过研究^[9]。目前,对其他地区的滇金丝猴食性研究主要集中在以下 4 个方面:食物组成定量分析^[10,11];食物喜好性分析^[12,13];食物营养质量评价^[13]以及采食行为生态学研究^[14—16]。为了更好地理解龙马山滇金丝猴的生物学特性,我们于 2006 年 11、12 月,2007 年 1—3 月及 12 月,对该物种龙马山猴群的冬季食性进行了研究。

1 研究地区与方法

1.1 自然概况

研究地区选为云南省云龙县天池保护区龙马山片区,地理坐标为北纬 26°02'48"—26°14'16" 和东经 91°11'36"—99°17'15",与兰坪县毗邻,海拔 2260—3638.9m,面积 7845hm²。研究区年均温 8.81℃,最冷月(1 月)月均温 2.36℃,最热月(8 月)月均温 14.29℃。依据温度划分四季为:春季(3—5 月)月均温由 9.21℃ 升至 11.68℃;夏季(6—8 月)月均温由 13.46℃ 至 14.29℃;秋季(9—11 月)月均温由 11.99℃ 降至 5.02℃;冬季(12—翌年 2 月)月均温由 2.72℃ 至 3.99℃。龙马山滇金丝猴主要栖息地的植被成分复杂,呈不规律的条带状分布。海拔 2600m 以上大体可分为阴坡、半阴坡和阳坡、半阳坡两种类型。阴坡与半阴坡指高大山体的北坡、东北坡及部分被南侧山梁遮挡的东坡和西北坡,主要为针阔混交林或稀桦树灌木林,林下灌木与竹林发育充分,枯落物层较厚,自然枯倒木常见。树木由山谷至山顶生长茂盛,但未达及这一地区的树线(海拔 4000m 左右)。最常见树种为桦(*Betula* sp.)、白柯(*Lithocarpus dealbatus*)、杜鹃(*Rhododendron* sp.)、杉(*Pacea* sp.)。死灌木、死竹及树干漆黑的大树随处可见。地形复杂,悬崖遍布(平均坡度 40.5°),林下阴暗,通行困难;阳坡与半阳坡(山体的南坡、东南坡、西南坡及南北走向高大山体的上半部的东西坡)植被随海拔升高呈明显的条带状分布:由谷底至山顶分别为混交林、松林、草甸,树线为 3350 ±50m。另外,主山脊西侧分布有两大片矮栎林。由于地质构造上的原因,本地区大部分沟谷中的小溪水量很小,有些为季节性沟渠,有些只在一些地段露出地表^[9]。

1.2 研究方法

1.2.1 植物和滇金丝猴粪便的收集

2006 年 11、12 月,2007 年 1—3 月及 12 月,在滇金丝猴主要分布区内,根据新鲜食痕和粪便,记录两旁被滇金丝猴取食的植物种类、部位和长度、植物株数,并在附近设立 30m × 30m 的样方,记录样方内植物群落的物种组成,并采集样方内所有植物标本(尤其注意采集优势种)各两份。其中一份标本直接装在信封内,一份置于标本夹中,带回室内供物种鉴定;在野外跟踪滇金丝猴,直跟到其过夜地。确定其过夜地后,第二天早上到猴群体的过夜树下收集新鲜猴粪。为了保证猴粪的均匀性和代表性,分别在不同的过夜树下和不同的粪堆中选取干燥完整的猴粪,用吸水性较好的纸包好放入粪便收集盒内,并对采集点进行 GPS 定位,在卡片上标明采样日期、地点、海拔高度、生境特点及其它情况,随后将粪便样本干燥保存,带回实验室分析。本研究共采集到滇金丝猴粪便 84 堆 492 粒。

1.2.2 显微片的制备

从每个月的粪便样本中,随机取 10 粒混合,作为一个单独的分析样本。将采集到的植物和粪便样本在 60—70℃ 烘箱中烘 48h 至恒重,分别用筛孔为 1mm 植物粉碎机粉碎;粉

碎后的样本在 100 目 (0.15mm) 的分样筛中筛选, 取筛上样, 用解离液处理制片。取少量粉碎样(约 0.5g) 放入小烧杯中, 加 8ml—10ml 解离液(10% HNO₃ 和 10% H₂CrO₄ 1:1 混合液) 电炉上直接加热, 仔细观察, 防止溶液暴沸。到溶液表面上有白沫状物漂起, 继续加热直至白沫变透明为止, 停止加热, 用镊子夹取少许上悬浮物放于滴有蒸馏水的载玻片上, 可见到悬浮的薄膜, 薄膜不展开, 可用蒸馏水反复冲洗, 直至薄膜展开为止, 用滤纸吸走多余的蒸馏水, 把载玻片放在 10 × 10 的显微镜下观察, 如果结构清晰, 可直接加甘油封片, 加拿大树胶封边^[2,17]; 如结构不清晰, 可将烧杯放于电炉上方继续加热片刻, 或用 3% 亚甲基蓝染色, 然后再加甘油封片, 加拿大树胶封边。一般植物样的处理时间比粪样的处理时间稍长, 一般植物样的煮沸时间根据具体植物而定, 以表皮和皮下组织分离在显微镜下看到清晰结构为正好。每个植物样制片 3 张, 粪样制片 15 张。

1.2.3 显微片的镜检

采用频率转换法分析粪样显微片^[18]。粪样显微片在放大 100 倍的显微镜下镜检。每张显微片上按由左到右, 由上到下顺序系统的选取 15 个视野, 记录出现的可辨认的植物表皮角质碎片。为避免重复, 两视野间留一个视野范围不做记录, 求得每种植物可辨认的表皮角质碎片的出现频率(F), 依公式(Fracker and Brischle, 1994) :

$$F = 100(1 - e^{-D})$$

转换为每个视野中每种植物可辨认表皮角质碎片的平均密度(D), D 又可转换为相对密度(RD), 作为滇金丝猴食物中各种植物实际比例的估计值^[2,18]:

$$RD = \frac{\text{每种植物可辨认表皮角质碎片密度}}{\text{各种植物可辨认角质碎片密度之和}}$$

1.2.4 植物化学成分测定

将植物样本置于 105 烘箱内烘干至恒重, 用考马斯亮蓝法^[14,26] 测定植物中粗蛋白的含量, Van Soest 测定粗纤维的含量^[14,20], Folir-Denis 法(FD) 测定丹宁酸含量^[13]。

2 结果

2.1 滇金丝猴的冬季食物组成

本研究共分析了 12 个混合粪样, 镜鉴 220 张显微片。根据粪便显微组织学分析, 冬季龙马山滇金丝猴共取食 26 科 45 种植物。采食频率大于 1% 的植物共计 27 种(详见表 1)。采食频率小于 1% 的植物共计 18 种, 它们分别是西康花楸(*Sorbus prattii*)、康藏花楸(*Sorbus coronata*)、湖北海棠(*Malus hupehensis*)、高盆樱桃(*Cerasus cerasoides*)、紫萼梅花(*Philadelphus purpurascens*)、细齿樱桃(*Cerasus serrula*)、甘肃莢蒾(*Viburnum kansuense*)、显脉莢蒾(*Viburnum nervosum*)、血满草(*Sambucus adnata*)、紫花卫矛(*Euonymus porphyreus*)、石枣子(*Euonymus sanguineus*)、线叶隐脉冬青(*Ilex latifolia*)、青莢叶(*Helwingia japonica*)、红花寄生(*Scutellaria parasitica*)、云南铁杉(*Tsuga dumosa*)、五月瓜藤(*Holboellia coriacea*)、裂果女贞(*Ligustrum sempervirens*)、清溪杨(*P. Canadensis*)。

表 1 龙马山滇金丝猴冬季食物组成(%)

Tab. 1 Winter diet composition of Yunnan snub nosed monkey, in Longma Mountains

植物种类 Plant species	取食部位 Browsed part	2006 年		2007 年				M
		11月	12月	1月	2月	3月	12月	
蔷薇科 Rosaceae								
1. 粉花绣线菊 <i>Spiraea japonica</i>	a	2.48	2.97	1.46	T	1.15	1.16	2.14
2. 全缘石楠 <i>Photinia lindl.</i>	a	2.78	2.37	T	1.47	1.11	1.49	2.22
杜鹃花科 Ericaceae								
3. 云南杜鹃 <i>Rhododendron yunnanense</i>	a	4.47	3.73	1.55	3.33	3.55	2.62	3.26
忍冬科 Caprifoliaceae								
4. 鬼吹箫 <i>Leycesteria formosa</i>	a	1.26	T	T	1.12	2.47	1.47	1.34
壳斗科 Fagaceae								
5. 白柯 <i>Lithocarpus dealbatus</i>	a,c	2.28	2.79	2.04	2.22	2.22	3.04	3.25
6. 槲栎 <i>Quercus aliena</i>	a	2.01	3.23	1.79	2.79	1.37	2.35	2.26
7. 麻栎 <i>Quercus semecarpifolia</i>	a,c	3.76	3.41	2.16	2.35	2.33	2.76	3.30
樟科 Lauraceae								
8. 高山木姜子 <i>Litsea pungens</i>	a	1.26	1.31	T	1.38	1.37	T	1.04
禾本科 Poaceae								
9. 云龙箭竹 <i>Fargesia papyrifera</i>	a	15.87	13.42	33.61	13.87	14.51	23.29	19.78
10. 实竹 <i>Qiongzhuea rigidula</i>	a	5.88	2.81	5.42	3.73	5.23	6.50	4.93
11. 空心箭竹 <i>Fargesia pallens</i>	a	3.85	5.41	3.37	5.85	3.22	5.04	4.46
五加科 Araliaceae								
12. 掌叶梁王茶 <i>Northopanax delavayi</i>	a,c	2.52	2.83	2.86	3.34	4.10	3.69	3.39
槭树科 Aceraceae								
13. 云南扇叶槭 <i>Acer flabellatum</i>	a	1.38	2.68	2.04	2.07	2.18	1.35	1.95
14. 苹果槭 <i>Acer sterculiaceum</i>	a	2.50	T	T	2.61	1.18	T	1.14
卫矛科 Celastraceae								
15. 染用卫矛 <i>Euonymus tingens</i>	c	1.25	T		1.13	T	2.47	1.09
山茱萸科 Cornaceae								
16. 头状四照 <i>Dendrobenthamia capita</i>	a	2.68	1.43	1.67	1.65	1.63	1.97	1.84
山茶科 Theaceae								
17. 云南凹脉柃 <i>Eurya carinervis</i>	c	T	1.43		1.38	1.37	1.47	1.07
冬青科 Aquifoliaceae								
18. 双核枸骨 <i>Llex dipyrena</i>	c	1.38	1.67	1.91	1.65	1.63	T	1.43
虎耳草科 Saxifragaceae								
19. 冰川茶藨子 <i>Ribes glaciale</i>	a	5.34	2.98	1.31	1.12	3.25	1.23	2.54
松萝科 Usnaceae								
20. 长松萝 <i>Usnea longissima</i>	d	10.45	9.65	9.16	10.00	11.04	11.38	10.28
23. 花松萝 <i>Usnea florida</i>	d	6.15	6.29	9.89	11.19	8.54	8.15	8.37
菊科 Asteraceae								
21. 千里光 <i>Senicio scandens</i>	a,c	1.02	1.55	T	T	1.50	1.73	1.09
22. 羊耳菊 <i>Inula cappa</i>	a	1.38	2.16	1.55	1.12	1.37	2.13	1.30
桑科 Moraceae								
23. 马桑洩疏 <i>Nica maxim</i>	c	1.50	1.19	1.55	1.38	1.37	1.97	1.49
桦木科 Betulaceae								
24. 糙皮桦 <i>Betula utilis</i>	a	1.02	1.19	T	T	2.47	T	1.23
25. 西南桦 <i>Betula alnoides</i>	a	1.26	2.03	1.55	1.63	1.63	T	1.48
百合科 Liliaceae								
26. 西藏拔葜 <i>Smilax elegans</i>	a	T	1.08		3.95	T	T	1.02
瑞香科 Thymelaeaceae								
27. 白瑞香 <i>Daphne papyraceae</i>	c	T	3.73	T	T	T	1.06	1.11

注:T代表某种取食植物在全部取食中的比例 1% ;a:叶;b:花;c:果实、种子;d:地上部分

在食物组成中,木本植物的嫩叶占食物百分比最高,为41.59%,木本植物的种子和果实占7.23%,草本植物28.42%,地衣18.30%,藤本植物4.61%。其中以云龙箭竹19.78%、长松萝10.28%、花松萝8.37%、实竹4.93%、空心箭竹4.46%、掌叶梁玉茶3.69%等植物为主要食物,占滇金丝猴冬季食物的47.99%。以科别而论,滇金丝猴冬季食物中禾本科植物最多,其RD均值为24.72,松萝科次之, RD值为18.59,壳斗科占第三位, RD值为8.76。其他各科所占比例较小,甚至有些植物在一些月份并未被采食(表1)。

2.2 龙马山滇金丝猴冬季食物的营养质量

测定了15种龙马山滇金丝猴主要采食植物(RD>1)和10种次要食物(RD<1)的CP、CF、CT,结果见表2。

表2 龙马山滇金丝猴主要和次要食物的化学成分

Tab. 2 Phytochemical components of mainly food and secondary food items for *R. bieti* in Longma Mountains

植物种类 Plant species	干物质中各种物质含量(%) Dry matter content (%)				
	粗蛋白 CP	粗纤维 CF	单宁酸 CT	P/F	RD
1. 白柯 <i>Lithocarpus dealbatus</i>	13.21	19.64	10.02	0.67	3.25
2. 榆栎 <i>Quercus aliena</i>	18.69	22.8	13.14	0.81	2.26
3. 麻栎 <i>Quercus semecarpifolia</i>	17.63	23.74	4.36	0.74	3.30
4. 云龙箭竹 <i>Fargesia papyrifera</i>	19.10	19.62	5.30	0.97	19.78
5. 掌叶梁玉茶 <i>Northopanax delavayi</i>	14.7	19.64	9.87	0.74	3.38
6. 云南杜鹃 <i>Rhododendron yunnanense</i>	15.69	24.11	11.13	0.65	2.15
7. 长松萝 <i>Usnea longissima</i>	3.07	4.04	0.09	0.75	10.28
8. 马桑槐疏 <i>Nica maxim</i>	8.36	24.17	4.82	0.34	1.49
9. 实竹 <i>Qiongzhuza rigidula</i>	12.50	15.07	6.45	0.84	4.93
10. 花松萝 <i>Usnea florida</i>	2.90	5.36	0.10	0.54	8.73
11. 头状四照花 <i>Dendrobenthamia capitata</i>	18.79	26.94	1.76	0.69	1.84
12. 鬼吹箫 <i>Leycesteria formosa</i>	11.35	23.54	0.60	0.48	1.34
13. 云南扇叶槭 <i>Acer flabellatum</i>	17.62	33.56	0.82	0.52	1.95
14. 粉花绣线菊 <i>Spiraea japonica</i>	12.58	20.14	4.24	0.62	2.14
15. 全缘石楠 <i>Photinia</i>	15.7	21.37	8.03	0.73	2.22
16. 清溪杨 <i>P. Canadensis</i>	16.13	33.82	12.02	0.47	0.22
17. 红花寄生 <i>Scurrula parasitica</i>	11.55	26.05	6.40	0.44	0.39
18. 线叶隐脉冬青 <i>Ilex latifolia</i>	12.11	24.97	22.97	0.48	0.68
19. 康藏花楸 <i>Sorbus coronata</i>	9.42	22.04	17.24	0.42	0.35
20. 云南铁杉 <i>Tsuga dumosa</i>	13.09	16.51	36.81	0.79	0.13
21. 显脉莢蒾 <i>Viburnum nervosum</i>	14.54	29.66	0.68	0.49	0.19
22. 高盆樱桃 <i>Cerasus cerasoides</i>	13.50	12.78	17.29	1.05	0.28
23. 裂果女贞 <i>Ligustrum sempervirens</i>	12.31	19.49	13.08	0.63	0.17
24. 青荚叶 <i>Helwingia japonica</i>	9.57	37.42	16.57	0.25	0.86
25. 石枣子 <i>Euonymus sanguineus</i>	10.03	31.63	14.28	0.31	0.19

测定结果表明,龙马山滇金丝猴冬季主要食物的蛋白质、粗纤维和单宁含量分别为 13.46 ± 1.68 、 20.25 ± 1.95 %和 5.38 ± 1.11 %,蛋白质-纤维素比例为 0.68 ± 0.4 (Mean \pm SE, n = 15)。次要食物的蛋白质、粗纤维和单宁含量分别为 12.23 ± 0.69 、 25.44 ± 2.9 和 15.73 ± 3.05 ,蛋白质——纤维素比例为 0.54 ± 0.75 (Mean \pm SE, n = 9)。主要食物比次要食物含有较高的P/F值,较低的单宁和粗纤维(图1)。云龙箭竹含有最高的蛋白质含量($19.10 \pm$

0.128%) 和 P/F 值 , 松萝科植物的单宁酸含量最低 (0.1 ± 0.003) 。 Kruskal-Wallis H 非参数检验结果表明 , 冬季龙马山滇金丝猴的主要和次要食物的单宁含量差异极显著 ($df = 1, \chi^2 = 9.308, P < 0.01$), P/F 值差异显著 ($\chi^2 = 3.988, df = 1, P < 0.05$), 粗蛋白和粗纤维差异不显著 ($df = 1, \chi^2 = 1.772, 1.924, P = 0.183, 0.165$) 。

通过比较龙马山滇金丝猴取食的主要食物和次要食物的粗蛋白和粗纤维的比例 , 发现龙马山滇金丝猴取食的主要食物比次要食物含有更高的 P/F 值。滇金丝猴倾向于利用 P/F 值较高的食物(图 2)。

滇金丝猴和其它疣猴一样(例如 ,David , 1988) , 倾向于利用 P/F 值较高的食物。与次要食物相比 , 滇金丝猴的主要食物的 P/F 值较高 ($df = 1, P < 0.01$) 。

通过 Spearman 相关分析得出 , 滇金丝猴对食物的选择性(RD) 与粗蛋白-粗纤维素比例(P/F) 显著正相关 ($r = 0.48, P < 0.05$), 与粗纤维含量显著负相关 ($r = -0.451, P < 0.05$) ; 与单宁含量显著负相关 ($r = -0.52, P < 0.05$) 与粗蛋白 ($r = 0.329, P > 0.05$) 之间无显著的相关关系 ; 但是滇金丝猴主要取食的食物中 , 粗蛋白要高于次要食物。

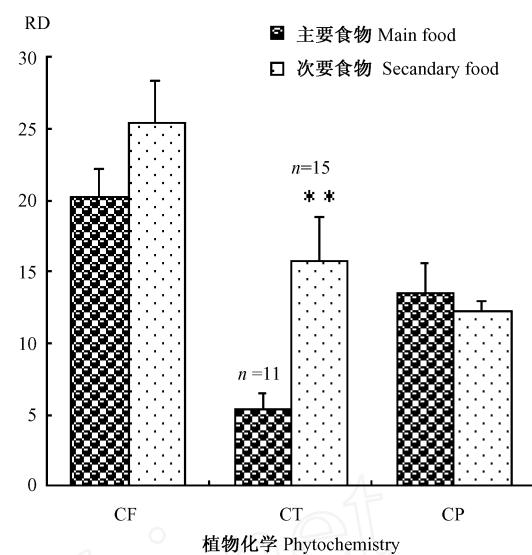


图 1 龙马山冬季滇金丝猴主要食物
和次要食物的化学成分

Fig. 1 Means and standard deviation for the phytochemical components of primary food ($n = 15$) vs. secondary food ($n = 11$) items for *Rhinopithecus beiti* in Longma Mountains in winter.

CF, CT, CP 分别代表食物中粗纤维、粗单宁和粗蛋白。主要食物比次要食物含有较低的单宁 ($P < 0.01$)。CF means crude fiber , CT as crude tannin , CP as crude protein. Primary food had less tannin ($P < 0.01$) than secondary.

3 讨论

3.1 龙马山滇金丝猴冬季食物组成

龙马山滇金丝猴冬季食物主要由常绿阔叶树的嫩叶和箭竹组成 (68.73%) , 也采食少量藤本植物 (4.61%) 。与北部滇金丝猴相比^[16] , 南部龙马山滇金丝猴的食性较广 , 取食栖息地内的大多数植物 , 但对不同植物取食比例有较大差别 , 这与其对食物的选择性有密切的关系。动物自身的特点、食物的质量和可利用性对动物的食物选择都是潜在的限制因素^[21]。北部小昌都滇金丝猴冬季食谱除 3 种松萝科植物外 , 仅有 9 种植物^[16] , 远远低于龙马山滇金丝猴的食物种类(表 3)。这可能与北部种群的特殊生境有关。小昌都群一年之中有 6 个月左右森林地面覆盖有积雪 , 年均温为 4.7 , 冬季最低月平均温度为 -3.6 , 且有 4 个月的月平均温度在零下^[16]。在此如此严峻的生存条件下 , 猴子必须为维持体温支付较多的能量 , 用于搜寻食物上的能量支出必然减少 ; 另一方面 , 从南到北 , 植被类型逐渐简单 , 北部小昌都猴群可利用的食物种类比与南部龙马山猴群低很多。与龙马山滇金丝猴群相比 , 维西塔城

猴群冬季共取食 12 科 16 属 21 种植物^[11], 所取食植物种类不到龙马山猴群的一半(表 3)。但是两个猴群的食谱组成具有很大的相似性: 龙马山猴群利用 8 种蔷薇科(Rosaceae)植物, 占目录总数的 11.1%; 塔城猴群利用 2 种蔷薇科植物, 占目录总数的 9.5%。龙马山猴群利用 3 种壳斗科植物, 其相对采食频率(RD)占 8.8%, 塔城猴群利用 2 种壳斗科植物, 占目录总数的 9.5%。另外, 冬季龙马山猴群少量利用 4 种忍冬科(Caprifoliaceae)植物, 占目录总数的 8.7%, 冬季塔城猴群没有利用忍冬科的记录。即使是利用同一个科内的不同树种也证明了黑白仰鼻猴对食物树种的高度选择^[22]。虽然, 观察发现在整个滇西北忍冬科是一常见类群, 但是塔城群的冬季食谱中没有包括一种忍冬科的植物, 这也许是由于不同的观察方法导致的。例如, 观察者不可能从对面的山坡上观察在林冠层下的忍冬亚冠层当中取食的猴子。这或许是塔城的食物植物种类低于趋势线的原因。

表 3 3 个典型生境中的黑白仰鼻猴冬季食性比较
Tab. 3 Comparison for winter diets of *R. bieti* at 3 typical sites

地点 Site	植被类型 ^a Vegetation Type	海拔(km) Elevation	科 Family	属 Genus	种 Species	文献来源 Resource
龙马山	1, 2, 3, 4	2.68—3.4	26	32	45	本次研究
塔城	1, 2, 3	2.7—3.7	12	16	21	丁伟, 2003
小昌都	1, 2	3.5—4.25	9	12	12	向昨辅, 2005

^a1. 针叶林 fir forest; 2. 常绿阔叶林 evergreen broadleaf forest; 3. 针叶混交林 mixed conifer forest; 4. 落叶阔叶林 deciduous broadleaf forest

野外观察法和粪便显微组织学分析法进行滇金丝猴的食性研究有一定的局限性。本研究结果与野外观察法所获得的结果^[9]也有差异。我们用粪便分析法得出的结果所占比例最高的植物是云龙箭竹(19.74%), 整个冬季共取食 34 种植物的叶, 这与野外观察法^[9]冬季只取食 12 种植物叶存在很大差别。滇金丝猴生境内地势险峻, 森林茂密, 能见度极低, 加上其怕人和善于躲避的特点, 野外很难进行近距离观察。野外观察法很难把滇金丝猴的每种取食植物都记录下来, 因此记录的采食植物种类就会少于实际采食的种数。而粪便显微组织学分析法对低纤维素的果实、种子等种类的检出率较低, 样品经消化和处理后可辨认率也比较低, 技术有待进一步提高。

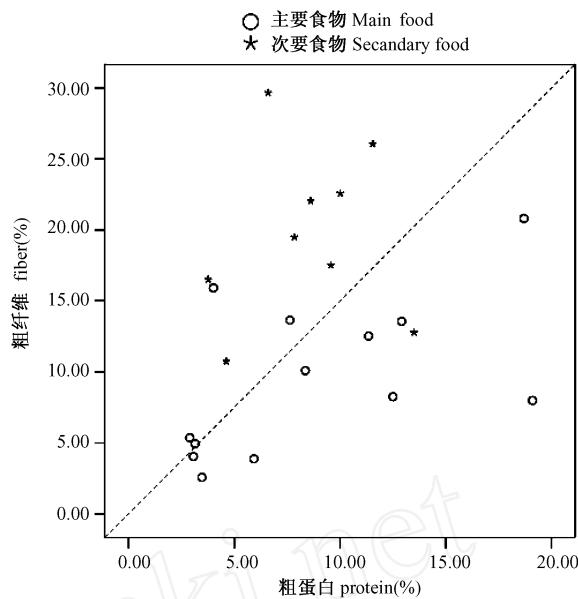


图 2 龙马山冬季滇金丝猴主要食物和次要食物的 P/F 值

Fig. 2 Relationship of crude fiber to crude protein for primary food and secondary food species of *R. bieti* for winter in Longma Mountains

3.2 食物植物化学

食物的各种化学成分决定其质量,各种化学成分在不同植物,或同一种植物在不同地理区域的比例也不竟然相同,会使植物性食物的质量发生改变^[23]。食物中的蛋白质-纤维素比例(P/F 比例)(1g 样品干重中蛋白质的含量比上 1g 样品干重中纤维素的含量)是影响灵长类食物选择的一个重要指数^[14,20,24—26]。Waterman *et al* (1988) 认为:疣猴类的食物量受可获得植物食物结构和化学成分的影响,食物得以选择的 3 个重要因素是:最少的纤维素组成,最多的蛋白质和碳水化合物^[26]。本研究结果表明,龙马山滇金丝猴偏向于选择 P/F 值较高的食物(图 2),这与其他灵长类相似^[27]。

单宁作为一种拒食素,可与植物蛋白结合使之难以消化和吸收,也是影响灵长类食物选择的一个重要因素^[24—26,28—30]。单宁的富集程度在各种植物中各不相同,Gander (1998) 的研究发现,吼猴拒绝食用单宁含量超过 5 % 的植物^[31]。本研究表明,龙马山滇金丝猴在食物选择上,倾向于利用单宁含量较低的食物($4.56 \pm 1.27\%$),其主要食物和次要食物单宁的含量具有差异显著性(图 1)。

植物的营养质量与植物的季节性变化有关^[32],通常,春季植物营养质量最高,随季节变化植物的营养质量不断下降,冬季植物营养质量下降到最低点,干物质消化率最低^[17]。在严酷的季节(冬天)如何在有限的条件下维持身体营养需求成了滇金丝猴取食的关键问题之一。因此,结合营养质量分析对龙马山滇金丝猴的食性进行研究就具有更重要的意义。研究表明:龙马山滇金丝猴对食物的选择并不完全依赖于某个因素,而是由多个因素共同决定的。虽然松萝科植物的粗蛋白含量很低,但是它的单宁含量也远远低于其它植物,滇金丝猴对松萝科植物的利用仅次于箭竹,占到 18.31 %。另一方面,高盆樱桃虽然具有较高的粗蛋白含量(13.50 %),但其单宁含量也是最高的(17.29 %),整个冬季龙马山滇金丝猴对其避免利用(0.27 %)。Clutton-Brock (1977) 认为,不同植物得到选择主要受能量价值、可获得蛋白质、特殊氨基酸、毒素的含量及影响消化过程的物理特征的影响^[33]。滇金丝猴冬季会选择那些单宁含量比较低,P/F 比例比较高的植物。在 P/F 比例与单宁含量的抉择上,如果食物中单宁含量超过滇金丝猴可以忍受的阈值,再高的 P/F 值它也会放弃食用。

致谢:感谢云龙县天池省级自然保护区管理局却建华、张永寿以及龙马山老仙厂余务标对本项目的支持和帮助;感谢中国科学院昆明植物所刘恩德博士帮助鉴定所有植物标本;感谢云南师范大学生命科学学院植物生理实验室杨政硕士、陈哲硕士、柯学博士对实验室分析工作的耐心指导和帮助;感谢美国大自然保护协会杨洋对本文初稿的宝贵意见和建议。

参考文献:

- [1] Chen HP, Li F, Luo LY, *et al*. Winter bed-site selection by red deer (*Cervus elaphus xanthopygus*) and roe deer (*Capreolus capreolus bedfordi*) in forests of northeastern China[J]. *Acta Theriol*, 1999, 44: 195–206.
- [2] 吴建平,单继红,王志平. 小兴安岭通河林区斑羚冬季食性分析[J]. 动物学杂志, 2005, 40(4): 40–44.
- [3] Mautz WW. Sledding on a bushy hillside: The fat cycle in deer[J]. *Wildl Soc Bull*, 1978, 6:88–90.
- [4] Mben AN. Energy conservation by white-tailed deer in the winter[J]. *Ecology*, 1976, 57:192–198.
- [5] Schmitz Of. Thermal constrains and optimization of winter feeding and habitat choice in white-tailed deer[J]. *Holarc Ecol*, 1991, 14:104–111.
- [6] Long YC, Kirkpatrick RC, Zhong T, *et al*. Report on the distribution, population, and ecology of the Yunnan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus bieti*). *Primates*, 1994, 35: 241—250.

- [7] Richard AF. Primate in Nature[M]. New York : W. H. Freeman and company. 1985 , 22-73.
- [8] Zhao QK, He SJ , Wu BQ , et al . Excrement distribution and habitat use in *Rhinopithecus Bieti* in winter[J]. Am. J. Primatol , 1988 , 16 : 275-284.
- [9] 霍晟. 龙马山黑白仰鼻猴(*Rhinopithecus bieti*)的生态学和社会组织研究[D]. 中国科学院昆明动物研究博士论文 , 2005.
- [10] 吴宝琦. 滇金丝猴(*Rhinopithecus bieti*)食性的分析[J]. 人类学学报 , 1991 , 10 : 357-371.
- [11] Kirkpatrick RC , Zou RJ , Dierenfeld ES , et al . Digestion of selected foods by Yunnan snub-nosed monkey *Rhinopithecus bieti* (Colobinae) [J]. Am. J. Phys. Anthropol , 2001 , 114 : 156-162.
- [12] 丁伟. 塔城黑白仰鼻猴(*Rhinopithecus bieti*)的觅食生态学和社会组织——兼论其保护现状[D]. 中国科学院昆明动物研究所博士学位论文 ,2003.
- [13] Yang SJ , Zhao QK. Bamboo leaf-based diet of *Rhinopithecus bieti* at Lijiang , China[J]. 2001 , Folia Primatol , 72 : 92-95.
- [14] Kirkpatrick , RC. Ecology and behavior of the Yunnan snub-nosed langur (*Rhinopithecus bieti* , Colobinae) [D]. Ph. D. thesis , University of California , Davis. 1996.
- [15] 木文伟 , 杨德华. 白马雪山东坡滇金丝猴(*Rhinopithecus bieti*)群、活动路线及食性的初步观察[J]. 兽类学报 , 1982 , 2 : 125-131.
- [16] 向左甫. 西藏红拉雪山自然保护区黑白仰鼻猴(*Rhinopithecus bieti*)的生态与行为研究[D]. 中国科学院昆明动物研究所博士学位论文 ,2005.
- [17] 陈化鹏 , 萧前柱. 带岭林区马鹿冬季食性研究[J]. 兽类学报 , 1989 , 9(1) : 8-15.
- [18] Norbury CL. Microscopic Analysis of Herbivore Diet : a Problem and a Solution[M]. Aust. Wildl. Res , 1988 , 15 :51-57.
- [19] Fracker SB ,Brischle JA. Measuring the local distribution of Ribes[J]. Ecology , 1994 , 25 :283-303.
- [20] Nakagawa N. Deference in selection between patas monkeys (*Erythrocebus patas*) and tantalus monkeys (*Cercopithecus aethiops tantalus*) in Kala Malou National Park ,Cameroon,in relation to nutrient content[J]. Primates. 2003 , 44 :3-11.
- [21] AsadaM , Ochiai K. Food habits of sika deer on the Boso Peninsula , central Japan[J]. Ecological Research , 1996 , 11 : 89 -95.
- [22] Rogers ME. Western gorilla diet : a synthesis from six sites[J]. Am. J. Primatol , 2004 , 64 : 173-192.
- [23] Batzli GO , Pitelka PA. Nutritional ecology of microtine rodents : food habits of lemmings near Barrow , Alaska[J]. Journal of Mammalogy , 1983 , 64 : 648-655.
- [24] Milton K. Factors influencing leaf choice by howler monkeys : A test of some hypotheses of food selection by generalist herbivores [J]. Am Nat , 1979 , 114 :363-378.
- [25] Mc Key DB. Soils , vegetation ,and seed-eating by black colobus monkeys. In Montgomery , GG(ed.) ,The Ecology of Arboreal Folivores[M]. Smithsonian Institution Press ,Washington ,DC. 1978 , 423-437.
- [26] Waterman PG,Ross JAM ,Bennett HL , et al . A comparison of the floristicsand leaf chemistry of the tree flora in two Malaysian rain forests and the influence of leaf chemistry on populations of colobine monkeys in the Old World[J]. Bio J Linn Soc , 1988 , 34 : 1-32.
- [27] Davies AG,Bennett HL ,Waterman PG. Food selection by two Southeast Asian colobine monkeys (*Presbytis rubicunda* and *Presbytis melalophos*) in relation to plant chemistry[J]. Biol J Linn Soc , 1988 , 34 :33-56.
- [28] Oates JF ,Whitesides GH ,Davies AG , et al . Determinants of variation in tropical forest primate biomass : New evidence from West Africa[J]. Ecology , 1990 , 71 : 328-343.
- [29] Davies AG. Colobine populations[A]. In Davies ,AG and Oates ,JF(eds.) ,Colobine Monkeys: Their Ecology , Behaviour and Evolution[C]. Cambridge University Press ,Cambridge , 1994 , 285-310.
- [30] Chapman CA ,Chapman LJ . Foraging challenges of red colobus monkeys: Influence of nutrients and secondary compounds[J]. Comp Biochem Physio , 2000 , 133 : 861-875.
- [31] Gander K. Feeding patterns in mantled howling monkeys[A]. In Foraging Behavior : Ecological , Ethological and Psychological Approaches[C]. Edited by A. Kamil and T. D Sargent , 1981 , 231-259. New York : Garland.
- [32] Drozd A. Seasonal intake and digestibility of natural foods by roe deer[J]. Acta Therial , 1979 , 24 : 137-170.
- [33] Clutton-Brock TH. Methodology and measurement [A]. In Clutton-Brock TH , ed. , Primate Ecology: Studies of Feeding and Ranging Behaviour In Lemurs , Monkeys and Apes[C]. New York : Academic ,1977.

Winter Food Habits of the Yunnan Snub-nosed Monkey(*Rhinopithecus bieti*) Found at Mt. Longma , Yunnan

LI Xue-you^{1,2} , YANG Shi-jian^{1,2,3}

- (1. *Engineering Center of Ministry Education of Bioenergy Sustainable Developmentand Utilization , Kunming 650092 ;*
2. *College of life Science , Yunnan Normal University , Kunming 650092 ;*
3. *Key Laboratory of Yunnan Province for Biomass Energy and Environmental Biotechnology , Kunming 650092)*

Abstract : From November 2006 to March 2007 , we studied the winter diets of the Yunnan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus bieti*) found living at Mt. Longma , Yunnan Province. Fecal components including their relative proportions were quantified by micro-morphological analysis. Phytochemical components of 15 primary food items (including two species of Usneaceae) and 10 secondary food items of *R. bieti* were analyzed. Winter diets of the Yunnan snub-nosed monkey included 45 plant species of 26 families. *Fargesia papyrifera* Yi (19.78 %) , *Usnea longissima* (10.28 %) , *Usnea florida* (L.) Wigg (8.37 %) , *Qiongzhuea rigidula* Hsueh (4.93 %) , and *Fargesia pallens* Hsueh (4.46 %) were the main components of the winter diet , totalling 47.99 % of all utilized plants. Young leaves of woody plants and herbaceous plants constituted 75 % of the total quantity of forage. *R. bieti* preferred to choose food items with high P/F ratios and low tannin content in winter. It was also noted that primary food items used by *R. bieti* had less fibre ($P < 0.01$) and tannin ($P < 0.05$) than secondary items.

Key words : *Rhinopithecus bieti* ; Food habit ; Microhitological analysis technology of feces