

DOI:10.11913/PSJ.2095-0837.2016.40563

李亭亭, 汪正祥, 龚苗, 雷耘, 林丽群, 戴璨, 任雁. 神农架国家级自然保护区川金丝猴栖息地的植物群落分类及特征[J]. 植物科学学报, 2016, 34(4): 563-574

Li TT, Wang ZX, Gong M, Lei Y, Lin LQ, Dai C, Ren Y. Classification and characteristics of plant communities in *Rhinopithecus roxellana* habitat at Shennongjia National Nature Reserve[J]. *Plant Science Journal*, 2016, 34(4): 563-574

## 神农架国家级自然保护区川金丝猴栖息地的植物群落分类及特征

李亭亭<sup>1,2,3</sup>, 汪正祥<sup>1,2,3\*</sup>, 龚苗<sup>1</sup>, 雷耘<sup>4</sup>, 林丽群<sup>1</sup>, 戴璨<sup>1,2,3</sup>, 任雁<sup>1</sup>

(1. 湖北大学资源环境学院, 武汉 430062; 2. 湖北省生物资源绿色转化协同创新中心, 武汉 430062; 3. 区域开发与环境响应湖北省重点实验室, 武汉 430062; 4. 华中师范大学生命科学院, 武汉 430079)

**摘要:** 采用植物社会学调查方法, 对神农架国家级自然保护区川金丝猴栖息地植物群落进行了调查, 并对 127 个植物样方调查资料进行了聚类分析。综合数量分类及植物社会学的分类标准, 将神农架川金丝猴栖息地植被划分为 13 个群丛和 4 个群落; 分析了各群丛的结构特征、地理分布特征(海拔、地形等)以及不同群丛的植物组成和食源植物状况, 同时对各群丛乔木层的胸径等级和高度进行了分析。结果表明: 群丛 I (华山松-金佛山箬竹-湖北大戟)、群丛 VI (巴山冷杉+红桦-箭竹+兴山五味子-抱茎风毛菊)、群丛 IX (华山松-鄂西绣线菊-中日金星蕨) 以及群丛 XII (巴山冷杉+华山松-鞘柄菝葜+鄂西绣线菊-中日金星蕨) 4 个群丛所含物种数最多, 其中群丛 I、VI、IX 所含食源植物种数也最多; 群丛 IV (红桦-湖北花楸-离舌橐吾) 胸径大于 30 cm 的树木所占比例及乔木层平均高度均最大; 这 5 个群丛是神农架国家级自然保护区川金丝猴栖息地的主要植被类型。该研究可为神农架国家级自然保护区川金丝猴栖息地的植被保护与恢复提供重要参考。

**关键词:** 川金丝猴; 栖息地; 植物社会学调查; 聚类分析; 群丛; 神农架国家级自然保护区

中图分类号: Q948.15

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2016)04-0563-12

## Classification and Characteristics of Plant Communities in *Rhinopithecus roxellana* Habitat at Shennongjia National Nature Reserve

LI Ting-Ting<sup>1,2,3</sup>, WANG Zheng-Xiang<sup>1,2,3\*</sup>, GONG Miao<sup>1</sup>, LEI Yun<sup>4</sup>, LIN Li-Qun<sup>1</sup>, DAI Can<sup>1,2,3</sup>, REN Yan<sup>1</sup>

(1. Faculty of Resources and Environmental Sciences, Hubei University, Wuhan 430062, China; 2. Hubei Collaborative Innovation Center for Green Transformation of Bio-Resources, Wuhan 430062, China; 3. Hubei Provincial Key Laboratory of Regional Development and Environmental Response, Wuhan 430062, China; 4. School of Life Sciences, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** Plant communities within the *Rhinopithecus roxellana* habitat of Shennongjia National Nature Reserve were surveyed by phytosociological methods, with 127 quadrats classified by clustering analysis. Using quantitative and phytosociological classification standards, vegetation was classified by 13 associations and four communities. Structure characteristics, geographic distribution characteristics (including altitude and landform), species composition, food resources status, DBH levels and height of tree layers in each association were analyzed.

收稿日期: 2016-01-22, 退修日期: 2016-04-29。

基金项目: 国家科技支撑计划(2013BAD03B03-01); 国家自然科学基金资助项目(41471041)。

This work was supported by grants from the National Science-Technology Support Plan (2013BAD03B03-01) and National Natural Science Foundation of China (41471041).

作者简介: 李亭亭(1989-), 女, 博士研究生, 研究方向为植物地理演化(E-mail: 996142898@qq.com)。

\* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: wangzx66@hubu.edu.cn)。

This study showed that association (Ass.) I (*Pinus armandii* – *Indocalamus nubigenus* – *Euphorbia hylonoma*), Ass. VI (*Abies fargesii* + *Betula albosinensis* – *Fargesia spathacea* + *Schisandra incarnata* – *Saussurea chingiana*), Ass. IX (*Pinus armandii* – *Spiraea veitchii* – *Parathelypteris nipponica*), and Ass. XII (*Abies fargesii* + *Pinus armandii* – *Smilax stans* + *Spiraea veitchii* – *Parathelypteris nipponica*) possessed the most species. Among them, Ass. I, Ass. VI and Ass. IX had the most food resources. In addition, Ass. IV (*Betula albosinensis* – *Sorbus hupehensis* – *Ligularia veitchiana*) had the greatest average tree height as well as the largest proportion of trees with a DBH greater than 30 cm. Therefore, these five associations were the main vegetation types within the habitat of *Rhinopithecus roxellana* at Shennongjia National Nature Reserve. This study provides an important reference for vegetation protection and restoration of *Rhinopithecus roxellana* habitat in Shennongjia National Nature Reserve.

**Key words:** *Rhinopithecus roxellana*; Habitat; Phytosociological survey; Clustering analysis; Association; Shennongjia National Nature Reserve

栖息地的植被组成和类型与灵长类动物的生物量、食性、时间分配和栖息地选择等有着密切联系,尤其是食源植物的分布、数量及质量直接影响着它们的行为、生存和繁衍<sup>[1]</sup>。川金丝猴 (*Rhinopithecus roxellana*) 是我国特有的珍稀物种, 国家 I 级保护动物, 目前分布于我国陕西、四川、甘肃及湖北等地<sup>[2]</sup>。湖北神农架是川金丝猴分布的最东端<sup>[3]</sup>, 在神农架国家级自然保护区内主要分布于金猴岭、红石子沟、大龙潭、千家坪等地区, 现有 8 群约 1200 只<sup>[1,3,4]</sup>。

对神农架川金丝猴生态学研究始于 20 世纪 50 年代后期。研究主要集中在川金丝猴的生理和行为<sup>[5-11]</sup>、食源植物的分布和数量<sup>[1,12-17]</sup> 以及川金丝猴栖息地的植物组成和多样性特征<sup>[3,18,19]</sup> 等方面, 但有关川金丝猴栖息地的植被分类方面的研究较少, 导致对神农架川金丝猴栖息地植被类型的现状认识不足。李广良等<sup>[3,20,21]</sup> 对神农架川金丝猴栖息地的植被进行了初步分类, 但这些分类多基于大的植被型(亚型)、群系, 以样方为基础进行基本分类的数据尚不足, 特别是对植被分类的基本单位——群丛未提及, 使整个分类系统不够完整。本研究以神农架自然保护区川金丝猴栖息地的森林群落为对象, 采用植物社会学方法对该区的千家坪、金猴岭、大龙潭、红石子沟等地进行样方调查(调查范围基本涵盖了神农架川金丝猴主要栖息地), 综合 127 个调查样方, 利用数量分类(聚类分析)方法并结合植物社会学分类标准, 对神农架国家级自然保护区川金丝猴栖息地各植被类型以群丛为单位进行系统划分, 同时从植物组成、结构、生境特

征、食源植物组成及乔木层胸径等级和高度等多方面对各群丛进行比较分析。旨在为进一步认识神农架川金丝猴栖息地植被类型的现状, 补充完善其分类体系提供基础数据, 同时为神农架国家级自然保护区川金丝猴栖息地的植被保护与恢复、重建物种的选择以及川金丝猴的保护与管理提供科学依据。

## 1 研究区域自然概况

神农架国家级自然保护区位于湖北省巴东县、兴山县、房县三县交界处, 神农架林区的西南部, 东与湖北省保康县接壤, 西与重庆市巫山县毗邻, 南依兴山、巴东, 北倚房县、竹山。保护区地理位置为北纬 31°21'20"~31°36'20", 东经 110°03'05"~110°33'50", 总面积 70467 hm<sup>2</sup>, 分东西两片, 东片以老君山为中心, 面积 10467 hm<sup>2</sup>; 西片以大、小神农架为中心, 面积 60000 hm<sup>2</sup>。保护区中的核心区占 54.5%、缓冲区占 13.3%、实验区占 32.2%<sup>[22]</sup>。

神农架国家级自然保护区平均海拔 1800 m, 以神农顶最高, 海拔 3106.2 m, 也是大巴山脉的主峰和华中地区最高点; 最低点为下谷坪乡的石柱河, 海拔 398 m, 相对高差 2708.2 m。保护区位于北亚热带季风气候区, 是亚热带气候向温带气候过渡区域。年降水量 800~2500 mm, 年平均温度约 12℃, 全年 80% 的时间盛行东南风。该区土壤类型多样, 主要有黄棕壤、棕壤、暗棕壤、石灰石、紫色土等<sup>[23-25]</sup>。神农架国家级自然保护区独特的地理位置及受第四纪冰川的影响较小, 造就了这里植物物种的丰富性与古老性, 是我国生物多样

性保护的关键区域之一<sup>[26,27]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 样方设置

于2013年8-9月和2014年6月先后两次对神农架国家级自然保护区川金丝猴栖息地进行野外样地调查。根据当地向导指引,并结合川金丝猴野外活动痕迹(遗留粪便和采食痕迹等)及研究区域川金丝猴长期监测资料,共设置了127个样方(图1)进行调查。

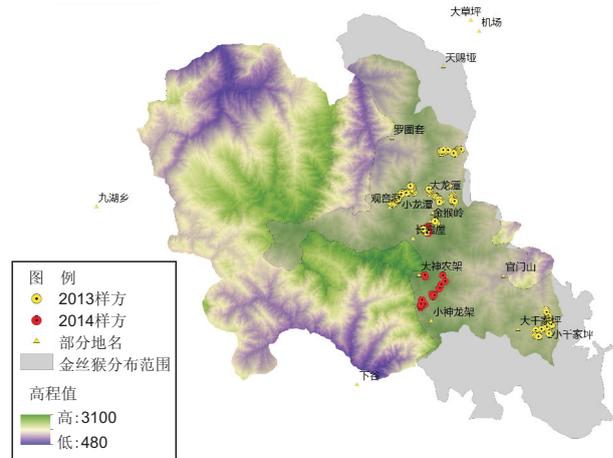


图1 神农架国家级自然保护区川金丝猴栖息地调查样方分布示意图

Fig. 1 Location of sample plots of *Rhinopithecus roxellana* habitat in Shennongjia National Nature Reserve

### 2.2 调查方法

采用植物社会学的方法<sup>[28,29]</sup>进行植被调查;即:分别在不同的地域依据不同的地形及海拔选取一定面积均质的样方(每个样方 $> 200 \text{ m}^2$ ),分层(乔木层T1、乔木亚层T2、灌木层S、草本层H)记录各层出现的植物种类及优势度、多度;并记录调查地的位置(经度、纬度)、地形、方位、坡度、海拔高度、土壤与地质条件、风的强度、干扰状况等。进行植物社会学调查的同时,选择建群种进行每木调查,测定调查目标种在各层立木( $DBH > 2 \text{ cm}$ )的胸径及株数,对目标种进行立木分析<sup>[30]</sup>。

物种的优势度、多度采用 Braun-Blanquet 优势度、多度综合级<sup>[28]</sup>,其中优势度、多度最大的物种为群落的优势种。

### 2.3 数据分析与群丛命名

采用 SPSS 19.0 统计软件对物种优势度进行

分析,由于聚类图的数据基于物种的优势度,因此,系统聚类能够很好地反应群落的实际情况。选用组间连接(类间平均距离)和欧氏距离为分类标准进行数据处理。植被数据选取样地中的植物种类数(即: $S = \text{全部出现的物种数} - \text{所有样地中只出现1次的偶见种数}$ )在127个样方中的优势度构成的 $S \times 127$ 维优势度的矩阵,以 $S \times 127$ 维优势度矩阵进行数量分析。

用聚类分析进行数量分类,并以各层优势种来命名群丛。群丛的确定采用综合数量分类结果与植物社会学分类标准的方法,将样方数 $> 3$ 个的确定为群丛(Ass.)、样方数 $\leq 3$ 个的暂定为群落(Comm.)。

## 3 结果与分析

### 3.1 植被数量分类

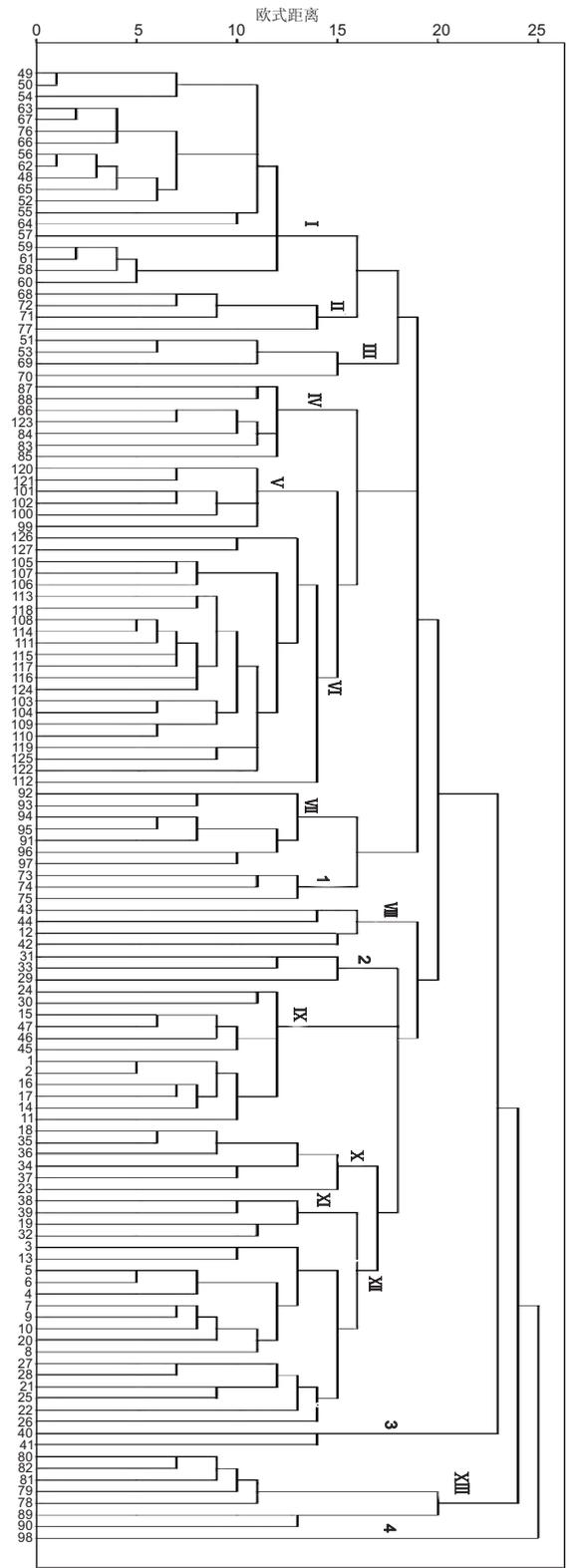
调查统计结果表明,样方中出现的植物种共有641种,删除在所有样地中只出现1次的偶见种得到451种。植被数据是由451种植物在127个样方中的优势度构成的 $451 \times 127$ 维优势度的矩阵,以 $451 \times 127$ 维优势度矩阵进行聚类分析。综合考虑样地间的聚类图以及植物区系组成、生态外貌、动态特征、环境条件等因子,选取欧式距离 $D = 15$ 为截值划分群丛标准。神农架川金丝猴栖息地植被可划分为以下13个群丛和4个群落(图2)。各群丛(或群落)分布特征见表1。

(1)群丛 I: 华山松-金佛山箬竹-湖北大戟群丛(Ass. *Pinus armandii* - *Indocalamus nubigenus* - *Euphorbia hylonoma*)。该群丛主要分布在小千家坪、千家坪实验站、道长崖屋等地的中坡和山脊台地,海拔1800~2100 m,坡度 $10^\circ \sim 45^\circ$ ,凋落物层厚度0.5~3 cm。调查样方数为19个,包含样方48~50、52、54~67,76。华山松(*Pinus armandii* Franch.)为乔木层的优势种,主要伴生种为红桦(*Betula albosinensis* Burk.)、米心水青冈(*Fagus engleriana* Seem.)、小叶杨(*Populus simonii* Carr.)、锐齿槲栎(*Quercus aliena* Bl. var. *acutiserrata* Maxim. ex Wenz.)、藏刺榛(*Corylus ferox* Wall. var. *thibetica* (Batal.) Franch.);灌木层优势种为金佛山箬竹(*Indocalamus nubigenus* (Keng f.) Yi ex H. R. Zhao et Y. L. Yang),主要伴生种为中华绣线菊(*Spiraea chinensis* Ma-

xim.)、尾萼蔷薇(*Rosa caudata* Baker)、二翅六道木(*Abelia uniflora* R. Br.)、灰毛栒子(*Cotoneaster acutifolius* Turcz. var. *villosulus* Rehd. et Wils.)；草本层优势种为湖北大戟(*Euphorbia hylonoma* Hand. -Mazz.)，主要伴生种为地榆(*Sanguisorba officinalis* L.)、过路黄(*Lysimachia christinae* Hance)、藏苔草(*Carex thibetica* Franch.)、东方草莓(*Fragaria orientalis* Lozinsk.)、淡红忍冬(*Lonicera acuminata* Wall.)。

(2) 群丛 II：华山松 + 山杨 - 金佛山箬竹 - 六叶葎 + 牛尾菜群丛 (Ass. *Pinus armandii* + *Populus davidiana* - *Indocalamus nubigenus* - *Galium asperuloides* subsp. *hoffmeisteri* + *Smilax riparia*)。该群丛主要分布在大、小千家坪的上坡和台地，海拔 2100 ~ 2200 m，坡度 20° ~ 35°，凋落物层厚度 0.5 ~ 1.5 cm。调查样方为 4 个，包含样方 68、71、72、77。乔木层优势种为山杨(*Populus davidiana* Dode)、华山松，主要伴生种为山荆子(*Malus baccata* (L.) Borkh.)、红桦；灌木层优势种为金佛山箬竹，主要伴生种为中华绣线菊、麻核桃栒子(*Cotoneaster foveolatus* Rehd. et Wils.)、华中山楂(*Crataegus wilsonii* Sarg.)；草本层优势种为牛尾菜(*Smilax riparia* A. DC.)和六叶葎(*Galium asperuloides* Edgew. subsp. *hoffmeisteri* (Klotzsch) Hara)，主要伴生种为唐松草(*Thalictrum aquilegifolium* Linn. var. *sibiricum* Regel et Tiling)、莎草(*Cyperus* sp. Linn.)。

(3) 群丛 III：锐齿槲栎 + 刺叶高山栎 - 金佛山箬竹 - 淡红忍冬群丛 (Ass. *Quercus aliena* var. *acutiserrata* + *Quercus spinosa* - *Indocalamus nubigenus* - *Lonicera acuminata*)。该群丛主要分布在小千家坪的下坡，海拔 1700 ~ 2200 m，坡度 22° ~ 35°，凋落物层厚度 1 ~ 1.5 cm。调查样方为 4 个，包含样方 51、53、69、70。乔木层优势种为锐齿槲栎、刺叶高山栎(*Quercus spinosa* David ex Franch.)，主要伴生种为华山松、杈叶槭(*Acer robustum* Pax)、四蕊槭(*Acer stachyophyllum* Hiern subsp. *tetramerum* (Pax) A. E. Murray)、漆树(*Toxicodendron vernicifluum* (Stokes) F. A. Bark.)，灌木层优势种为金佛山箬竹，主要伴生种为卫矛(*Euonymus alatus* (Thunb.) Sieb.)、山胡椒(*Lindera glauca* (Sieb. et Zucc.) Bl)、湖北小



横坐标数字 1 ~ 127 为样地编号。I ~ XIII 为群丛编号，1 ~ 4 为群落编号。

1 ~ 127 in horizontal ordinate represent quadrat numbers. I - XIII represent associate numbers, 1 - 4 represent community numbers.

图 2 神农架川金丝猴栖息地森林群落样地的聚类分析  
Fig. 2 Cluster analysis of forest community sample plots in *Rhinopithecus roxellana* habitat of Shennongjia

表 1 神农架川金丝猴栖息地各群丛分布特征

Table 1 Distribution characteristics for different associations in *Rhinopithecus roxellana* habitat of Shennongjia

植被类型 Vegetation type	主要分布地 Main distributions	地形地貌 Landform	海拔 Altitude (m)	坡度 Slope (°)	凋落层 Litter layer (cm)	样方数 No.
Ass. I	小千家坪、千家坪实验站、道长崖屋 Xiaoqianjiaping, Qianjiaping experimental station, Daozhangyayu	中坡、山脊台地 Middle slope, ridge tableland	1800~2100	10~45	0.5~3.0	19
Ass. II	大、小千家坪 Daqianjiaping, Xiaoqianjiaping	上坡、台地 Upper slope, ridge tableland	2100~2200	20~35	0.5~1.5	4
Ass. III	小千家坪 Xiaoqianjiaping	下坡 Lower slope	1700~2200	22~35	1.0~1.5	4
Ass. IV	金猴岭、红石子沟 Jinhouling, Hongshizigou	上坡 Upper slope	2000~2600	15~55	0.2~2.0	7
Ass. V	小龙潭 Xiaolongtan	下坡 Lower slope	2000~2400	25~30	0.5~2.0	6
Ass. VI	小龙潭、神农源 Xiaolongtan, Shennongyuan	上坡、台地 Upper slope, tableland	2200~2600	10~45	0.1~2.0	22
Ass. VII	红石子沟 Hongshizigou	上坡、山脊 Upper slope, ridge	2100~2300	5~35	0.2~1.5	7
Ass. VIII	观音洞、胜利桥 Guanyindong, Shengliqiao	上坡 Upper slope	2100~2500	25~50	0.5~4.0	4
Ass. IX	观音洞、胜利桥、大湾、道长崖屋 Guanyindong, Shengliqiao, Dawan, Daozhangyayu	上坡、山脊台地 Upper slope, ridge tableland	2100~2600	20~55	1.0~4.0	12
Ass. X	胜利桥、罗圈套、水金湾 Shengliqiao, Luoquantao, Shuijinwan	上坡 Upper slope	2000~2500	30~40	1.0~4.0	6
Ass. XI	胜利桥、大湾 Shengliqiao, Dawan	下坡 Lower slope	1900~2100	25~42	1.0~2.0	4
Ass. XII	观音洞、罗圈套、大湾 Guanyindong, Luoquantao, Dawan	上坡、山脊 Upper slope	2300~2700	25~65	1.0~5.0	16
Ass. XIII	大千家坪、金猴岭、红石子沟 Daqianjiaping, Jinhouling, Hongshizigou	上坡 Upper slope	2100~2500	10~35	0.2~1.0	7
Comm. 1	大、小千家坪 Daqianjiaping, Xiaoqianjiaping	上坡、台地 Upper slope, tableland	2000~2200	15	0.5~1.5	3
Comm. 2	大湾、胜利桥 Dawan, Shengliqiao	下坡 Lower slope	1800~2000	25~38	0.5~3.0	3
Comm. 3	胜利桥 Shengliqiao	上坡 Upper slope	2100~2200	20~45	2.0~3.0	2
Comm. 4	红石子沟 Hongshizigou	上坡 Upper slope	2121	10	0.2	1

槲 (*Berberis gagnepainii* Schneid.)、小叶菝葜 (*Smilax microphylla* C. H. Wright)、峨眉蔷薇 (*Rosa omeiensis* Rolfe); 草本层优势种为淡红忍冬, 主要伴生种为湖北大戟、三脉紫菀 (*Aster ageratoides* Turcz.)、酢浆草 (*Oxalis corniculata* L.)、独活 (*Heracleum hemsleyanum* Diels)、风毛菊 (*Saussurea japonica* (Thunb.) DC.)。

(4) 群丛IV: 红桦-湖北花楸-离舌囊吾群丛 (*Ass. Betula albo-sinensis - Sorbus hupehensis - Ligularia veitchiana*)。该群丛主要分布在金猴岭

和红石子沟等地的上坡, 海拔 2000 ~ 2600 m, 坡度 15° ~ 55°, 凋落物层厚度 0.2 ~ 2.0 cm。调查样方为 7 个, 包含样方 83 ~ 88、123。乔木层优势种为红桦, 主要伴生种为巴山冷杉 (*Abies fargesii* Franch.)、大叶杨 (*Populus lasiocarpa* Oliv.)、多齿长尾槭 (*Acer caudatum* Wall.)、华山松、五尖槭 (*Acer maximowiczii* Pax); 灌木层优势种为湖北花楸 (*Sorbus hupehensis* Schneid.)、主要伴生种为峨眉蔷薇、中华绣线菊、垂丝丁香 (*Syringa komarowii* Schneid. var. *reflexa* (Schneid.) Jien

ex M. C. Chang); 草本层优势种为离舌囊吾 (*Ligularia veitchiana* (Hemsl.) Greenm.), 主要伴生种为六叶葎、顶蕊三角咪 (*Pachysandra terminalis* Sieb. et Zucc.)、三脉紫菀、东方草莓 (*Fragaria orientalis* Lozinsk.)、松荫蓼 (*Polygonum pinetorum* Hemsl.)。

(5) 群丛V: 红桦-宜昌木姜子+兴山五味子-中日金星蕨群丛 (Ass. *Betula albosinensis* - *Litsea ichangensis* + *Schisandra incarnata* - *Parathelypteris nipponica*)。该群丛主要分布在小龙潭的下坡, 海拔2000~2400 m, 坡度25°~30°, 凋落物层厚度0.5~2.0 cm。调查样方为6个, 包含样方99~102、120、121。乔木层优势种为红桦, 主要伴生种为华山松、漆树、四蕊槭、五尖槭; 灌木层优势种为宜昌木姜子 (*Litsea ichangensis* Gamble)、兴山五味子 (*Schisandra incarnata* Stapf), 主要伴生种为湖北蔷薇 (*Rosa henryi* Bouleng.)、华中山楂、尾萼蔷薇、湖北花楸、喜阴悬钩子 (*Rubus mesogaeus* Focke); 草本层优势种为中日金星蕨 (*Parathelypteris nipponica* (Franch. et Sav.) Ching), 主要伴生种为落新妇 (*Astilbe chinensis* (Maxim.) Franch. et Savat.)、茜草 (*Rubia cordifolia* L.)、抱茎风毛菊 (*Saussurea chingiana* Hand. -Mazz.)。

(6) 群丛VI: 巴山冷杉+红桦-箭竹+兴山五味子-抱茎风毛菊群丛 (Ass. *Abies fargesii* + *Betula albosinensis* - *Fargesia spathacea* + *Schisandra incarnata* - *Saussurea chingiana*)。该群丛主要分布在小龙潭和神农源等地上坡和台地, 海拔2200~2600 m, 坡度10°~45°, 凋落物层厚度0.1~2.0 cm。调查样方为22个, 包含样方103~119、122、124~127。乔木层优势种为巴山冷杉、红桦, 主要伴生种为华山松、山杨、四蕊槭、五尖槭; 灌木层优势种为箭竹 (*Fargesia spathacea* Franch.)和兴山五味子, 主要伴生种为湖北花楸、湖北蔷薇、峨眉蔷薇、华中山楂; 草本层优势种为抱茎风毛菊, 主要伴生种为深山蟹甲草 (*Parasenecio profundorum* (Dunn) Y. L. Chen)、落新妇、三脉紫菀、黑心蕨 (*Doryopteris concolor* (Langsd. et Fisch.) Kuhn)、松荫蓼。

(7) 群丛VII: 华山松-二翅六道木+兴山五味子-抱茎风毛菊群丛 (Ass. *Pinus armandii* - *Abe-*

*lia uniflora* + *Schisandra incarnata* - *Saussurea chingiana*)。该群丛主要分布在红石子沟等地的上坡和山脊, 海拔2100~2300 m, 坡度5°~35°, 凋落物层厚度0.2~1.5 cm。调查样方为7个, 包含样方91~97。乔木层优势种为华山松, 主要伴生种为巴山冷杉、大叶杨、四蕊槭、五尖槭、坚桦 (*Betula chinensis* Maxim.)；灌木层优势种为二翅六道木、兴山五味子, 主要伴生种为峨眉蔷薇、尾萼蔷薇、鞘柄菝葜 (*Smilax stans* Maxim.)、湖北花楸、毒漆藤 (*Toxicodendron radicans* (L.) O. Kuntze)；草本层优势种为抱茎风毛菊, 主要伴生种为茜草、细辛 (*Asarum sieboldii* Miq.)、散序地杨梅 (*Luzula effusa* Buchen.)。

(8) 群丛VIII: 华山松-拐棍竹-湖北大戟+三脉紫菀群丛 (Ass. *Pinus armandii* - *Fargesia robusta* - *Euphorbia hylonoma* + *Aster ageratoides*)。该群丛主要分布在观音洞、胜利桥等地的上坡, 海拔2100~2500 m, 坡度25°~50°, 凋落物层厚度0.5~4.0 cm。调查样方为4个, 包含样方12、42~44。乔木层优势种为华山松, 主要伴生种为铁坚杉 (*Keteleeria davidiana* (Bertr.) Beissn.)、巴山冷杉; 灌木层优势种为拐棍竹 (*Fargesia robusta* Yi), 主要伴生种为芒齿小檗 (*Berberis triacanthophora* Fedde)、五味子 (*Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill.)、桦叶荚蒾 (*Viburnum betulifolium* Batal.)、鞘柄菝葜、湖北花楸; 草本层优势种为湖北大戟和三脉紫菀, 主要伴生种为翅柄风毛菊 (*Saussurea alatipes* Hemsl.)、升麻 (*Cimicifuga foetida* L.)。

(9) 群丛IX: 华山松-鄂西绣线菊-中日金星蕨群丛 (Ass. *Pinus armandii* - *Spiraea veitchii* - *Parathelypteris nipponica*)。该群丛主要分布在观音洞、胜利桥、大湾、道长崖屋、水金湾等地的上坡和山脊台地, 海拔2100~2600 m, 坡度20°~55°, 凋落物层厚度1.0~4.0 cm。调查样方为12个, 包含样方1、2、11、14~17、24、30、45~47。乔木层优势种为华山松, 主要伴生种为红桦、巴山冷杉、青榨槭 (*Acer davidii* Franch.)；灌木层优势种为鄂西绣线菊 (*Spiraea veitchii* Hemsl.)，主要伴生种为菰帽悬钩子 (*Rubus pileatus* Focke)、尾萼蔷薇、华中山楂、灰毛栒子; 草本层优势种为中日金星蕨, 主要伴生种为黑心蕨、东

方草莓、茜草。

(10) 群丛X: 米心水青冈+华山松-湖北花楸+山胡椒-三脉紫菀群丛(Ass. *Fagus engleriana* + *Pinus armandii* - *Sorbus hupehensis* + *Lindera glauca* - *Aster ageratoides*)。该群丛主要分布在胜利桥、罗圈套、水金湾等地的上坡,海拔2000~2500 m,坡度30°~40°,凋落物层厚度1.0~4.0 cm。调查样方为6个,包含样方18、23、34~37。乔木层优势种为米心水青冈、华山松,主要伴生种为红桦、青榨槭、华西枫杨(*Pterocarya insignis* Rehd. et Wils.);灌木层优势种为湖北花楸、山胡椒,主要伴生种为五味子、鞘柄菝葜、鄂西绣线菊、三桠乌药(*Lindera obtusiloba* Bl. Mus. Bot.);草本层优势种为三脉紫菀,主要伴生种为翅柄风毛菊、淡红忍冬、中日金星蕨。

(11) 群丛XI: 华山松+红桦-鞘柄菝葜+桦叶荚蒾-中日金星蕨群丛(Ass. *Pinus armandii* + *Betula albosinensis* - *Smilax stans* + *Viburnum betulifolium* - *Parathelypteris nipponica*)。该群丛主要分布在胜利桥、大湾等地的下坡,海拔1900~2100 m,坡度25°~42°,凋落物层厚度1.0~2.0 cm。调查样方为4个,包含样方19、32、38、39。乔木层优势种为华山松、红桦,主要伴生种为小叶柳(*Salix hypoleuca* Seemen)、青榨槭、漆树;灌木层优势种为鞘柄菝葜、桦叶荚蒾,主要伴生种为茶荚蒾(*Viburnum setigerum* Hance)、五味子、毛灰栒子(*Cotoneaster acutifolius* var. *villosulus* Rehd.)、鄂西绣线菊;草本层优势种为中日金星蕨,主要伴生种为淡红忍冬、丝叶苔草(*Carex capilliformis* Franch.)、荚果蕨(*Matteuccia struthiopteris* (L.) Todaro)、六叶葎。

(12) 群丛XII: 巴山冷杉+华山松-鞘柄菝葜+鄂西绣线菊-中日金星蕨群丛(Ass. *Abies fargesii* + *Pinus armandii* - *Smilax stans* + *Spiraea veitchii* - *Parathelypteris nipponica*)。该群丛主要分布在观音洞、罗圈套、大湾等地的上坡和山脊,海拔2300~2700 m,坡度25°~65°,凋落物层厚度1.0~5.0 cm。调查样方为16个,包含样方3~10、13、20~22、25~28。乔木层优势种为巴山冷杉、华山松,主要伴生种为红桦、青榨槭;灌木层优势种为鞘柄菝葜、鄂西绣线菊,主要伴生种为湖北花楸、箭竹、插田泡(*Rubus coreanus*

Miq.)、毛灰栒子;草本层优势种为中日金星蕨,主要伴生种为湖北大戟、黑心蕨、东方草莓、甘肃耧斗菜(*Aquilegia oxysepala* Trautv. et Mey. var. *kansuensis* Bruhl)。

(13) 群丛XIII: 巴山冷杉+山杨-中华绣线菊+金佛山箬竹-松荫蓼群丛(Ass. *Abies fargesii* + *Populus davidiana* - *Spiraea chinensis* + *Indocalamus nubigenus* - *Polygonum pinetorum*)。该群丛主要分布在大千家坪、金猴岭、红石子沟等地的上坡,海拔2100~2500 m,坡度10°~35°,凋落物层厚度0.2~1.0 cm。调查样方为7个,包含样方78~82、89、90。乔木层优势种为巴山冷杉、山杨,主要伴生种为华山松、红桦、五尖槭;灌木层优势种为金佛山箬竹、中华绣线菊,主要伴生种为鞘柄菝葜、华中山楂、箭竹;草本层优势种为松荫蓼,主要伴生种为藁本(*Ligusticum sinense* Oliv.)、兴山五味子、蕨(*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn)。

(14) 群落1: 华山松+红桦-金佛山箬竹-湖北大戟+藏苔草群落(Comm. *Pinus armandii* + *Betula albosinensis* - *Indocalamus nubigenus* - *Euphorbia hylonoma* + *Carex thibetica*)。调查样方只有3个(样方73、74、75)。该群落主要分布在大、小千家坪等地的上坡和台地,海拔2000~2200 m,坡度15°,凋落物层厚度0.5~1.5 cm。乔木层优势种为红桦、华山松,主要伴生种为山荆子、青榨槭、锐齿槲栎;灌木层优势种为金佛山箬竹,主要伴生种为白檀(*Symplocos paniculata* (Thunb.) Miq.)、二翅六道木、中华绣线菊、卫矛;草本层优势种为藏苔草、湖北大戟,主要伴生种为牛尾菜、升麻。

(15) 群落2: 米心水青冈-茶荚蒾+二翅六道木-翅柄风毛菊群落(Comm. *Fagus engleriana* - *Viburnum setigerum* + *Abelia uniflora* - *Saussurea alatipes*)。调查样方只有3个(样方29、31、32)。该群落主要分布在大湾、胜利桥等地的下坡,海拔1800~2000 m,坡度25°~38°,凋落物层厚度0.5~3.0 cm。乔木层优势种为米心水青冈,主要伴生种为巴山冷杉、楝木(*Swida macrophylla* (Wall.) Soják)、红桦、青榨槭;灌木层优势种为茶荚蒾、二翅六道木,主要伴生种为三桠乌药(*Lindera obtusiloba* Bl. Mus. Bot.)、山胡椒、

鞘柄菝葜、插田泡；草本层优势种为翅柄风毛菊，主要伴生种为水苏 (*Stachys japonica* Miq.)、淡红忍冬、金线草 (*Antenoron filiforme* (Thunb.) Rob. et Vaut.)。

(16) 群落3: 铁坚杉+华山松-尾萼蔷薇+五味子-翅柄风毛菊群落 (Comm. *Keteleeria davidiana* + *Pinus armandii* - *Rosa caudata* + *Schisandra chinensis* - *Saussurea alatipes*)。调查样方只有2个(样方40、41)。该群落主要分布在胜利桥等地的上坡，海拔2100~2200 m，坡度20°~45°，凋落物层厚度2.0~3.0 cm。乔木层优势种为铁坚杉、华山松，主要伴生种为麦吊云杉 (*Picea brachytyla* (Franch.) Pritz.)；灌木层优势种为尾萼蔷薇、五味子，主要伴生种为芒齿小檗、鞘柄菝葜、藏刺榛、拐棍竹；草本层优势种为翅柄风毛菊，主要伴生种为淡红忍冬、三脉紫菀。

(17) 群落4: 巴山冷杉-五裂槭+青荚叶-松荫蓼群落 (Comm. *Abies fargesii* - *Acer oliverianum* + *Helwingia japonica* - *Polygonum pinetorum*)。该群落分布在红石子沟，海拔2121 m，调查样方只有1个(样方98)，在植被系统中暂定为群落。乔木层优势种为巴山冷杉，伴生种为红桦、华山松、

小叶杨；灌木层优势种为五裂槭、青荚叶，主要伴生种为二翅六道木；草本层优势种为松荫蓼，主要伴生种为毒漆藤。

### 3.2 各群丛的植物组成及食源植物

调查结果显示，各群丛中物种多样性大小为：草本层 > 灌木层 > 乔木层(表2)。物种数最多的为群丛IX，有238种；其次是群丛XII、群丛I和群丛VI，分别为234种、217种和196种；这4个群丛植物种数较多，主要是由于其在神农架川金丝猴活动区域分布广，而且群丛海拔较高，人为干扰较少。物种数最少的是群丛II，只有71种，其分布在千家坪的上坡和台地，这片区域灌木层金佛山箬竹盖度超过90%，草本层植物很难生长。

各群丛中，乔木层优势种多为华山松、红桦、巴山冷杉、米心水青冈、锐齿槲栎、山杨，主要伴生种常见的有湖北花楸、五裂槭、青榨槭、二翅六道木、卫矛、鞘柄菝葜、木姜子以及蔷薇属、五味子属植物，这些植物几乎都为川金丝猴的食源植物。其中群丛IX所含的食源植物种数最多，有49种；其次是群丛I和群丛VI，均有37种。而群丛II和群丛III所含种数最少。从食源植物来看，群丛IX、I、VI有利于川金丝猴种群的生存，同时这3

表2 神农架川金丝猴栖息地不同群丛的乔、灌、草及食源植物物种数

Table 2 Number of tree, shrub, herb and food resource species in different associations in *Rhinopithecus roxellana* habitat at Shennongjia

植被类型 Vegetation type	乔木种数 Tree	灌木种数 Shrub	草本种数 Herb	总种数 Number of species	食源植物种数 Number of food resources
Ass. I	26	89	148	217	37
Ass. II	8	34	36	71	18
Ass. III	13	39	52	94	24
Ass. IV	14	59	104	159	35
Ass. V	18	54	88	128	31
Ass. VI	27	71	153	196	37
Ass. VII	16	51	102	138	32
Ass. VIII	17	47	67	114	25
Ass. IX	41	88	161	238	49
Ass. X	30	56	101	162	31
Ass. XI	28	62	100	161	35
Ass. XII	23	72	184	234	30
Ass. XIII	9	53	64	109	32
Comm. 1	6	36	54	87	24
Comm. 2	18	50	91	138	33
Comm. 3	13	38	62	100	28
Comm. 4	11	16	38	65	19

个群丛植物种数最多、分布较广，也是川金丝猴栖息地的主要植被类型。

### 3.3 群丛乔木层胸径等级与高度分析

川金丝猴是典型的森林树栖灵长类动物，由建群种形成的栖息地乔木层为其提供了活动和觅食的场所，因此乔木层的结构对川金丝猴种群的生存起着至关重要的作用。由表 3 可见，群丛Ⅳ中胸径大于 30 cm 的乔木所占比例在各群丛中最大，达到了 28.6%(21.8 与 6.8 之和)；其次是群丛Ⅵ，该比例为 25%。就高度而言，群丛Ⅳ中乔木层平均高度为 23 m，在所有群丛中平均高度最高。一般而言，乔木层胸径越大，承载能力则越强；高度越大，金丝猴越容易躲避各类干扰和人类猎杀。因此，就群丛的乔木层结构而言，群丛Ⅳ最有利于金丝猴种群的生存和持续发展。

对各群丛乔木胸径等级进行比较分析可见，胸径小于 15 cm 的株数所占比例最高的是群丛Ⅲ，达 43.1%，该群丛平均树高只有 15 m，在各群丛中最低。相对而言，其隐蔽性较差，不利于川金丝猴栖息活动。

## 4 讨论

本研究应用植物社会学和数量分类方法对神农

架国家级自然保护区川金丝猴栖息地植被进行了调查和分类。采用植物社会学方法进行植物样方调查，该方法强调调查样地的均质性，不限定样地形状与面积<sup>[28]</sup>，能更好地体现植被类型与环境的相关性；同时该调查方法要求样方中所出现的全部植物种类都要分层进行识别、记录，以保证调查资料的准确性<sup>[31]</sup>。但是植物社会学的植被分类方法操作较为复杂，而数量分类的方法操作简单方便，结果也比较客观，因此本文在进行植被分类时应用了数量分类方法中的等级聚类法。在群丛设立标准上，本文参考了植物社会学中有关样方标准的规则，力求使群丛分类更加客观。本文的植被分类中，有 4 个群落因样方量较少，不足以确定为群丛，本文未对其进行详细的分析，今后对神农架川金丝猴栖息地的调查中，随着样方数量的积累，可重新对 4 个群落的样方进行划分，将其归入相应的群丛。

李广良等<sup>[20,21]</sup>对神农架川金丝猴栖息地植被进行了以群系(群丛的上一级单位)为单位的分类，将其划分为 9 个群系。将本文群丛划分结果与李广良等的植被分类结果进行比较，综合考虑建群种和海拔高度，可将本研究中群丛Ⅻ归入李广良等划分的巴山冷杉-粉红杜鹃+箭竹-玉竹+西南草莓群

表 3 神农架川金丝猴栖息地各群丛(或群落)不同乔木胸径等级的株数比例及乔木层平均高度  
Table 3 Average height of trees and proportion of trees in DBH classes in different associations (communities) of *Rhinopithecus roxellana* habitat at Shennongjia

植被类型 Vegetation type	不同乔木胸径等级的株数比例 (%) Proportions of trees in DBH classes				平均树高(m) Average height of tree
	5 cm < D ≤ 15 cm	15 cm < D ≤ 30 cm	30 cm < D ≤ 45 cm	D > 45 cm	
Ass. I	30.5	60.3	8.4	0.8	17
Ass. II	24.3	66.2	8.1	1.4	18
Ass. III	43.1	44.8	6.9	5.2	15
Ass. IV	5	66.4	21.8	6.8	23
Ass. V	26.4	60.1	13.5	0	16
Ass. VI	14.8	60.2	19	6	21
Ass. VII	31.2	47.7	14.7	6.4	18
Ass. VIII	2.9	73.5	22.1	1.5	22
Ass. IX	9.2	78.1	12.7	0	16
Ass. X	9	66.7	19.8	4.5	22
Ass. XI	25	52	13.6	9.4	17
Ass. XII	5.1	73.5	18.8	2.6	16
Ass. XIII	22.9	54.2	13.3	9.6	20
Comm. 1	14.3	74.2	8.6	2.9	17
Comm. 2	0	79.5	17.9	2.6	22
Comm. 3	17.7	73.5	8.8	0	16
Comm. 4	4.8	61.9	30.9	2.4	18

系 (Form. *Abies fargesii* - *Rhododendron oreodoxa* + *Fargesia spathacea* - *Polygonatum odoratum* + *Fragaria moupinensis*); 群丛 VI 和 XIII 可归入巴山冷杉 + 糙皮桦 - 大齿槭 + 尾萼蔷薇 - 高原露珠草 + 星果草群系 (Form. *Abies fargesii* + *Betula utilis* - *Acer megalodum* + *Rosa caudata* - *Circaea alpina* + *Asteropyrum peltatum*); 群丛 III 可归入锐齿槲栎 + 米心水青冈 - 宜昌茱萸 + 猫儿刺 - 丝柄苔草 + 鹿蹄草 + 中日金星蕨群系 (Form. *Quercus aliena* + *Fagus engleriana* - *Viburnum erosum* + *Ilex pernyi* - *Carex filipes* + *Pyrola calliantha* + *Parathelypteris nipponica*); 群丛 I、II、VII、VIII、IX、X、XI 可归入华山松 + 华中樱桃 - 广椭绣线菊 + 暗红栒子 - 丝柄苔草 + 中日金星蕨群系 (Form. *Pinus armandii* + *Cerasus conradinae* - *Spiraea ovalis* + *Cotoneaster obscures* - *Carex filipes* + *Parathelypteris nipponica*)。群丛 IV 和 V 的建群种为红桦, 且海拔分布较高, 都在 2000 m 以上, 考虑建群种和海拔高度, 这 2 个群丛不属于李广良等划分的 9 大群系, 应属于新的群系, 限于样方数量, 对于群系及以上水平的分类仍有待进一步研究。

川金丝猴是典型的树栖灵长类动物, 丰富的食物来源、广阔的活动空间和较好的隐蔽场所是川金丝猴最基本的生存要素<sup>[4]</sup>。对各群丛的物种组成及食源植物进行分析发现, 各群丛的优势种及主要伴生种, 大部分为金丝猴的食源植物, 其中 IX、I、VI 群丛所含种数最多, 是川金丝猴栖息地的主要植被类型。可见, 丰富的食物来源是川金丝猴选择栖息地的关键因素, 因此对川金丝猴栖息地的保护应优先考虑对食源植物物种的保护。

有研究表明, 川金丝猴的活动和觅食行为几乎均在栖息地高大乔木树种上完成, 很少在地下活动<sup>[2]</sup>, 因此, 栖息地森林乔木层树种的结构特点对川金丝猴的栖息和生存有较大影响。胸径大的树木所占的比例较高说明群丛树木年龄较大, 比较原始<sup>[32]</sup>, 受到的干扰较小; 同时, 树木胸径越大, 承载能力越强, 川金丝猴在取食和游荡时折断树枝跌落的风险就小。因此, 若群丛中胸径大的树木占有比例较高, 将有利于川金丝猴种群的生存和持续发展。而树木的高度则可以作为躲避地面天敌捕食或人类干扰的指标, 一般情况下, 树木越高, 被天

敌和人类威胁的几率越小, 对川金丝猴的安全越有利<sup>[33]</sup>。从分析结果来看, 群丛 IV 胸径大于 30 cm 的树木所占比例及乔木层平均高度均是各群丛中最大的, 该群丛是神农架川金丝猴栖息地的主要植被类型之一。

综上所述可知, 川金丝猴之所以喜好这种植被类型的栖息地, 是因为这些群丛不仅为它们提供了丰富的食源植物, 同时群丛中的高大乔木也为川金丝猴提供了安全的庇护场所。今后在川金丝猴保育工作中, 对其栖息地的选择及植被恢复应重点考虑这两个要素。

**致谢:** 感谢湖北大学研究生张娥、赖春林、田凯、李泽、彭乾乾, 神农架国家级自然保护区杨敬元、王敏、赵习根、杨凯在野外调查和标本鉴定工作中给予的帮助。

### 参考文献:

- [1] 铁军, 张晶, 彭林鹏, 廖明尧, 杨林森, 张志翔. 神农架川金丝猴栖息地植物区系特征及食物资源研究[J]. 广西植物, 2009, 29(6): 736-743.  
Tie J, Zhang J, Peng LP, Liao MY, Yang LS, Zhang ZX. Plant flora characteristics and food resources of *Rhinopithecus roxellana* habitats in Shennongjia, China[J]. *Guihaia*, 2009, 29(6): 736-743.
- [2] 全国强, 谢家华. 金丝猴研究[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2002: 89-95.  
Quan GQ, Xie JH. Research on the Golden Monkey[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2002: 89-95.
- [3] 李广良, 薛亚东, 张于光, 宿秀江, 杨敬元, 王秀磊, 李迪强. 神农架川金丝猴栖息地森林类型与植物多样性研究[J]. 林业科学研究, 2012, 25(03): 308-316.  
Li GL, Xue YD, Zhang YG, Su XJ, Yang JY, Wang XL, Li DQ. Study on habitat forest type and plant diversity of sichuan snub-nosed monkey in Shennongjia National Nature Reserve[J]. *Forest Research*, 2012, 25(3): 308-316.
- [4] 朱兆泉. 神农架金丝猴生态学[J]. 湖北林业科技, 2003 (增刊): 46-52.  
Zhu ZQ. Ecological study on Shennongjia golden monkey [J]. *Hubei Forestry Science and Technology*, 2003 (supp.): 46-52.
- [5] 李义明, 廖明尧, 喻杰, 杨敬元. 社群大小的年变化、气候和人类活动对神农架自然保护区川金丝猴日移动距离的影响[J]. 生物多样性, 2005, 13(5): 432-438.  
Li YM, Liao MY, Yu J, Yang JY. Effects of annual change in group size, human disturbances and weather on daily travel distance of a group in Sichuan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus roxellana*) in Shennongjia Nature Re-

- serve, China [J]. *Biodiversity Science*, 2005, 13(5): 432-438.
- [6] 余辉亮. 湖北神农架自然保护区川金丝猴投食群行为学初步研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2013: 19-25.  
Yu HL. Habituation and dispersal of a provisioned group of golden snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) in Shennongjia [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2013: 19-25.
- [7] 蔚培龙, 廖明尧, 胡汉斌, 赵本元, 杨敬元, 鲍伟东. 神农架自然保护区川金丝猴投食群友好行为的初步观察[J]. 动物学杂志, 2009, 44(3): 43-48.  
Yu PL, Liao MY, Hu HB, Zhao BY, Yang JY, Bao WD. Preliminary observation on affiliative behaviors of *Rhinopithecus roxellana* in a provisioned group in the Shennongjia National Nature Reserve [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2009, 44(3): 43-48.
- [8] 邓龙强, 蔚培龙, 鲍伟东, 廖明尧, 李丽娟. 神农架自然保护区金丝猴投食群性行为的初步观察[J]. 湖北林业科技, 2013(3): 29-31, 53.  
Deng LQ, Yu PL, Bao WD, Liao MY, Li LJ. Preliminary observation on copulation of Sichuan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) in a provisioned group in Shennongjia National Nature Reserve [J]. *Hubei Forestry Science and Technology*, 2013(3): 29-31, 53.
- [9] 蔚培龙, 杨敬元, 鲍伟东, 余辉亮, 姚辉, 吴峰. 神农架川金丝猴投食群的攻击行为及等级序列[J]. 兽类学报, 2009, 29(1): 7-11.  
Yu PL, Yang JY, Bao WD, Yu HL, Yao H, Wu F. Aggressive behaviors and the rank order of a provisioned group chuan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) in Shennongjia [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2009, 29(1): 7-11.
- [10] 罗芳, 陈九屹, 蔚培龙, 鲍伟东. 神农架川金丝猴投食群0-6月龄的母亲照顾行为[J]. 兽类学报, 2011, 31(4): 422-427.  
Luo F, Chen JY, Yu PL, Bao WD. Infant-care behaviors exhibited toward 0-6 month-old infants of a provisioned group of Sichuan snub-nosed monkey in Shennongjia National Nature Reserve [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2011, 31(4): 422-427.
- [11] 胡振林, 朱兆泉, 刘翠华. 神农架金丝猴的生态学观察[J]. 生态学杂志, 1992, 11(4): 27-30.  
Hu ZL, Zhu ZQ, Liu CH. Ecological observation on golden monkey in Shennongjia Natural Reserve [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 1992, 11(4): 27-30.
- [12] 李进宇. 神农架自然保护区川金丝猴 (*Rhinopithecus roxellana*) 食源植物丰富度和营养季节性变化的研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2015: 43-50.  
Li JY. Abundance of Diet plants and seasonal changes of diet nutrients of *Rhinopithecus roxellana* in Shennongjia Natural Reserve, China [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2015: 43-50.
- [13] 李进宇, 张晶, 张志翔, 杨占, 杨敬元. 湖北神农架川金丝猴食物营养的季节性特征[J]. 东北林业大学学报, 2014, 42(7): 148-153.  
Li JY, Zhang J, Zhang ZX, Yang Z, Yang JY. Macronutrient seasonal changing on snub-nosed monkey (*Rhinopithecus roxellana*) diet in Shennongjia National Nature Reserve, China [J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2014, 42(7): 148-153.
- [14] 铁军, 张晶, 彭林鹏, 张志翔. 神农架川金丝猴冬春季取食影响因素[J]. 生态学杂志, 2011, 30(11): 2562-2569.  
Tie J, Zhang J, Peng LP, Zhang ZX. Factors affecting the foraging of *Rhinopithecus roxellana* in Shennongjia Nature Reserve in winter and spring [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30(11): 2562-2569.
- [15] 铁军, 张晶, 彭林鹏, 王大兴, 胡德夫, 张志翔. 神农架川金丝猴冬春季食性分析[J]. 生态学杂志, 2010, 29(01): 62-68.  
Tie J, Zhang J, Peng LP, Wang DX, Hu DF, Zhang ZX. Feeding habits of *Rhinopithecus roxellana* in Shennongjia Nature Reserve of China in winter and spring [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(1): 62-68.
- [16] 杨敬元, 刘学聪, 廖明尧. 神农架一个川金丝猴群的食物分布[J]. 动物学杂志, 2014, 49(4): 465-475.  
Yang JY, Liu XC, Liao MY. Food distribution for a group of *Rhinopithecus roxellana* in Shennongjia, China [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2014, 49(4): 465-475.
- [17] 铁军, 张晶, 彭林鹏, 杨林森, 胡德夫, 张志翔. 神农架川金丝猴栖息地优势树种生态位及食源植物[J]. 植物生态学报, 2009, 33(3): 482-491.  
Tie J, Zhang J, Peng LP, Yang LS, Hu DF, Zhang ZX. Dominant trees' niche characteristics and food plants in *Rhinopithecus roxellana* habitat in Shennongjia, China [J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2009, 33(3): 482-491.
- [18] 铁军, 张晶, 彭林鹏, 廖明尧, 张志翔. 神农架川金丝猴栖息地乔木层物种多样性及其海拔梯度变化[J]. 植物科学学报, 2011, 29(2): 141-148.  
Tie J, Zhang J, Peng LP, Liao MY, Zhang ZX. Species diversity of the tree layer with changes in altitudes in *Rhinopithecus roxellana* habitats at Shennongjia, China [J]. *Plant Science Journal*, 2011, 29(2): 141-148.
- [19] 铁军. 神农架川金丝猴 (*Rhinopithecus roxellana*) 栖息地植物构成和食源植物评价研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2009: 52-59.  
Tie J. The plant composition in the habitat and food resources evaluation of *Rhinopithecus roxellana* in Shennongjia, China [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2009: 52-59.

- [20] 李广良, 丛静, 卢慧, 薛亚东, 宿秀江, 杨敬元, 李迪强. 神农架川金丝猴栖息地森林群落的质量分类与排序[J]. 生态学报, 2012, 32(23): 7501-7511.  
Li GL, Cong J, Lu H, Xue YD, Su XJ, Yang JY, Li DQ. Numerical classification and ordination of forest communities in habitat of Sichuan snub-nosed monkey in Hubei Shennongjia National Nature Reserve[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(23): 7501-7511.
- [21] 李广良. 神农架保护区川金丝猴活动区域动植物群落研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2012: 17-26.  
Li GL. Studies on community of plant and animal in habitat of *Rhinopithecus roxellana* in Hubei Shennongjia National Nature Reserve, China[D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2012: 17-26.
- [22] 刘永杰, 王世畅, 彭皓, 李镇清. 神农架自然保护区森林生态系统服务价值评估[J]. 应用生态学报, 2014, 25(5): 1431-1438.  
Liu YJ, Wang SC, Peng H, Li ZQ. Evaluation of ecosystem service values of the forests of Shennongjia Nature Reserve[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2014, 25(5): 1431-1438.
- [23] 李广良, 李迪强, 薛亚东, 王秀磊, 杨敬元, 余辉亮. 利用红外相机研究神农架自然保护区野生动物分布规律[J]. 林业科学, 2014, 50(9): 97-104.  
Li GL, Li DQ, Xue YD, Wang XL, Yang JY, Yu HJ. Distribution of wildlife surveyed with infra-red cameras in the Shennongjia National Nature Reserve[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2014, 50(9): 97-104.
- [24] 丛静, 刘晓, 卢慧, 薛亚东, 刘学端, 尹华群, 李迪强, 张于光. 神农架自然保护区土壤微生物生物量碳、氮沿海拔梯度的变化及其影响因素[J]. 生态学杂志, 2014, 33(12): 3381-3387.  
Cong J, Liu X, Lu H, Xue YD, Liu XD, Yin HQ, Li DQ, Zhang YG. Changes of soil microbial biomass carbon and nitrogen along the altitude gradient and its influence factors in Shennongjia Natural Reserve, China[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2014, 33(12): 3381-3387.
- [25] 姜治国, 王大兴, 杨敬元, 杨开华. 神农架国家级自然保护区植物资源调查研究[J]. 湖北林业科技, 2010(5): 35-38.  
Jiang ZG, Wang DX, Yang JY, Yang KH. Investigation and study on the plant resources in Shennongjia National Nature Reserve[J]. *Hubei Forestry Science and Technology*, 2010(5): 35-38.
- [26] 刘广超. 川金丝猴栖息地质量评价和保护对策研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2007: 43-45.  
Liu GC. Study on *Rhinopithecus roxellana*'s habitat evaluation and conservation strategy[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2007: 43-45.
- [27] 葛继稳, 吴金清, 朱兆泉, 赵本元. 神农架生物圈保护区生物多样性及其保护现状的研究[J]. 武汉植物学研究, 1997, 15(4): 341-352.  
Ge JW, Wu JQ, Zhu ZQ, Zhao BY. Studies on plant diversity and present situation of conservation in Shennongjia biosphere reserve, Hubei, China[J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1997, 15(4): 341-352.
- [28] Fujiwara K. Aims and methods of phytosociology or "vegetation science" [C]//Kobe Geobotanical Society eds. Plant Ecology and Taxonomy to the Memory of Dr. Satoshi Nakanishi. Kobe: Kobe Geobotanical Society Publishers, 1987: 607-628.
- [29] 汪正祥, 雷耘, Fujiwara K, 刘林翰, 薛跃规. 亚热带亮叶水青冈林的群落分类及物种组成与更新[J]. 生物多样性, 2006, 14(1): 29-40.  
Wang ZX, Lei Y, Fujiwara K, Liu LH, Xue YG. Community classification, species composition, and regeneration of *Fagus lucida* forests in subtropical mountains, China[J]. *Biodiversity Science*, 2006, 14(1): 29-40.
- [30] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001: 42-46.  
Song YC. Vegetation Ecology[M]. Shanghai: East China Normal University Press, 2001: 42-46.
- [31] 汪正祥, 何建平, 雷耘, 杨其仁, 江建国. 湖北野人谷自然保护区生物多样性及其保护研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2013: 33.  
Wang ZX, He JP, Lei Y, Yang QR, Jiang JG. The research on biodiversity and conservation in Yerengu nature reserve, Hubei Province[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2013: 33.
- [32] 谢春华, 依旺香, 周冬梅, 依尖发, 谭运洪. 勐腊县傣族“龙山”森林植被类型分析[J]. 林业调查规划, 2010, 35(3): 76-83.  
Xie CH, Yi WX, Zhou DM, Yi JF, Tan YH. Analysis on forest vegetation types of tai "Dragon Mountain" in Mengla County[J]. *Forest Inventory and Planning*, 2010, 35(3): 76-83.
- [33] 李新辉, 龙勇诚, 龙春林. 云南老君山金丝厂滇金丝猴群栖息地的环境特征[J]. 生命科学研究, 2010, 14(1): 44-49.  
Li XH, Long YC, Long CL. Study on the habitat of *Rhinopithecus bieti* at Jinsichang, Laojun Mountains, Yunnan Province[J]. *Life Science Research*, 2010, 14(1): 44-49.