

神农架自然保护区川金丝猴 退化生境特征及恢复技术

王鹏程¹ 滕明君¹ 穆俊明¹ 胡文杰¹ 杨敬元² 晏召贵¹

1. 华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070; 2. 神农架国家级自然保护区, 木鱼 442421

摘要 对神农架川金丝猴分布区 218 个样地进行调查, 比较川金丝猴未退化生境与退化生境群落特征的差异, 并依据未退化生境群落分类构建生境恢复模式群落。结果表明: 神农架保护区川金丝猴的针阔混交林和针叶林生境退化较为严重, 落叶阔叶林生境退化较轻; 退化生境与未退化生境群落的乔木物种组成大致相同, 但灌木种数和食源灌木种数均少于未退化生境; 森林砍伐、病虫害危害、生境过度利用是导致生境退化的主要原因; 生境群落的郁闭度和乔木平均高随退化程度加重而降低; 轻度和中度退化生境的灌木盖度和食源灌木盖度也低于未退化生境; 重度退化生境具有最高的灌木盖度、食源灌木盖度和灌木高度。根据未退化生境群落分类总结出神农架川金丝猴生境恢复的 8 个模式群落, 提出了轻度、中度和重度退化生境的恢复模式和技术。

关键词 川金丝猴; 群落结构; 退化生境; 生境恢复; 神农架自然保护区

中图分类号 S 718.53; S 759.9 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2017)05-0001-09

生境是生物赖以生活和繁衍的环境空间。适宜生境能为生物的生存和繁衍提供必需条件, 并表现出一定的群落结构特征。然而, 在自然或人为干扰下, 适宜生境会退化并表现出物种组成与结构变化、自我恢复能力的降低等特征, 逐渐偏离自然状态并失去保育生物的功能^[1-2]。

川金丝猴 (*Rhinopithecus roxellanae*) 为灵长目、猴科、仰鼻猴属, 是我国特有珍贵濒危物种、国家一级保护动物。川金丝猴是一种树栖动物, 对食物、隐蔽条件要求高, 具有特化性, 分布于我国的陕西、四川、甘肃及湖北等地, 其中湖北神农架是川金丝猴分布的最东端^[3-4]。前人围绕神农架川金丝猴食性^[5-7]、生境群落特征^[8-12] 等开展了大量研究, 基本明确了神农架川金丝猴主要分布于海拔 1 600 m 以上区域, 主要利用落叶阔叶林、针阔混交林和针叶林等植被类型。人口增长和森林资源的不合理利用导致约 50% 川金丝猴栖息地丧失, 威胁到川金丝猴的生存和种群增长^[3, 13-15]。

神农架自然保护区的建立促进了川金丝猴的保护, 川金丝猴种群得到了扩增^[4]。川金丝猴通常维持较低的种群密度, 一个由 70~300 个个体组成的

种群需要 3~30 km² 的栖息地^[16], 适宜生境萎缩和生境利用率较低等因素必然限制川金丝猴种群的增长, 因此, 恢复川金丝猴退化生境、扩大生境面积迫在眉睫^[14-15]。生态系统退化程度诊断是进行生态恢复和重建的前提和基础, 通常从生物、功能、景观等途径比较退化生态系统和原生生态系统在组成、结构、功能等方面的差异以确定退化程度^[17-21], 将生态系统划分为未退化、轻度退化、中度和严重退化等几个等级^[20-22]。生境退化导致为川金丝猴提供庇护环境和食物资源供应功能的变化, 如生境退化会影响川金丝猴日移动距离和生境利用时间长短^[23], 还会通过影响食物资源丰富程度从而改变生境的利用时间和方式^[14, 24-25]。生态恢复是在研究生态系统性质、受损机制及修复过程的基础上, 再造一个能自我维持、并保持后代具持续性的群落^[26], 通常按系统退化程度及可恢复难度划分为自然恢复、人工促进自然恢复和生态系统重建等几种途径^[22]。本研究对神农架川金丝猴分布区 218 个样地进行调查, 比较未退化生境与退化生境群落特征的差异, 分析退化原因, 提出退化生境恢复技术, 旨在为神农架川金丝猴的生境恢复和管理提供理论依据和实践支撑。

收稿日期: 2017-03-16

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2013BAD03B03-02)

王鹏程, 博士, 副教授, 研究方向: 森林生态学. E-mail: pengchengwang@163.com

通信作者: 晏召贵, 博士, 副研究员, 研究方向: 森林生态学. E-mail: gyan@mail.hzau.edu.cn

1 材料与amp;方法

1.1 研究区域概况

本研究地点为湖北省神农架国家级自然保护区(31°21'20"~31°36'20" N, 110°03'05"~110°33'50" E)。研究区属中高山地貌,海拔为 400~3 100 m,坡度为 30°~50°,为亚热带季风性气候,年平均温度为 10~11℃,年降雨量为 1 200~2 500 mm。研究区森林覆盖率约 92%,植被垂直地带性分布明显,由低海拔向高海拔依次分布常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、落叶阔叶林、针阔混交林、针叶林、灌丛和草甸;主要优势树种包括巴山冷杉(*Abies fargesii*)、华山松(*Pinus armandii*)、红桦(*Betula albosinensis*)、亮叶桦(*Betula luminifera*)、米心水青冈(*Fagus engleriana*)、灯台树(*Bothrocaryum controversum*)、华中樱桃(*Cerasus conradinae*)、湖北海棠(*Malus hupehensis*)、椴木(*Aralia chinensis*)、湖北花楸(*Sorbus hupehensis*)等。金丝猴作为神农架自然保护区保护的核心物种,个体数超过 1 400 只,集中分布在海拔 1 500~3 100 m 的区域^[27]。

1.2 生境调查

根据保护区川金丝猴活动痕迹长期监测数据划定川金丝猴前期活动区,2012—2014 年沿海拔梯度在川金丝猴前期活动区设置 218 个 20 m×20 m 样地,海拔区间为 1 500~3 100 m,海拔间隔为 200 m,样地覆盖落叶阔叶林、针阔混交林、针叶林、灌丛和草甸等植被类型。样地调查时详细记录样地地理坐标、海拔、坡位、坡向和坡度、植被类型等信息,随后调查样地郁闭度、伐桩数量和病虫害发生程度、乔木物种组成及其平均胸径和平均高,最后在样地梅花状设置 5 个 2 m×2 m 的小样方,调查小样方内灌木和草本物种组成以及物种盖度、高度等。

1.3 生境分类

生境具有为生物提供庇护环境和食物资源等功能,其变化幅度可反映生境退化的程度^[21]。本研究根据功能途径确定生境退化状态,主要依据 2012 年全年川金丝猴跟踪数据及与保护区技术人员访谈数据,选择生境利用方式、利用频率、利用时间长短等指标,将生境退化程度划分为未退化、轻度退化、中度和严重退化等几个等级^[21-22]。①未退化生境。川金丝猴主要利用生境,年利用频次超过 50 次,每次利用时间长且利用方式多样,如取食、休息、嬉戏等。②轻度退化生境。能够经常发现金丝猴活动痕迹,

但活动频率稍低,年活动频次为 15~50 次,虽利用方式多样,但利用时间较短。③中度退化生境。发现少量金丝猴活动痕迹,活动频率极低,年活动频次低于 15 次,时间很短,利用方式单一,仅作为川金丝猴迁徙时的过境生境。④重度退化生境。原来为川金丝猴生境,现被川金丝猴弃用,基本不能发现川金丝猴活动痕迹。⑤不适宜生境。位于川金丝猴活动区域内,但始终没有被川金丝猴生境利用,没有发现川金丝猴活动痕迹。本研究调查的 218 个样地分为未退化生境 77 个、轻度退化生境 20 个、中度退化生境 18 个、重度退化生境 17 个和不适宜生境 86 个。

1.4 退化生境特征分析

从群落物种组成和数量特征等方面比较不同等级退化生境及未退化生境间群落结构的差异。用乔木、灌木和草本层物种的重要值反映生境优势种和伴生种的种类组成,选择生境郁闭度、乔木平均高、乔木平均胸径、灌木盖度、灌木平均高、食源灌木种数及盖度等指标反映群落数量特征,其中,食源灌木种类及其盖度等数据是依据前期神农架川金丝猴食性研究结果^[9,28],从本研究调查的灌木物种和数量特征调查数据统计得出。比较群落结构特征之前,首先对群落数量特征指标进行正态分布检验,符合正态分布的指标采用 *t* 检验比较差异显著性;不符合正态分布的指标利用两个独立样本的 *U* 检验比较差异显著性。数据分析采用 IBM SPSS 19.0 软件。

1.5 生境退化原因分析

生境退化主要来源于外部干扰^[29]。本研究选用病虫害发生程度、伐桩数量、树冠受损状况分别表征病虫、人类和川金丝猴对生境干扰程度,选用样地到最近道路距离和样地坡度表征生境的干扰风险,比较这些指标在不同退化等级生境间的差异,分析退化原因。样地到最近道路距离的计算方法为:将样地经度、纬度、神农架自然保护区内 1:5 万道路分布图导入 ArcGIS 10.2 平台,利用 ArcToolbox 分析工具进行计算。

1.6 生境恢复技术

1) 生境恢复模式选择。根据川金丝猴生境退化程度及退化原因,确定生境恢复模式。

2) 生境模式群落设计。根据未退化生境调查数据计算各物种在群落中对应层的重要值,剔除所有样方中出现次数低于 3 次以下的偶见种,构建为未退化生境样地数×物种数的矩阵,利用 PC-ORD 5.0 中的 TWINSpan 模块对未退化生境的群落进行分

类,并采用中国植被分类学的命名方法对群落进行命名,最后根据退化生境所处海拔、原始植被类型推荐用于植被恢复和重建的模式群落^[11,30]。

3)生境恢复技术。根据生境恢复模式、生境模式群落优势物种组成、建设地点立地条件,结合森林抚育和人工造林相关技术,提出川金丝猴生境恢复技术。

2 结果与分析

2.1 不同退化等级生境群落的植被类型

神农架川金丝猴分布区针叶林、落叶阔叶林和针阔混交林等植被类型均存在未退化川金丝猴生

境,同时各种植被类型也均存在不同退化程度生境。轻度退化生境主要分布于针叶林、针阔混交林和落叶阔叶林,中度退化生境主要分布于针阔混交林、针叶林、落叶阔叶林和灌木林,而重度退化生境主要分布在落叶阔叶林以外的其他森林类型或森林遭受采伐形成的灌木林和草甸(表1)。由此可以看出,神农架川金丝猴生境中针阔混交林和针叶林退化较为严重,而落叶阔叶林退化相对较轻。

2.2 不同退化等级生境群落的物种组成

神农架川金丝猴分布区各森林类型未退化生境和不同等级退化生境乔木层优势种基本相同。在针叶林中,未退化生境、轻度退化生境样地的乔木层优

表1 不同退化等级生境样地数目

Table 1 Number of sampling plots in habitats degree of degradation

植被类型 Vegetation type	未退化生境 Prime habitat		轻度退化生境 Lightly degraded habitat		中度退化生境 Moderately degraded habitat		重度退化生境 Severely degraded habitat		合计 Total	
	数目 Number	比例/% Proportion	数目 Number	比例/% Proportion	数目 Number	比例/% Proportion	数目 Number	比例/% Proportion	数目 Number	比例/% Proportion
针叶林 Coniferous forest	8	38.10	8	38.10	2	9.52	3	14.29	21	100.0
落叶阔叶林 Broad-leaved deciduous forest	38	80.85	5	10.64	4	8.51	0	0.00	47	100.0
针阔混交林 Coniferous and broad- leaved mixed forest	31	56.36	7	12.73	10	18.18	7	12.73	55	100.0
灌木林 Shrubbery	0	0.00	0	0.00	2	28.57	5	71.43	7	100.0
草甸 Meadow	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	100.00	2	100.0
合计 Total	77	58.33	20	15.15	18	13.64	17	12.88	132	100.0

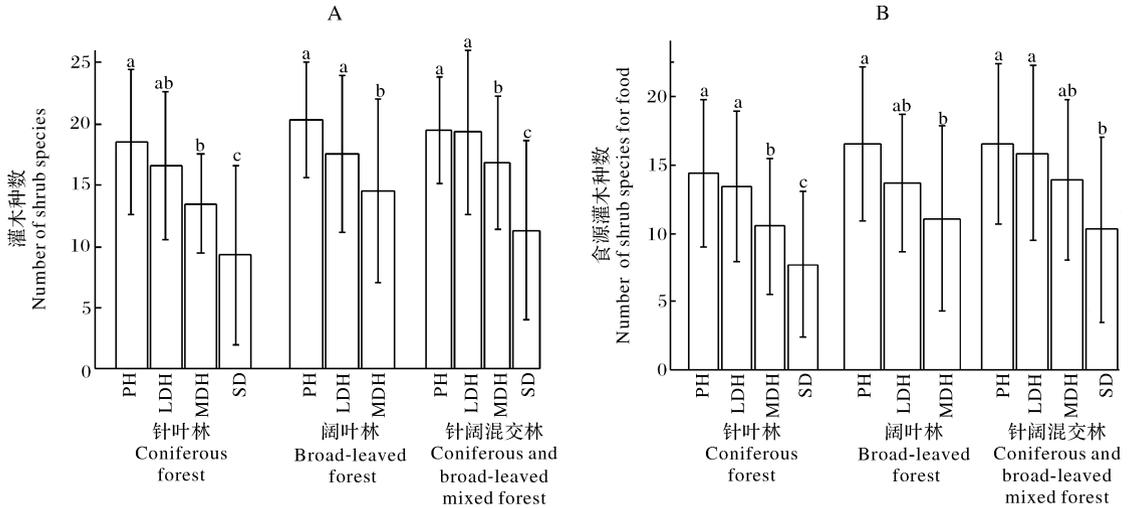
势种以华山松、巴山冷杉为主,而中度和重度退化生境的优势种除华山松、巴山冷杉外,还有部分样地为柳杉(*Cryptomeria fortunei*)、日本落叶松(*Larix kaempferi*)等。在落叶阔叶林中,未退化生境、轻度、中度退化生境的乔木层优势种种类较复杂,主要包括红桦、山杨(*Populus davidiana*)、锐齿槲栎(*Quercus aliena*)、华中樱桃、华西枫杨(*Pterocarya insignis*)、四蕊槭(*Acer tetramerum*)、领春木(*Euptelea pleiosperma*)、漆树(*Toxicodendron vernicifluum*)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、米心水青冈、紫枝柳(*Salix heterochroma*)、湖北花楸、粉花绣线菊(*Spiraea japonica*)、华中山楂(*Crataegus wilsonii*)、亮叶桦等。在针阔混交林中,未退化生境及各等级退化生境的乔木层针叶优势种与针叶林各退化等级生境的优势种基本相同,阔叶优势种与落叶阔叶林优势种基本相同。灌木林和草甸分别零星分布柳杉、巴山冷杉等针叶树种和华中山楂、粉花绣

线菊等阔叶树种。

未退化生境和不同等级退化生境灌木层物种组成基本相似,且大部分为川金丝猴食源植物,重要值较高的灌木层物种主要包括乔木层优势种的幼树、华中山楂、尾萼蔷薇(*Rosa caudata*)、桦叶荚蒾(*Viburnum betulifolium*)、箭竹(*Fargesia spathacea*)、湖北海棠(*Malus hupehensis*)、红花五味子(*Schisandra rubriflora*)、木姜子(*Litsea pungens*)、峨眉蔷薇(*Rosa omeiensis*)、短筒荚蒾(*Viburnum brevifolium*)、鞘柄菝葜(*Smilax stans*)、猫儿屎(*Decaisnea insignis*)、光叶栒子(*Cotoneaster glabratus*)、绿叶胡枝子(*Lespedeza buergeri*)、粉花绣线菊、鄂西绣线菊(*Spiraea veitchii*)等灌木。但对具体样地而言,未退化生境和不同等级退化生境灌木层物种数(图1A)和食源灌木种数(图1B)存在差异。各植被类型川金丝猴未退化生境的灌木种数和食源灌木植物种数都高于退化生境,并随退化

程度加重而下降。在针叶林类型中,川金丝猴未退化生境样地平均灌木种数和食源灌木种数分别达到 18.5 种、14.4 种,与轻度退化生境之间无显著差异,但都显著高于中度和重度退化生境。在落叶阔叶林类型中,未退化生境样地平均灌木种数和食源灌木

种数分别为 20.3 种、16.4 种,都显著高于中度退化生境。在针阔混交林中,未退化生境样地平均灌木种数和食源灌木种数分别达到 19.5 种、16.3 种,灌木种数显著高于中度、重度退化生境,食源灌木植物种数显著高于重度退化生境。



PH: 未退化生境; LDH: 轻度退化生境; MDH: 中度退化生境; SD: 重度退化生境。PH: Prime habitat; LDH: Lightly degraded habitat; MDH: Moderately degraded habitat; SD: Severely degraded habitat.

图 1 不同等级退化生境灌木物种数(A)和食源灌木种数(B)

Fig.1 Number of shrub species in habit of varying degree of degradation shrub species(A) and food shrub species(B)

2.3 不同退化等级生境群落数量特征

群落数量特征指标的正态分布检验表明,乔木平均胸径、乔木平均高、灌木平均高度、灌木盖度等 4 种生境因子数据符合正态分布 ($P > 0.05$); 郁闭度、草本平均高度、草本盖度、食源植物盖度等 4 种生境因子数据不符合正态分布 ($P < 0.05$)。t 检验或 U 检验的结果表明,不同退化等级生境群落之间乔木平均高、灌木平均高度、灌木层盖度、郁闭度、食源灌木盖度等 5 个指标差异显著 ($P < 0.05$); 而乔木平均胸径、草本平均高度、草本盖度等 3 指标差异不显著 ($P > 0.05$)。

从表 2 可以看出,川金丝猴未退化生境郁闭度平均为 0.74,显著高于各等级退化生境,生境群落的郁闭度随退化等级的加重而逐渐降低。未退化生境和轻度退化生境之间的乔木平均高无显著差异,分别为 11.82 和 11.60 m,显著高于中度退化生境和重度退化生境。重度退化生境群落的灌木盖度最高,为 66.42%,与未退化生境间无显著差异;中度和重度退化生境的灌木盖度分别为 46.39% 和 37.36%,显著低于重度退化生境和未退化生境。重度退化生境的食源灌木盖度最高,为 49.56%,其次为未退化

生境,这两类之间无显著差异,但都显著高于中度退化生境;轻度退化生境的食源灌木盖度为 42.58%,与未退化生境、中度退化生境之间无显著差异,但显著低于重度退化生境。重度退化生境的灌木平均高最高,为 3.18 m,中度退化生境次之,这两类生境之间无显著差异,但都显著高于轻度退化生境的灌木高度;未退化生境的灌木高度为 1.85 m,显著低于重度退化生境,与其他退化等级生境间无显著差异。

2.4 生境退化原因

调查发现不同退化等级落叶阔叶林基本无病虫害发生,但在其他森林类型中,病虫害发生率、树冠受损、森林采伐随生境退化程度加重而提高,生境退化程度还随离道路距离和坡度的减小而加重,表明病虫害是导致生境退化的重要原因之一,特别是华山松针叶纯林尤为突出;川金丝猴活动频繁区域的乔木树枝啃食和折断严重,树皮剥落情况较为普遍,树冠之间交错很少,过度的生境利用也是导致生境退化的原因之一;离道路近、坡度小的区域受人类干扰风险增加,森林采伐必然增加生境植被破坏的强度。由此可见,病虫害、生境过度利用、森林采伐是导致生境退化的主要原因。

表 2 不同退化等级生境群落数量特征

Table 2 Quantity characteristics of communities in habitats of different degree of degradation

样地 Sample plot	郁闭度 Canopy density	乔木平均高/m Average tree height	灌木盖度/% Coverage of shrub	食源灌木盖度/% Coverage of shrub for food	灌木平均高/m Average shrub height
未退化生境 Prime habitat	0.74±0.21a	11.82±1.43a	58.27±18.41a	48.34±16.23ab	1.85±0.80bc
轻度退化生境 Lightly degraded habitat	0.58±0.13b	11.60±2.22a	46.39±19.40b	42.58±17.48bc	1.73±1.22c
中度退化生境 Moderately degraded habitat	0.54±0.18b	9.75±2.36b	37.36±18.66b	31.14±17.52c	2.26±1.67ab
重度退化生境 Severely degraded habitat	0.43±0.23c	8.26±2.54c	66.42±31.25a	49.56±28.50a	3.18±2.62a

表 3 不同退化等级生境群落扰动状况

Table 3 Disturbances to communities in habitats of different degree of degradation

退化等级 Degeneration grade	病虫害发生率/% Rate of diseases and insect pests		乔木树冠受损 Tree canopy damaged	采伐 Felling	离道路距离/m Distance from the road	坡度/(°) Slope
	针叶林 Coniferous forest	针阔混交林 Broad leaf-conifer mixed forest				
	未退化生境 Prime habitat	12.50	0.00	极轻 Very slight	极轻 Very slight	>2 000
轻度退化生境 Lightly degraded habitat	37.50	14.29	较轻 Slight	较轻 Slight	1 001~2 000	20~35
中度退化生境 Moderately degraded habitat	50.00	40.00	中等 Moderate	中等 Moderate	501~1 000	10~20
重度退化生境 Severely degraded habitat	100.00	71.40	严重 Serious	严重 Serious	<500	<10

2.5 退化生境恢复技术

1) 生境恢复模式选择。不同退化等级既能体现生境群落现状与未退化生境群落结构的差异,又能反映恢复的难易程度。本研究提出轻度退化生境采用自然恢复模式、中度退化生境采用人工促进自然恢复模式、重度退化生境采用生境重建模式。

2) 模式群落的设计。根据未退化生境调查数据计算各物种在群落中对应层的重要值,剔除所有样方中出现次数低于 3 次以下的偶见种(149 种),构建未退化生境样地(77 个)×物种(482 个)的矩阵,在假种切割水平(pseudospecies cut levels)0.25 进行分类,将 77 个样地划分为 8 种群落类型(表 4)。8 种群落包含针叶林 2 个、落叶阔叶林 2 个和针阔混交林 4 个,海拔区间 1 600~3 100 m,覆盖川金丝猴分布海拔区间和各适宜植被类型,可以根据生境所处海拔和原始植被类型,选择对应模式群落用于生境恢复与重建。

3) 退化生境恢复技术。①轻度退化生境。此类生境中有少量采伐、或针叶树有少量病虫害和树冠存在一定受损,但群落物种组成和结构与未退化生

境基本一致,表明轻度退化生境存在轻度的病虫、人为和川金丝猴等干扰,但群落结构保持完好,处于可快速自然恢复阶段。因此,通过加强病虫害防治、处理病虫害危害树木,加强巡护、防止森林盗伐和林地除灌,加强对生境利用调控、适当降低生境利用频度和强度等手段消除干扰,实现自然恢复。②中度退化生境。此类生境中存在较为普遍的采伐、或病虫害和树冠受损,群落物种组成和结构与未退化生境有一定差别,表明中度退化生境存在较强的干扰因素,且群落结构遭受一定破坏,自然恢复难度大或恢复时间长。因此,应全面消除各种干扰因素,选用合适的模式群落实施人工促进自然恢复,主要措施包括严禁活立木盗伐和周边开发活动,修剪并处理病虫害为害枝条,加强病虫害防治,按所处海拔及原始植被类型选择模式群落,补植乔木树种和食源灌木物种,保证成林后林分郁闭度达到 0.7 以上,食源灌木盖度 45% 以上。补植前采用穴状整地,乔木栽植穴规格为 60 cm×60 cm×40 cm,灌木为 40 cm×40 cm×30 cm,苗木均为 2 年生以上壮苗,补植后乔木树种公顷株数为 1 667~2 500,食源灌木补植

表 4 川金丝猴生境恢复的模式群落物种组成
Table 4 Species composition of model plant communities for golden snub-nosed monkey habitat restoration

编号 No.	群丛命名 Name of association	植被类型 Vegetation type	海拔/m Elevation	乔木层伴生种 Auxiliary species in tree layer	灌木层伴生种 Auxiliary species in shrub layer	草本层伴生种 Auxiliary species in herbaceous layer
1	巴山冷杉+锐齿槲栎—箭竹—顶花板凳果 <i>Abies fargesii</i> Franch + <i>Quercus aliena</i> var. <i>Acuteserrata</i> <i>Fargesia spathacea</i> - <i>Pachysandra terminalis</i>	针阔混交林 Broadleaf-conifer mixed forest	2 000~2 700	红桦、五尖槭 (<i>Acer maximowiczii</i>) 等	五尖槭、白蜡 (<i>Fraxinus chinensis</i>)、接骨木 (<i>Sambucus williamsii</i>) 等	星果草 (<i>Asteropyrum peltatum</i>)、甘野菊 (<i>Chrysanthemum sativum</i>) 等
2	华山松+水青冈—粉花绣线菊+插田泡—苔草+东方草 <i>Pinus armandii</i> + <i>Fagus longipetiolata</i> - <i>Spiraea japonica</i> + <i>Rubus coreanus</i> - <i>Carex tristachya</i> + <i>Fragaria orientalis</i>	针阔混交林 Broadleaf-conifer mixed forest	2 000~2 400	紫枝柳、三桠乌药等	五尖槭、藤山柳 (<i>Clematoclethra lasioclada</i>) 等	大戟 (<i>Euphorbia pekinensis</i>)、落新妇 (<i>Astilbe chinensis</i>) 等
3	巴山冷杉—红花五味子+箭竹—三脉紫菀+中日金星蕨 <i>Abies fargesii</i> Franch.- <i>Schisandra rubriflora</i> + <i>Fargesia spathacea</i> - <i>Aster ageratoides</i> + <i>Parathelypteris nipponica</i>	针叶林 Coniferous forest	2 300~3 100	红桦、三桠乌药 (<i>Lindera obtusiloba</i>)、领春木等	菝葜 (<i>Smilax china</i>)、淡红忍冬 (<i>Lonicera acuminata</i>) 等	多头风毛菊 (<i>Saussurea polyccephala</i>)、葶菜 (<i>Viola recurva</i>)、大戟、苔草 (<i>Carex tristachya</i>) 等
4	华山松+红桦—桦叶荚蒾+尾萼蔷薇—三脉紫菀+中日金星蕨 <i>Pinus armandii</i> + <i>Betula albo-sinensis</i> - <i>Viburnum betulifolium</i> + <i>Rosa caudata</i> - <i>Aster ageratoides</i> + <i>Parathelypteris nipponica</i>	针阔混交林 Broadleaf-conifer mixed forest	2 100~2 400	椴树 (<i>Tilia tuan</i>) 等	箭竹、藤山柳等	落新妇、苔草、华中蹄盖蕨 (<i>Athyrium wardii</i>)、六叶葎 (<i>Galium asperuloides</i>) 等
5	华山松—粉花绣线菊—落新妇 <i>Pinus armandii</i> - <i>Spiraea japonica</i> - <i>Astilbe chinensis</i>	针叶林 Coniferous forest	2 200~2 300	紫枝柳、红桦、三桠乌药、领春木	华中山植、箬竹 (<i>Indocalamus tessellatus</i>)	六叶葎、珍珠菜 (<i>Pogostemon auricularius</i>)、风轮菜 (<i>Clinopodium chinense</i>) 等
6	红桦—尾萼蔷薇—唐松草+中日金星蕨 <i>Betula albo-sinensis</i> - <i>Rosa caudata</i> - <i>Thalictrum aquilegifolium</i> + <i>Parathelypteris nipponica</i>	落叶阔叶林 Broadleaved deciduous forest	1 800~2 600	漆树、锐齿槲栎、三桠乌药等	卫矛 (<i>Euonymus alatus</i>)、鄂西绣线菊等	苔草、赤胫蕨 (<i>Polygonum runcinatum</i>) 等
7	华山松+紫枝柳—木姜子+箭竹—蓬蒿+中日金星蕨 <i>Pinus armandii</i> + <i>Salix heterochroma</i> - <i>Litsea pungens</i> + <i>Fargesia spathacea</i> - <i>Rubus hirsutus</i> + <i>Parathelypteris nipponica</i>	针阔混交林 Broadleaf-conifer mixed forest	2 000~2 500	漆树、巴山冷杉、红桦等	卫矛、鄂西绣线菊等	苔草、六叶葎等
8	红桦+漆树—鄂西绣线菊+桦叶荚蒾—野青茅+六叶葎 <i>Betula albo-sinensis</i> + <i>Toxicodendron vernicifluum</i> - <i>Spiraea veitchii</i> + <i>Viburnum betulifolium</i> - <i>Deyouzia arundinacea</i> + <i>Galium asperuloides</i>	落叶阔叶林 Broadleaved deciduous forest	1 600~2 300	华西枫杨、巴山冷杉等	尾萼蔷薇、五尖槭等	山酢浆草 (<i>Oxalis acetosella</i>)、苔草、中日金星蕨 (<i>Parathelypteris nipponica</i>) 等

于行间,补植季节为秋季或春季,补植造林后抚育管理3年。③重度退化生境。因前期过度采伐或盗伐、或病虫害危害严重、或因过度利用造成树冠严重受损,群落物种组成和结构与未退化生境差别很大,表明各种强干扰因素导致生境群落结构严重破坏,无法通过自然恢复到初始状态。因此,在消除干扰因素的基础上采用重建技术实现生境恢复,主要措施包括保留活立木和食源灌木、伐去病虫害的死树、按所处海拔及原始植被类型选择模式群落造林,并补植食源灌木种,保证成林后林分郁闭度达到0.7以上,食源灌木盖度45%以上。具体造林方法与中度退化生境苗木补植方法相同。

3 讨论

不同植被类型提供的食物资源、栖息与逃避环境不同,被利用强度和频度也会存在差异;不同物种组成会导致系统的恢复力和抵抗力存在差异,还会影响人类开发利用的习惯等,这些都会导致生境退化程度不同。本研究发现,神农架自然保护区针叶林和针阔混交林均存在不同退化等级的退化生境,落叶阔叶林仅有轻度退化和中度退化生境,这是与该区域人类采伐习惯、病虫害发生规律有关。神农架地区居民喜欢选用针叶树种作为主要用材,因此,在保护区成立之前,采伐和盗伐针叶大树现象较为普遍,特别在坡度小、离道路距离近的生境因森林盗伐和采收中草药、割漆和砍柴等活动,提供食源和隐蔽条件的功能逐渐降低^[13-15]。在海拔2 000~2 600 m的华山松林和以华山松为针叶优势种的针阔混交林中,有近80%的样地遭受不同程度的华山松大小蠹虫害,降低了生境质量。川金丝猴种群的增长导致对部分生境过度利用,造成树干树枝折断、树冠变小、林分郁闭度降低,严重时还会大面积树木死亡,无法为金丝猴提供栖息的条件。因此,加强森林巡护和病虫害防治、合理调控川金丝猴的生境利用强度、强化生境资源的管理是实现川金丝猴有效保护的关键。同时,本研究发现各等级的退化生境与相应植被类型的未退化生境在乔木层的优势种上差别不大,而灌木种数特别是食源灌木种数随退化程度的加重而减少,这可能与川金丝猴过度利用有关。灌木是川金丝猴主要食物来源,部分川金丝猴极喜食物种在大量取食后不能及时恢复而在群落中逐渐消失,而其他物种种群数量和盖度会快速增加,导致种数减少^[6-7,14]。因此,加强高大树木和林下灌

木的保护对提高生境质量尤为重要。

比较退化生境和未退化生境特征可为生境恢复提供依据和目标,是当前生境恢复技术研究的主要内容^[19,21,31]。本研究发现不同退化等级生境之间在郁闭度、乔木平均高、灌木平均高、灌木盖度和食源植物盖度等方面存在差异。郁闭度和乔木平均高都能反映森林的成熟程度和干扰程度,幼林或遭受采伐的森林通常会表现为郁闭度和乔木平均高降低,病虫害也会影响树冠的生长而降低郁闭度,而郁闭度的高低决定了野生动物回避捕猎危险的机率^[32]、获取稀缺食物资源的能力^[33]。本研究中川金丝猴未退化生境的郁闭度在0.7以上,并随退化等级的加重而降低。同时,川金丝猴未退化生境的林分平均高也随退化等级的加重而降低,因为高大树木不仅能提供足够的食物资源,还能提供安全的栖息环境^[14],但也常常被作为采伐的对象。本研究发现重度退化生境的灌木高度显著高于未退化生境和轻度退化生境,主要是重度退化生境的郁闭度较低,为林下灌木提供适宜的光照条件,从而促进灌木的高生长,但是过高的灌木因不利于川金丝猴发现捕食者及逃避而被弃用。本研究发现川金丝猴重度退化生境和未退化生境的灌木盖度显著高于轻度、中度退化生境,食源灌木的盖度也是重度退化生境最高,其次为未退化生境,这可能是因为重度退化生境的林下光照充足且灌木很少被取食所致。

本研究通过分析未退化生境特征提出8种模式群落,并推荐生境恢复模式和技术,对神农架川金丝猴生境恢复具有一定指导意义,但在具体实施过程中要综合除海拔、原有植被以外的坡向、坡位、土壤等因素,才能做到因地制宜、适地适树^[1]。另外,生境恢复是一个漫长、复杂的过程,需要不断加强恢复机制、干扰控制、恢复监测、恢复标准等问题的研究。随着川金丝猴种群的发展,科学有效地调控生境利用强度也是必要的^[21],同时,减少保护区开发力度并构建生境廊道连接破碎化生境,扩大川金丝猴适宜生境面积,也是川金丝猴保护亟待解决的问题。

神农架保护区川金丝猴生境中针阔混交林和针叶林退化较为严重,落叶阔叶林退化较轻;虽然各种植被类型川金丝猴退化生境和未退化生境的乔木物种、灌木物种组成基本相同,但退化生境的灌木种数和食源灌木种数均少于未退化生境。

神农架川金丝猴生境因前期森林砍伐、病虫害为害、过度利用和人为干扰导致一定程度的退化。

退化生境群落表现为森林郁闭度和乔木平均高降低,并随退化程度的加重更为明显;轻度和中度退化生境的灌木盖度和食源灌木盖度也明显低于未退化生境;虽然重度退化生境具有最高的灌木盖度、食源灌木盖度和灌木高度,但这类生境不能为川金丝猴提供高质量的栖息和隐蔽场所。

本研究通过对未退化生境群落进行分类,提出神农架川金丝猴生境恢复的 8 个模式群落,包含针叶林群落 2 个、落叶阔叶林群落 2 个和针阔混交林群落 4 个,适用于 1 600~3 100 m 海拔的川金丝猴分布区,在生境恢复与重建中可以根据生境所处海拔和原始植被类型选择对应模式群落。同时,根据生境退化特征和退化程度,提出轻度退化生境的自然恢复、中度退化生境的人工促进自然恢复和重度退化生境的生境重建模式和技术。

参 考 文 献

- [1] DAILY G C. Restoring value to the world's degraded lands [J]. *Science*, 1995, 269(5222): 350.
- [2] REN H, SHEN W J, LU H F, et al. Degraded ecosystems in China: status, causes, and restoration efforts [J]. *Landscape and ecological engineering*, 2007, 3(1): 1-13.
- [3] LI B, PAN R, OXNARD C E. Extinction of snub-nosed monkeys in China during the past 400 years [J]. *International journal of primatology*, 2002, 23(6): 1227-1244.
- [4] CHANG Z F, LUO M F, LIU Z J, et al. Human influence on the population decline and loss of genetic diversity in a small and isolated population of Sichuan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) [J]. *Genetica*, 2012, 140(4/5/6): 105-114.
- [5] LI Y. Seasonal variation of diet and food availability in a group of Sichuan snub-nosed monkeys in Shennongjia Nature Reserve, China [J]. *American journal of primatology*, 2006, 68(3): 217-233.
- [6] LIU X, STANFORD C B, YANG J, et al. Foods eaten by the Sichuan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus roxellana*) in Shennongjia National Nature Reserve, China, in relation to nutritional chemistry [J]. *American journal of primatology*, 2013, 75(8): 860-871.
- [7] LI Y M. Terrestriality and tree stratum use in a group of Sichuan snub-nosed monkeys [J]. *Primates*, 2007, 48: 197-207.
- [8] 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(4): 17-30.
- [9] 朱兆泉. 神农架金丝猴生态学研究 [J]. *湖北林业科技*, 2003(21): 46-52.
- [10] 铁军, 张晶, 彭林鹏, 等. 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.
- [11] 李广良, 丛静, 卢慧, 等. 神农架川金丝猴栖息地森林群落的数量分类与排序 [J]. *生态学报*, 2012, 32(23): 7501-7511.
- [12] LI Y. Activity budgets in a group of Sichuan snub-nosed monkeys in Shennongjia Nature Reserve, China [J]. *Acta entomologica sinica*, 2008, 51(11): 1099-1128.
- [13] LUO Z, ZHOU S, YU W, et al. Impacts of climate change on the distribution of Sichuan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) in Shennongjia area, China [J]. *American journal of primatology*, 2015, 77(2): 135-151.
- [14] LI Y. The effect of forest clear-cutting on habitat use in Sichuan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus roxellana*) in Shennongjia Nature Reserve, China [J]. *Primates*, 2004, 45(1): 69-72.
- [15] XIANG Z F, YU Y, YANG M, et al. Does flagship species tourism benefit conservation? A case study of the golden snub-nosed monkey in Shennongjia National Nature Reserve [J]. *Chinese science bulletin*, 2011, 56(24): 2553-2558.
- [16] TAN C L, GUO S, LI B. Population structure and ranging patterns of *Rhinopithecus roxellana* in Zhouzhi National Nature Reserve, Shaanxi, China [J]. *International journal of primatology*, 2007, 28(3): 577-591.
- [17] 陈灵芝, 陈伟烈. 中国退化生态系统研究 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995.
- [18] 彭少麟. 热带亚热带恢复生态学研究与实践 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [19] REN H, PENG S L. Restoration and rebuilding of degraded ecosystem [J]. *Youth geography*, 1998, 3(3): 7-11.
- [20] 包维楷, 陈庆恒, 刘照光. 山地退化生态系统中生物多样性恢复与重建研究 [M] // 钱迎倩, 甄仁德. 生物多样性研究进展. 北京: 中国科学技术出版社, 1995: 417-422.
- [21] 杜晓军, 高贤明, 马克平. 生态系统退化程度诊断: 生态恢复的基础与前提 [J]. *植物生态学报*, 2003, 27(5): 700-708.
- [22] 赵晓英, 陈怀顺, 孙成权. 恢复生态学: 生态恢复的原理与方法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2001.
- [23] 李义明, 廖明尧, 喻杰, 等. 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.
- [24] LIU X, STANFORD C B, LI Y. Effect of group size on time budgets of Sichuan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*) in Shennongjia National Nature Reserve, China [J]. *International journal of primatology*, 2013, 34(2): 349-360.
- [25] LI Y. Terrestriality and tree stratum use in a group of Sichuan snub-nosed monkeys [J]. *Primates*, 2007, 48(3): 197-207.
- [26] LUGO A E. The future of the forest: ecosystem rehabilitation in the tropics [J]. *Environment: science and policy for sustainable development*, 1988, 30(7): 16-45.
- [27] 朱兆泉. 神农架自然保护区金丝猴现状及保护 [J]. *野生动物*, 1992, 67(3): 16-19.
- [28] 李进宇, 张晶, 铁军, 等. 神农架自然保护区川金丝猴食源植物的分布和丰富度 [J]. *兽类学报*, 2015, 35(1): 14-28.
- [29] 包维楷, 王春明. 岷江上游山地生态系统的退化机制 [J]. 山地

- 学报, 2000, 18(1): 57-62.
- [30] 任斌斌, 李树华, 朱春阳. 常熟虞山森林植被群落的数量分类与排序[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2010, 34(3): 45-50.
- [31] MCCORMICK M I. Lethal effects of habitat degradation on fishes through changing competitive advantage[J]. Proceedings of the Royal Society of London B: biological sciences, 2012, 279(1744): 3899-3904. DOI: 10.1098/rspb.2012.0854.
- [32] DUSSAULT C, OUELLET J P, COURTOIS R, et al. Linking moose habitat selection to limiting factors[J]. Ecography, 2005, 28(5): 619-628.
- [33] MCLOUGHLIN P D, VANDER WAL E, LOWE S J, et al. Seasonal shifts in habitat selection of a large herbivore and the influence of human activity[J]. Basic and applied ecology, 2011, 12(8): 654-663.

Characteristics and recovery techniques of degraded habitats of Sichuan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellanae*) in Shennongjia National Nature Reserve

WANG Pengcheng¹ TENG Mingjun¹ MU Junming¹
HU Wenjie¹ YANG Jingyuan² YAN Zhaogui¹

1. College of Horticulture, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China ;
2. Shennongjia National Nature Reserve, Muyu 442421, China

Abstract 218 field plots were sampled and characteristics of plant communities of the Sichuan snub-nosed golden monkey habitat with various levels of degradation in Shennongjia district were compared. Community restoration models for degraded habitat were proposed using community composition of the prime habitats. Results showed that the degree of habitat degradation in coniferous and coniferous and broad-leaved mixed forests was higher than that in broadleaved deciduous forest. Tree species composition between prime habitat and degraded habitat was similar, but number of shrub species and food sources species in prime habitat was higher than that in degraded habitat. The main causes of habitat degradation were deforestation, insects and plant diseases, and overutilization by the golden monkey. Canopy density and average height of arbor decreased with the increase of degradation severity. Eight different methods for habitat restoration for habitats under the light, moderate and severe degree of degradation were put forward. It will provide direct scientific and practical support for habitat restoration and management of Sichuan snub-nosed monkey in Shennongjia National Nature Reserve.

Keywords Sichuan snub-nosed monkey; community structure; degraded habitats; habitat restoration; Shennongjia National Nature Reserve

(责任编辑: 张志钰)